



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN SRPMK  
DAN SHEARWALL SERTA METODE PELAKSANAAN  
PEKERJAAN PONDASI**

**Mahasiswa**

**HISYAM ASHFAHANI  
NRP. 3113041032**

**Dosen Pembimbing**

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN  
SRPMK DAN SHEARWALL SERTA METODE  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

**Mahasiswa**

**HISYAM ASHFAHANI  
NRP. 3113041032**

**Dosen Pembimbing**

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**





**FINAL PROJECT - RC146599**

**STRUCTURE DESIGN OF LECTURE BUILDING  
IN SURABAYA USING SPECIAL MOMENT  
RESISTING FRAME SYSTEM AND SHEARWALL  
AS WELL AS FOUNDATION CONSTRUCTION  
METHOD**

**HISYAM ASHFAHANI  
NRP. 3113041032**

**Supervisor**

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003**

**DIPLOMA IV STUDY PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEER  
FACULTY OF VOCATION  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

**"Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan di  
Surabaya Menggunakan SRPMK dan Shearwall serta  
Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi"**

**Disajikan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Terapan**

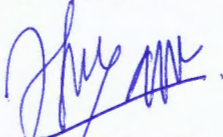
**Pada**

**Konsentrasi Bangunan Gedung  
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

Surabaya, 24 Juli 2017

**Disusun Oleh:**

**MAHASISWA**



**HISYAM ASHFAHANI**  
**NRP. 3113041032**

**Disetujui Oleh:**

**DOSEN PEMBIMBING**



26 JUL 2017

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D**  
**NIP. 19630726 198903 1 003**



# BERITA ACARA

**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/20

Tanggal : 7/11/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya Menggunakan SRPMK dan Shearwall serta Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi		
Nama Mahasiswa	Hisyam Ashfahani	NRP	3113041032
Dosen Pembimbing 1	Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., Ph.D. NIP 19630726 198903 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
- Kode las dan gbn	
	Ir. Sungkono, CES. NIP 19591130 198601 1 001
- Gbn 16 (borden) - Gbn plat	
- Posisi pemutus tul - tul pua atas	Ir. Srie Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001
	- NIP -
	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Sungkono, CES. NIP 19591130 198601 1 001	Ir. Srie Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001	- NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., Ph.D. NIP 19630726 198903 1 003	- NIP -





### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 Hisyam Ashfahani 2  
**NRP** : 1 3113041032 2  
**Judul Tugas Akhir** : Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya menggunakan SRMPK dan Shearwall serta metode pelaksanaan pekerjaan pondasi  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	2 Februari 2017	- Untuk jumlah shearwall, disesuaikan sebetulnya.				
		- Preliminary bukan patokan akhir, namun masih dapat berubah sesuai kebutuhan desain.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Apabila tebal plat minimum t/h terpenuhi, sebenarnya tak perlu kontrol retak di atap.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	21 Februari 2017	- Mendapatkan momen plat 2 arah menggunakan SAP atau PBE 1971		B	C	K
		- Untuk kombinasi memang terkadang "rusak" jadi tidak apa-apa.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Yang terpenting kontrol modal memenuhi		B	C	K
		- Untuk beban pada tangga coba dipahami lagi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Apabila fungsi lantai berbeda maka penulangan plat menjadi choice Perencana,		B	C	K
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 Haryam Ashfahani **2**  
**NRP** : 1 3113041032 **2**  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. M. Higit Darmawan, M. Eng Sc., Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
3.	1-Maret-2017	- Preliminary bukan patokan akhir - Tangga pilih yg proteks, dgn pakai balok lebih baik tebal plat dilebihkan saja. - Reduksi beban hidup dihitung. - Pada struktur primer, dipilih portal yg terbesar - Momen plat dgn pakai PBJ, pakai grid.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	14-Maret-2017	- Momen plat di SAP lebih besar karena momen di balok dihitung oleh SAP. - Mode 1 → SRPMK, Mode 2 → Shearwall - Momen yg sangat besar di tangga nanti diberi tumpuan lebih		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	4-April-2017	- Balok untuk momen kiri & kanan. tumpuan disamakan kha mengeny. bedanya jauh. - Coba coba detail sisternya biar arah x dan y nya masuk 25%. - Atap dianggap struktur horizontal sehingga tidak perlu SRPMK.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	20-April-2017	- Shearwall tidak perlu kolom - Disain → Uncracked, Periode → Crack - Hitung kolom momen dari 2 arah.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 Hisyam Asnfahani 2  
 NRP : 1 3113041032 2  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	4 Mei 2017	- Pondasi pakai beban gempa. - Tangga Y9 3D lebih mendekati kenyataan ketimbang pendekatan 2D. - Balok anak tidak perlu direlease. - Nilai c didapat dari control points di PCACOL.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	18 Mei 2017	 Pondasi cek : Beban tetap Beban semestara.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.**  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN  
SRPMK DAN SHEARWALL SERTA METODE  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

**Nama Mahasiswa** : Hisyam Ashfahani  
**NRP** : 3113041032  
**Jurusan** : DIV Departemen Teknik  
Infrastruktur Sipil  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan,  
M.EngSc., Ph.D

**ABSTRAK**

*Gedung perkuliahan di surabaya yang didesain merupakan Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya dengan luas bangunan eksisting sebesar 650 m<sup>2</sup>. Gedung perkuliahan eksisting memiliki total jumlah lantai yakni 6 lantai, yang kemudian dimodifikasi menjadi total 11 lantai. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT), didapatkan bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE). Selain itu, karena merupakan fasilitas pendidikan maka termasuk kategori risiko IV dan disimpulkan untuk bangunan ini termasuk Kategori Desain Seismik D.*

*Perhitungan struktur menggunakan sistem struktur dual system yakni sistem rangka pemikul momen khusus dan shearwall yang mengacu pada SNI 03-1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung. Bangunan termasuk dalam kategori bangunan tidak beraturan, maka perencanaan beban akibat gempa menggunakan analisis respon dinamik. Sedangkan, pembebanan non-gempa mengacu pada SNI 03-1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan juga ASCE 7.*

*Struktur sekunder berupa plat dan tangga dipikul oleh struktur primer yaitu balok, kolom dan joint balok kolom. Selain itu juga terdapat shearwall yang berfungsi menahan geser ketika terjadi gaya gempa. Struktur bawah terdiri dari sloof, pile cap, dengan pondasi tiang pancang. Struktur atap menggunakan rangka atap baja. Keseluruhan struktur adalah beton bertulang, yang mengacu pada SNI 03-2847-2013: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.*

*Hasil dari perhitungan ini adalah berupa gambar teknik, terdiri dari gambar arsitektur, gambar denah struktur, dan gambar detail penulangan. Pada akhir juga disertakan metode pelaksanaan dari pekerjaan pondasi.*

**Kata kunci: desain struktur, dual system, analisis respon dinamik, metode pelaksanaan pondasi**



# STRUCTURE DESIGN OF LECTURE BUILDING IN SURABAYA USING SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM AND SHEARWALL AS WELL AS FOUNDATION CONSTRUCTION METHOD

**Name** : Hisyam Ashfahani  
**NRP** : 3113041032  
**Department** : DIV Department of Civil Infrastructure – Faculty of Vocation  
**Supervisor** : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D

## ABSTRACT

*Lecture building which designed in Surabaya is Building-G Muhammadiyah University of Surabaya with existing building area of 650 m<sup>2</sup>. The existing building has total 6 floors, which then modified into total of 11 floors. Based on the results of the Standard Penetration Test (SPT), it is found that the building is built on soil with soft soil condition (SE class site)*

*The structural calculation uses dual system method, which is Special Moment Resisting Frame System (SMRFS) and Shearwall that refers to SNI 03-1726-2012: Procedure of Earthquake Resistance Planning for Building and Non-building Structure. The building is included in the category of irregular building, which then using dynamic respons analysis for load planning due to earthquake. Meanwhile, non-earthquake load refers to SNI 03-1727-2013: Minimum Load for Building Design and Other Structures and also ASCE 7.*

*The secondary structure like plate and stairways were carried by the primary structure such as beam, coloumn, and beam-coloumn joint. There is shearwall that serves to hold the lateral force when an earthquake occurs. The lower structure consist of sloof, pile cap, and pile foundation. Roof structure using steel roof truss. The entire reinforced concrete refers to SNI*

*03-2847-2013: Procedures for Calculating Concrete Structures for Buildings*

*The results of this calculation is a technical drawing, consisting of architectural drawing, structural layout drawings, and detailed reinforcement drawing. At the end also included the construction method of the foundation.*

**Keyword: structure design, dual system, dynamic response analysis, foundation construction method**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur terpanjatkan kehadirat Allah S.W.T. atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir Terapan dengan judul “**Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya Menggunakan SRPMK dan Shearwall serta Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi**” dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Tersusunnya proposal tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan. Untuk itu begitu banyak ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua serta saudara tercinta, sebagai penyemangat dan telah memberikan banyak dukungan moril maupun materiil, serta doa.
2. Bapak Dr. Machsus ST., MT., selaku kepala koordinator Departemen Teknik Infrastruktur Sipil sekaligus sebagai dosen wali.
3. Bapak Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
4. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terimakasih atas bantuan dan saran selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Disadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxiii
DAFTAR NOTASI .....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Data Proyek .....	5
2.2 Umum.....	5
2.3 Sistem Ganda ( <i>Dual System</i> ) .....	6
2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen .....	6
2.5 Dinding Geser ( <i>Shearwall</i> ).....	7
BAB III METODOLOGI .....	9
3.1 Pengumpulan Data.....	11
3.2 Studi Literatur.....	11
3.3 Modifikasi dan Penentuan Kriteria Desain.....	12
3.3.1 Modifikasi Struktur.....	12

3.3.2	Penentuan Kriteria Desain .....	15
3.4	Preliminary .....	16
3.4.1	Preliminary Ketebalan Plat .....	16
3.4.2	Preliminary Tangga.....	20
3.4.3	Preliminary Dimensi Balok.....	21
3.4.4	Preliminary Dimensi Kolom .....	23
3.5	Perhitungan Pembebanan.....	23
3.5.1	Beban Mati.....	23
3.5.2	Beban Hidup .....	24
3.5.3	Beban Angin .....	24
3.5.4	Beban Gempa.....	24
3.6	Analisa Gaya Dalam (M, N, D).....	35
3.6.1	Analisa Gaya Dalam Plat .....	35
3.6.2	Analisa Gaya Dalam Balok.....	35
3.6.3	Analisa Gaya Dalam Kolom .....	35
3.7	Perhitungan Struktur.....	35
3.7.1	Penulangan Plat.....	35
3.7.2	Penulangan Tangga .....	36
3.7.3	Penulangan Balok .....	37
3.7.4	Penulangan Kolom.....	45
3.7.5	Joint Balok-Kolom.....	50
3.7.6	Perhitungan Shearwall .....	51
3.7.7	Penulangan Pondasi .....	53
3.8	Cek Persyaratan .....	59
3.8.1	Plat .....	59

3.8.2	Balok.....	60
3.8.3	Kolom.....	62
3.8.4	Poer.....	63
3.9	Gambar Rencana.....	64
3.9.1	Gambar Arsitektur.....	64
3.9.2	Gambar Struktur.....	64
3.9.3	Gambar Potongan.....	64
3.9.4	Gambar Penulangan.....	64
3.9.5	Gambar Detail.....	65
3.10	Metode Pelaksanaan Pekerjaan.....	65
3.10.1	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi.....	65
BAB IV PRELIMINARY DESIGN.....		69
4.1	Data Desain Preliminary.....	69
4.2	Preliminary Balok.....	69
4.1.1	Preliminary Balok Induk Memanjang 1.....	70
4.1.2	Preliminary Balok Induk Memanjang 2.....	70
4.1.3	Preliminary Balok Induk Melintang 1.....	70
4.1.4	Preliminary Balok Induk Melintang 2.....	71
4.1.5	Preliminary Balok Anak.....	71
4.1.6	Preliminary Balok Kantilever.....	72
4.1.7	Preliminary Plat.....	72
4.3	Preliminary Kolom.....	75
4.4	Preliminary Dinding Geser.....	75
4.5	Perencanaan Tangga.....	76
BAB V ANALISA PEMBEBANAN.....		77

5.1	Beban Gravitasi .....	77
5.1.1	Beban Mati (DL).....	77
5.1.2	Beban Hidup (LL).....	81
5.1.3	Beban Air Hujan (R).....	81
5.2	Beban Angin (W).....	82
5.3	Beban Gempa .....	86
5.3.1	Menentukan Kategori Risiko Bangunan Gedung .....	86
5.3.2	Menentukan Faktor Keutamaan Gempa.....	86
5.3.3	Menentukan Kelas Situs.....	86
5.3.4	Menentukan Parameter Percepatan Gempa ..	87
5.3.5	Menentukan Koefisien Situs .....	88
5.3.6	Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral .....	88
5.3.7	Menentukan Kategori Desain Seismik.....	89
5.3.8	Menentukan Parameter Struktur .....	89
5.3.9	Analisa Respons Spektrum .....	89
5.4	Kombinasi Pembebanan .....	92
BAB VI ANALISA PERMODELAN .....		93
6.1	Permodelan Struktur dengan SRPM.....	93
6.1.1	Besaran Massa .....	94
6.1.2	Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa .....	94
6.1.3	Pendefinisian Modal Analisis dan Ragam Analisis .....	95
6.1.4	Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum SAP 2000 untuk SRPM.....	95
6.1.5	Kontrol Periode Fundamental SRPM .....	96



6.2	Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda ( <i>Dual System</i> )	99
6.2.1	Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum untuk SAP 2000 untuk Sistem Ganda	100
6.2.2	Kontrol Periode Fundamental <i>Dual System</i>	102
6.2.3	Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur	104
6.3	Kontrol <i>Dual System</i>	108
6.4	Kontrol Simpangan Antar Lantai	109
6.5	Pengecekan Gaya yang Terjadi	113
6.5.1	Pengecekan Gaya pada Balok	113
6.5.2	Pengecekan Gaya pada Kolom	116
BAB VII DESAIN STRUKTUR SEKUNDER		119
7.1	Perhitungan Struktur Plat Lantai	119
7.1.1	Analisis Struktur Plat Lantai	119
7.1.2	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Satu Arah	123
7.1.3	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Dua Arah	127
7.2	Desain Struktur Tangga	132
7.3	Desain Balok Anak	140
7.4	Desain Balok Penggantung Lift	149
7.5	Desain Balok Kantilever	159
7.6	Perhitungan Struktur Atap	169
7.4.1	Perhitungan Gording	169
7.4.2	Perhitungan Penggantung Gording	179

7.4.3	Perhitungan Ikatan Angin .....	181
7.4.4	Perhitungan Kuda-kuda.....	184
7.4.5	Perhitungan Kolom Baja.....	196
7.4.6	Perhitungan Sambungan .....	204
BAB VIII DESAIN STRUKTUR PRIMER .....		225
8.1	Umum.....	225
8.2	Desain Struktur Balok.....	226
8.2.1	Perhitungan Balok Ukuran 40/70 (Frame 500) .....	226
8.3	Desain Struktur Kolom.....	252
8.3.1	Data Perencanaan.....	252
8.3.2	Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa .....	254
8.3.3	Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur .....	254
8.3.4	Cek Syarat ” <i>Strong Coloumn Weak Beam</i> ” ..	255
8.3.5	Perhitungan Tulangan Transversal sebagai <i>Confinement</i> .....	258
8.3.6	Perhitungan Gaya Geser Desain, $V_e$ .....	260
8.3.7	Perhitungan Sambungan Lewatan.....	263
8.4	Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK).....	265
8.5	Desain Struktur Shearwall .....	268
8.5.1	Data Perencanaan.....	268
8.5.2	Kontrol Ketebalan Terhadap Geser.....	269
8.5.3	Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum.....	269
8.5.4	Kuat Geser Dinding Struktural .....	270

8.5.5	Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur.....	271
8.5.6	Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus ( <i>Special Boundary Element</i> ) .....	272
8.5.7	Penentuan Panjang <i>Special Boundary Element</i> .....	273
8.5.8	Tulangan <i>Confinement</i> untuk Dinding Struktural .....	274
8.5.9	Panjang Penyaluran Tulangan .....	277
BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI .....		279
9.1	Umum.....	279
9.2	Perhitungan Pondasi .....	279
9.3.1	Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	279
9.3.2	Perhitungan Pondasi Tipe 1 .....	281
9.3.3	Perhitungan Pondasi Tipe 2 .....	297
9.3.4	Perhitungan Pondasi Tipe 3 .....	313
9.3.5	Perhitungan Pondasi Tipe 4 .....	333
9.3.6	Perhitungan Pondasi Tipe 5 .....	353
9.3.7	Perhitungan Pondasi Tipe 6 .....	378
BAB X METODE PELAKSANAAN.....		395
10.1	Metode Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang .....	395
10.1.1	Pekerjaan Tanah.....	396
10.1.2	Pemberian Tanda dan Perencanaan Urutan Pemancangan Tiang Pancang .....	398
10.1.3	Pekerjaan Galian dan Dewatering.....	399
10.1.4	Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang....	400

10.1.5	Pemotongan Tiang Pancang.....	403
10.1.6	Quality Control .....	404
10.2	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilecap.....	405
10.2.1	Pekerjaan Pembuatan Lantai Kerja .....	406
10.2.2	Pekerjaan Bekisting Pilecap.....	406
10.2.3	Pekerjaan Tulangan Pilecap.....	407
10.2.4	Pekerjaan Pengecoran Pilecap .....	407
10.3	Spesifikasi Teknis Pekerjaan Tiang Pancang dan Pilecap .....	408
10.3.1	Pekerjaan Pendahuluan .....	408
10.3.2	Pekerjaan Tanah.....	408
10.3.3	Pemberian Tanda dan Perencanaan Urutan Pemancangan Tiang Pancang.....	408
10.3.4	Pekerjaan Galian dan Dewatering.....	409
10.3.5	Pemancangan .....	409
10.3.6	Pemotongan.....	410
10.3.7	Pekerjaan Pilecap.....	411
BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN.....		413
11.1	Kesimpulan.....	413
11.2	Saran.....	418
DAFTAR PUSTAKA.....		419
BIODATA PENULIS		
LAMPIRAN 1 (Brosur Material)		
LAMPIRAN 2 (Data Tanah)		

## DAFTAR GAMBAR

### BAB III METODOLOGI

Gambar 3. 1 Denah (a), Tampak (b), dan Potongan (c) Eksisting Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya .....	13
Gambar 3. 2 Denah (a), Tampak (b), dan Potongan (c) Modifikasi Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya untuk Proyek Akhir Terapan .....	15
Gambar 3. 3 Dimensi Bidang Plat.....	16
Gambar 3. 4 Dimensi Bidang Plat.....	17
Gambar 3. 5 Lebar Efektif Plat .....	19
Gambar 3. 6 Ss, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget.....	29
Gambar 3. 7 S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget.....	29
Gambar 3. 8 Spektrum Respons Desain.....	34
Gambar 3. 9 Diagram Regangan-tegangan pada Tulangan Rangkap.....	37
Gambar 3. 10 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	39
Gambar 3. 11 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	40
Gambar 3. 12 Gaya Geser Desain untuk Kolom .....	46
Gambar 3. 13 Gaya Geser Desain untuk Kolom .....	47
Gambar 3. 14 Efisiensi Kelompok Tiang.....	54

### BAB IV PRELIMINARY

Gambar 4. 1 Plat Tipe A.....	72
Gambar 4. 2 Lebar Efektif Plat .....	73

### BAB V ANALISA PEMBEBANAN

Gambar 5. 1 Dimensi Elevator Hyundai .....	78
Gambar 5. 2 Reaksi Akibat Beban Lift .....	79
Gambar 5. 3 Reaksi pada Pit Lift .....	79
Gambar 5. 4 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift.....	80
Gambar 5. 5 Pengaruh Angin pada Dinding .....	83
Gambar 5. 6 Pengaruh Beban Angin pada Atap.....	84

Gambar 5. 7 Nilai $S_1$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik .....	87
Gambar 5. 8 Nilai $S_s$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek .....	88

## **BAB VI ANALISA PERMODELAN**

Gambar 6. 1 Respons Spektrum Desain .....	91
Gambar 6. 2 Permodelan Struktur SRPMK pada SAP 2000 v.14....	93
Gambar 6. 3 Input <i>Mass Source</i> pada SAP 2000 v.14.....	94
Gambar 6. 4 Input untuk Analisa Modal di SAP 2000 v.14.....	95
Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X.....	96
Gambar 6. 6 Input Fator Skala Gaya pada Arah Y.....	96
Gambar 6. 7 Permodelan Struktur <i>Dual System</i> (SRPMK dan <i>Shearwall</i> ) pada SAP 2000 v.14.....	99
Gambar 6. 8 Denah Rencana Lokasi <i>Shearwall</i> .....	100
Gambar 6. 9 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X.....	101
Gambar 6. 10 Input Fator Skala Gaya pada Arah Y.....	101
Gambar 6. 11 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X akibat Faktor Pembesaran.....	107
Gambar 6. 12 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X akibat Faktor Pembesaran.....	107
Gambar 6. 13 Penentuan Simpangan Antar Lantai .....	110
Gambar 6. 14 Balok yang Ditinjau.....	113
Gambar 6. 15 Gaya Momen yang Terjadi pada Balok yang Ditinjau.....	113
Gambar 6. 16 <i>Tributary Area</i> pada Balok yang Ditinjau .....	114
Gambar 6. 17 Kolom yang Ditinjau .....	116
Gambar 6. 18 Gaya Aksial yang Terjadi Pada Kolom yang Ditinjau.....	116
Gambar 6. 19 <i>Tributary Area</i> pada Kolom yang Ditinjau.....	117

## **BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER**

Gambar 7. 1 Ketentuan Pada Analisa Plat Lantai.....	119
Gambar 7. 2 Plat Satu Arah (Plat C) .....	123
Gambar 7. 3 Plat Dua Arah (Plat A).....	127

Gambar 7. 4 Denah Penempatan Tangga pada Lantai Dasar .....	132
Gambar 7. 5 Denah Tangga.....	133
Gambar 7. 6 Dimensi Injakan dan Tanjakan Anak Tangga .....	133
Gambar 7. 7 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14 .....	135
Gambar 7. 8 Momen yang Terjadi pada Plat Tangga.....	135
Gambar 7. 9 Momen yang Terjadi pada Plat Bordes .....	136
Gambar 7. 10 Detail Penulangan Tangga.....	139
Gambar 7. 11 Detail Penulangan Bordes .....	139
Gambar 7. 12 Balok Anak yang Ditinjau .....	140
Gambar 7. 13 Momen yang Terjadi pada Balok Anak.....	140
Gambar 7. 14 Geser yang Terjadi pada Balok Anak.....	140
Gambar 7. 15 Torsi yang Terjadi pada Balok Anak.....	141
Gambar 7. 16 Diagram Gaya Geser Balok Anak .....	144
Gambar 7. 17 Penulangan Balok Anak .....	149
Gambar 7. 18 Balok Penggantung Lift yang Ditinjau.....	149
Gambar 7. 19 Momen yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift	150
Gambar 7. 20 Geser yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift...	150
Gambar 7. 21 Torsi yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift...	150
Gambar 7. 22 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift.....	154
Gambar 7. 23 Penulangan Balok Penggantung Lift .....	159
Gambar 7. 24 Balok Kantilever yang Ditinjau.....	159
Gambar 7. 25 Momen yang Terjadi pada Balok Anak.....	160
Gambar 7. 26 Geser yang Terjadi pada Balok Anak.....	160
Gambar 7. 27 Torsi yang Terjadi pada Balok Anak.....	160
Gambar 7. 28 Penulangan Balok Kantilever .....	168
Gambar 7. 29 Atap Baja .....	169
Gambar 7. 30 Gording.....	170
Gambar 7. 31 Ukuran dan Dimensi dari Baja Lip Channel .....	170
Gambar 7. 32 Perhitungan Beban pada Gording.....	171
Gambar 7. 33 Pengaruh Beban Angin pada Atap.....	172
Gambar 7. 34 Momen yang Terjadi Pada Gording .....	173
Gambar 7. 35 Beban dan Reaksi pada Gording .....	177
Gambar 7. 36 Penggantung Gording.....	179
Gambar 7. 37 Gaya yang Terjadi pada Ikatan Angin.....	181

Gambar 7. 38 Gaya yang Terjadi Dihitung Menggunakan Metode Ritter.....	183
Gambar 7. 39 Penampang Profil WF.....	185
Gambar 7. 40 Gaya yang Terjadi pada Kuda-kuda .....	185
Gambar 7. 41 Input Beban Mati Kuda-kuda pada SAP 2000 v.14.	186
Gambar 7. 42 Input Beban Hidup Kuda-kuda pada SAP 2000 v.14 .....	186
Gambar 7. 43 Input Beban Angin Kuda-kuda pada SAP 2000 v.14 .....	187
Gambar 7. 44 Aksial yang Terjadi pada Kuda-kuda .....	188
Gambar 7. 45 Geser yang Terjadi pada Kuda-kuda .....	188
Gambar 7. 46 Momen yang Terjadi pada Kuda-kuda .....	188
Gambar 7. 47 Kolom Baja yang Ditinjau .....	196
Gambar 7. 48 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Baja .....	197
Gambar 7. 49 Gaya Geser yang Terjadi pada Kolom Baja .....	197
Gambar 7. 50 Gaya Momen yang Terjadi pada Kolom Baja .....	197
Gambar 7. 51 Sambungan Kuda-kuda dengan Kolom .....	204
Gambar 7. 52 Geser yang Terjadi pada Sambungan A .....	204
Gambar 7. 53 Momen yang Terjadi pada Sambungan A .....	204
Gambar 7. 54 Konfigurasi Baut pada Sambungan A .....	206
Gambar 7. 55 Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut.....	207
Gambar 7. 56 Panjang Las pada Sambungan A .....	209
Gambar 7. 57 Sambungan Kuda-kuda dengan Kuda-kuda .....	210
Gambar 7. 58 Gaya yang Terjadi pada Sambungan B.....	211
Gambar 7. 59 Gaya yang Terjadi pada Sambungan B.....	211
Gambar 7. 60 Konfigurasi Baut pada Sambungan A .....	212
Gambar 7. 61 Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut.....	213
Gambar 7. 62 Panjang Las pada Sambungan A .....	215
Gambar 7. 63 Gaya yang Terjadi pada Sambungan C.....	216
Gambar 7. 64 Gaya yang Terjadi pada Sambungan C.....	217
Gambar 7. 65 Gaya yang Terjadi pada Sambungan C.....	217
Gambar 7. 66 Rencana Dimensi Plat Landas .....	218
Gambar 7. 67 Gaya yang Terjadi pada Plat Landas .....	218
Gambar 7. 68 Tegangan Angkur Akibat Reaksi Plat Landas.....	220
Gambar 7. 69 Panjang Penyaluran Angkur .....	222



Gambar 7. 70 Panjang Las pada Sambungan C .....	223
---	-----

## **BAB VIII DESAIN STRUKTUR PRIMER**

Gambar 8. 1 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar .....	148
Gambar 8. 2 Portal yang Ditinjau; (a) Portal pada Bidang Y-Z @ X = 26,4 m; (b) Portal pada Bidang X-Z @ Y = 10,8 m.....	225
Gambar 8. 3 Balok yang Ditinjau dalam Perhitungan.....	226
Gambar 8. 4 Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14...	227
Gambar 8. 5 Gaya Torsi yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14.....	227
Gambar 8. 6 Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14.....	227
Gambar 8. 7 Gaya Momen yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14.	227
Gambar 8. 8 Konfigurasi Penulangan Penampang-penampang Kritis pada Balok 40/70.....	236
Gambar 8. 9 Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1,0L pada Balok yang Ditinjau.....	238
Gambar 8. 10 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kanan .....	240
Gambar 8. 11 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri.....	240
Gambar 8. 12 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar .....	250
Gambar 8. 13 Detail Penulangan Balok B2 40/70 .....	251
Gambar 8. 14 Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan .....	252
Gambar 8. 15 Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14.	253
Gambar 8. 16 Gaya Mx yang didapatkan dari SAP 2000 v.14 .....	253
Gambar 8. 17 Gaya My yang didapatkan dari SAP 2000 v.14 .....	253
Gambar 8. 18 Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14..	253
Gambar 8. 19 Diagram Interaksi P-M pada Program pcaColoumn	254
Gambar 8. 20 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColoumn .....	255
Gambar 8. 21 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Atas .....	257
Gambar 8. 22 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Bawah.....	257
Gambar 8. 23 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas.....	257
Gambar 8. 24 Detail Penulangan Kolom Interior 80/80.....	264
Gambar 8. 25 Hubungan Balok-Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan.....	265
Gambar 8. 26 Denah Lokasi Shearwall yang Ditinjau .....	268

Gambar 8. 27 Diagram Interaksi Dinding Struktural .....	272
Gambar 8. 28 Hasil <i>Control Points</i> dari Program <i>pcaColoumn</i> .....	273
Gambar 8. 29 Detail Penulangan pada Shearwall .....	278

## **BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI**

Gambar 9. 1 Denah Rencana Pondasi .....	279
Gambar 9. 2 Daya Dukung Tanah .....	280
Gambar 9. 3 Pondasi Tipe 1 .....	283
Gambar 9. 4 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang .....	284
Gambar 9. 5 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom .....	286
Gambar 9. 6 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom.....	288
Gambar 9. 7 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	289
Gambar 9. 8 Mekanika Gaya pada Poer Arah X .....	292
Gambar 9. 9 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y .....	294
Gambar 9. 10 Pondasi Tipe 2 .....	299
Gambar 9. 11 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang .....	300
Gambar 9. 12 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom .....	303
Gambar 9. 13 Bidang Kritis Geser Dua Arah.....	304
Gambar 9. 14 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	305
Gambar 9. 15 Mekanika Gaya pada Poer Arah X .....	308
Gambar 9. 16 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y .....	310
Gambar 9. 17 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	314
Gambar 9. 18 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	316
Gambar 9. 19 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	318
Gambar 9. 20 Pondasi Tipe 3 .....	319
Gambar 9. 21 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang .....	320
Gambar 9. 22 Bidang Kritis Geser Satu Arah .....	324
Gambar 9. 23 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1 .....	325
Gambar 9. 24 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	326
Gambar 9. 25 Mekanika Gaya pada Poer Arah X .....	328
Gambar 9. 26 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y .....	330

Gambar 9. 27 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	334
Gambar 9. 28 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	336
Gambar 9. 29 Eksentrisitas Pondasi Gabungan.....	338
Gambar 9. 30 Pondasi Tipe 4.....	339
Gambar 9. 31 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang .....	340
Gambar 9. 32 Bidang Kritis Geser Satu Arah .....	343
Gambar 9. 33 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1 .....	344
Gambar 9. 34 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	345
Gambar 9. 35 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	348
Gambar 9. 36 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y .....	350
Gambar 9. 37 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X.....	355
Gambar 9. 38 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y.....	356
Gambar 9. 39 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X.....	358
Gambar 9. 40 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y.....	359
Gambar 9. 41 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X.....	362
Gambar 9. 42 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y.....	362
Gambar 9. 43 Pondasi Tipe 5 .....	364
Gambar 9. 44 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang .....	365
Gambar 9. 45 Bidang Kritis Geser Satu Arah .....	368
Gambar 9. 46 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1 .....	369
Gambar 9. 47 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	370
Gambar 9. 48 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	373
Gambar 9. 49 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y .....	375
Gambar 9. 50 Pondasi Tipe 6.....	380
Gambar 9. 51 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang .....	382
Gambar 9. 52 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat <i>Shearwall</i> ...	384
Gambar 9. 53 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat <i>Shearwall</i> ....	385
Gambar 9. 54 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	386
Gambar 9. 55 Mekanika Gaya pada Poer.....	388
Gambar 9. 56 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y .....	390

## **BAB X METODE PELAKSANAAN**

Gambar 10. 1 Layout Plan Rencana .....	396
Gambar 10. 2 Area Pembersihan Lahan .....	396
Gambar 10. 3 Pekerjaan Pembersihan .....	397
Gambar 10. 4 Pekerjaan Urugan dan Pematatan Tanah .....	398
Gambar 10. 5 Penempatan <i>Stockyard</i> .....	399
Gambar 10. 6 Pengangkatan Tiang Pancang Dua Titik Angkat .....	399
Gambar 10. 7 Galian Tanah .....	400
Gambar 10. 8 Dewatering Menggunakan Metode <i>Open Pump</i> .....	400
Gambar 10. 9 Pengangkatan Tiang Pancang Satu Titik Angkat .....	401
Gambar 10. 10 Proses Pemancangan Menggunakan Single-acting Diesel Hammer .....	402
Gambar 10. 11 Pengelasan Plat Sambung Pada Tiang Pancang .....	403
Gambar 10. 12 Pemotongan Tiang Pancang .....	404
Gambar 10. 13 Pembobokan Tiang Pancang Menggunakan Palu .....	404
Gambar 10. 14 Pembuatan Lantai Kerja <i>Pilecap</i> .....	406
Gambar 10. 15 Pemasangan Bekisting <i>Pilecap</i> .....	406
Gambar 10. 16 Pemasangan Tulangan <i>Pilecap</i> .....	407
Gambar 10. 17 Pengecoran <i>Pilecap</i> .....	407

## DAFTAR TABEL

### BAB III METODOLOGI

Tabel 3. 1 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi .....	12
Tabel 3. 2 Tebal Minimum Plat Satu-arah Bila Lendutan Tidak Dihitung.....	16
Tabel 3. 3 Tebal Minimum Balok Bila Lendutan Tidak Dihitung ...	21
Tabel 3. 4 Syarat Pelindung Beton .....	22
Tabel 3. 5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa .....	25
Tabel 3. 6 Faktor Keutamaan Gempa.....	28
Tabel 3. 7 Klasifikasi Situs.....	30
Tabel 3. 8 Koefisien Situs, Fa .....	32
Tabel 3. 9 Koefisien Situs, Fv .....	32
Tabel 3. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	33
Tabel 3. 11 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir.....	42

### BAB V ANALISA PEMBEBANAN

Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Hyundai Luxen (Lanjutan).....	78
Tabel 5. 2 Spesifikasi Lift Hyundai Luxen (Lanjutan) .....	78
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin.....	85
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban Angin Minimum.....	85
Tabel 5. 5 Perhitungan SPT Rata-rata DB-1 .....	86
Tabel 5. 6 Perhitungan SPT Rata-rata DB-2 .....	87
Tabel 5. 7 Koefisien Situs, Fa .....	88
Tabel 5. 8 Koefisien Situs, Fv .....	88

### BAB VI ANALISA PERMODELAN

Tabel 6. 1 Respons Spektrum Desain.....	91
Tabel 6. 2 Nilai Parameter Periode Pendekatan , $C_1$ dan $x$ .....	97
Tabel 6. 3 Koefisien untuk Batas Atas pada Pada Periode yang Dihitung.....	97
Tabel 6. 4 Modal Load Participation Ratio .....	98

Tabel 6. 5 Perioda Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk 10 Mode Pertama.....	98
Tabel 6. 6 Nilai Parameter Perioda Pendekatan , Ct dan x.....	102
Tabel 6. 7 Koefisien untuk Batas Atas pada Pada Perioda yang Dihitung.....	103
Tabel 6. 8 Modal Load Participation Ratio .....	103
Tabel 6. 9 Perioda Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk 5 Mode Pertama.....	103
Tabel 6. 10 Rekapitulasi Nilai Cs.....	105
Tabel 6. 11 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup.....	105
Tabel 6. 12 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14.....	106
Tabel 6. 13 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran .....	107
Tabel 6. 14 Besar Gaya yang Ditumpu SRPM dan Shearwall Pada Kombinasi Beban Gempa.....	108
Tabel 6. 15 Persentase Struktur dalam Menahan Gaya Gempa.....	109
Tabel 6. 16 Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_i$ .....	111
Tabel 6. 17 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X.....	111
Tabel 6. 18 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y.....	112

## **BAB VII DESAIN STRUKTUR SEKUNDER**

Tabel 7. 1 Perbandingan Momen yang Terjadi Dihitung Menggunakan SAP 2000 v.14 dan Tabel Koefisien Momen .....	122
Tabel 7. 2 Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat C .....	126
Tabel 7. 3 Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat A.....	131
Tabel 7. 4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Tangga....	137
Tabel 7. 5 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Bordes ....	138

## **BAB VIII DESAIN STRUKTUR PRIMER**

Tabel 8. 1 Tabel Gaya Akibat Gaya Gempa.....	228
Tabel 8. 2 Cek Nilai $V_{sway}$ dan $V_u$ .....	241
Tabel 8. 3 Hasil Perhitungan SAP 2000 v.14 pada SCUT2 .....	269

## **BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI**

Tabel 9. 1 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat .....	284
Tabel 9. 2 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat .....	301
Tabel 9. 3 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap .....	321
Tabel 9. 4 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X .....	322
Tabel 9. 5 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y .....	323
Tabel 9. 6 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap .....	340
Tabel 9. 7 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X .....	341
Tabel 9. 8 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y .....	342
Tabel 9. 9 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang Gabungan.....	365
Tabel 9. 10 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat .....	382

## **BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN**

Tabel 11. 1 Tabel Kesimpulan Plat Satu Arah .....	413
Tabel 11. 2 Tabel Kesimpulan Plat Dua Arah.....	413
Tabel 11. 3 Tabel Kesimpulan Plat Tangga dan Plat Bordes .....	414
Tabel 11. 4 Tabel Kesimpulan Balok Sekunder.....	414
Tabel 11. 5 Tabel Kesimpulan Rangka Baja.....	414
Tabel 11. 6 Tabel Kesimpulan Balok Induk.....	415
Tabel 11. 7 Tabel Kesimpulan Kolom .....	415
Tabel 11. 8 Tabel Kesimpulan Hubungan Balok Kolom .....	415
Tabel 11. 9 Tabel Kesimpulan <i>Shearwall</i> .....	416
Tabel 11. 10 Tabel Kesimpulan Pondasi.....	416
Tabel 11. 11 Tabel Kesimpulan Sloof.....	416

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR NOTASI

- $b_w$  =Lebar badan (web), mm.  
 $D$  =pengaruh dari beban mati.  
 $F_a$  =Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik).  
 $F_v$  =Koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).  
 $f'_c$  =Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa.  
 $f_y$  =Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa.  
 $h$  =Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm.  
 $h_w$  =Tinggi bersih segmen yang ditinjau, mm.  
 $I$  =Momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm<sup>4</sup>.  
 $I_b$  =Momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat, mm<sup>4</sup>.  
 $l_n$  =Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm.  
 $l$  =Panjang bentang balok atau slab satu arah, mm.  
 $L$  =Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.  
 $Lr$  =Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.  
 $R$  = Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.  
 $S_s$  =Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen.  
 $S_1$  =Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.  
 $S_{DS}$  =Parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek, redaman 5 persen.  
 $S_{D1}$  =Parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.

- $S_{MS}$  =Parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
- $S_{M1}$  =Parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
- $S_n$  =Kekuatan lentur, geser atau aksial nominal sambungan.
- $T$  =Perioda fundamental bangunan (seperti yang ditentukan dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2)
- $W$  =Beban angin.
- $\alpha_1$  =Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar plat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang disebelahnya(jika ada) pada setiap sisi balok.
- $\phi_b$  =Faktor reduksi (0,9).
- $d_b$  =Diameter nominal batang tulangan, kawat, atau strand prategang, mm.
- $l_d$  =Panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir, kawat ulir, tulangan kawat las polos dan ulir, atau strand pratarik, mm.
- $l_{dc}$  =Panjang penyaluran tekan batang tulangan ulir dan kawat ulir, mm.
- $l_{dh}$  =Panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir atau kawat ulir dengan kait standar, yang diukur dari penampang kritis ujung luar kait ( panjang penanaman lurus antara penampang kritis dan awal kait[titik tangen] ditambah jari-jari dalam bengkokan dan satu diameter batang tulangan), mm.
- $V_{u1}$  =Gaya geser pada muka perletakan.
- $M_{nl}$  =Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri).
- $M_{nr}$  =Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
- $l_n$  =Bentang bersih balok

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng. Hal ini menyebabkan Indonesia sering dilanda oleh gempa bumi. Gempa bumi yang sering terjadi dapat mengakibatkan kerugian yang timbul berupa kerugian materi, kerusakan infrastruktur dan bangunan, serta kemungkinan jatuhnya korban jiwa. Kondisi inilah yang menuntut agar konstruksi bangunan yang dibangun harus memenuhi kaidah bangunan tahan gempa agar bangunan tidak mengalami keruntuhan ketika terjadi gempa.

Bangunan yang ditinjau merupakan Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya yang sebelumnya menggunakan sistem SRPMM, kemudian didesain ulang menggunakan Sistem Ganda yakni Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser (*shearwall*). Bangunan ini memiliki 6 lantai yang kemudian dimodifikasi menjadi total 11 lantai yang nantinya difungsikan sebagai ruang kelas dan tempat perkuliahan sebagai syarat batas jumlah lantai untuk penyusunan Tugas Akhir untuk strata Diploma 4. Jenis tanah pada bangunan ini mempunyai nilai rata-rata SPT di titik 1 = 7,99 ( $N < 15$ ) dan di titik 2 = 8,35 ( $N < 15$ ) sehingga termasuk kelas situs SE (tanah lunak). Gedung ini termasuk dalam kategori risiko IV karena termasuk gedung fasilitas pendidikan yang berisikan ruang kelas dan perkuliahan.

Berdasarkan uraian diatas dan mengacu pada SNI 03-1726-2012, struktur gedung perkuliahan ini termasuk kategori risiko gempa tinggi sehingga didesain ulang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser dimana komponen-komponen strukturnya didesain sesuai dengan Pasal 21.5, 21.6, dan 21.7, sehingga struktur dapat merespon gempa kuat tanpa mengalami keruntuhan seketika.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang terkait dengan perancangan modifikasi struktur gedung perkuliahan di Surabaya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) dan *Shearwall* adalah:

1. Bagaimana merencanakan sistem struktur bangunan yang efisien untuk gedung perkuliahan di Surabaya dalam menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja?
2. Bagaimana merencanakan dimensi elemen struktur utama, meliputi: kolom, balok, joint balok-kolom, dan shearwall yang efisien dan sesuai SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung?
3. Bagaimana merencanakan dimensi elemen struktur sekunder, meliputi: plat dan tangga yang efisien serta rangka atap baja sesuai SNI 03-1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural?
4. Bagaimana membuat spesifikasi teknis dan metode pelaksanaan untuk pekerjaan pondasi?
5. Bagaimana menggambar hasil perencanaan menjadi bentuk gambar kerja dengan program bantu AutoCAD?

## 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan Tugas Akhir ini dibatasi pada:

1. Analisa model struktur gedung beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan *shearwall*.
2. Perencanaan bangunan atas meliputi:
  - a. Struktur atap : Rangka baja
  - b. Struktur utama : Balok, kolom, joint balok-kolom, dan shearwall.
  - c. Struktur sekunder : Tangga dan plat lantai.
3. Perencanaan bangunan bawah meliputi: Sloof, pilecap, dan tiang pancang.

4. Perhitungan hanya dilakukan 2 portal yang telah ditentukan.
5. Penentuan dimensi elemen struktur utama sesuai dengan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
6. Penentuan beban gempa dilakukan dengan metode analisa beban respons spektrum sesuai SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung Bangunan Gedung dan Non-gedung.
7. Penentuan beban yang bekerja pada bangunan selain beban gempa sesuai dengan SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
8. Metode pelaksanaan yang ditinjau merupakan metode pelaksanaan hanya untuk pekerjaan pondasi saja.
9. Tidak menghitung anggaran biaya
10. Desain ini tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing dan hal yang bersifat arsitektural lainnya.

#### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merencanakan komponen struktur bangunan yang mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja.
2. Merencanakan dimensi elemen struktur utama, meliputi: kolom, balok, joint balok-kolom, dan shearwall yang efisien dan sesuai SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
3. Merencanakan dimensi elemen struktur sekunder, meliputi: plat dan tangga yang efisien.
4. Membuat spesifikasi teknis dan metoe pelaksanaan untuk pekerjaan pondasi.

5. Mampu menggambar hasil perencanaan menjadi bentuk gambar kerja dengan program bantu AutoCAD.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah kemampuan dan wawasan secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur beton bertulang dengan Sistem Ganda yakni Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan *Shearwall*, perencanaan dimensi elemen struktur dan detailing joint balok-kolom, serta ketebalan *shearwall* yang efisien.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Data Proyek**

Data proyek untuk Tugas Akhir desain gedung perkuliahan ini sebagai berikut:

Nama Proyek	: Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya
Alamat Proyek	: Jl. Sutorejo No. 59, Sukolilo, Surabaya
Pemilik Proyek	: Universitas Muhammadiyah Surabaya
Konsultan	: PT. Handal Natsa Kedaton
Kontraktor	: CV. Muriatama
Struktur Atap	: Rangka Atap
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang

#### **2.2 Umum**

Dalam kenyataannya, peraturan gempa modern semakin kompleks seiring perkembangan pengetahuan manusia tentang kemampuan yang telah dipelajari dari setiap peristiwa gempa yang terjadi. Dalam perencanaan terhadap struktur yang terletak pada daerah yang memiliki intensitas gempa yang tinggi perlu dipertimbangkan adanya gaya lateral yang bekerja terhadap struktur. Hal ini dikarenakan beban gempa ini sangat mempengaruhi dalam perencanaan struktur.

Aturan detailing diatur dalam SNI 03-2847-2013 dimana detailing dibedakan berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS) yang dikenakan pada struktur bangunan. Menurut SNI 03-2847-2013 dan SNI 03-1726-2012, bangunan dibagi menjadi beberapa kategori dimana bangunan dengan resiko seismik rendah dikategorikan sebagai KDS A dan B, untuk bangunan dengan resiko seismik menengah dikategorikan sebagai KDS C, dan untuk bangunan dengan resiko seismik tinggi dikategorikan sebagai KDS D, E, dan F.

### 2.3 Sistem Ganda (*Dual System*)

Menurut SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung, Sistem Ganda merupakan sebuah sistem struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser dengan rangka pemikul momen yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan.

Pada SNI 03-1726-2012 Tabel 9, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser bertulang khusus memiliki nilai Koefisien Modifikasi Respons ( $R$ ) = 7; Faktor Kuat-Lebih Sistem ( $\Omega_0$ ) = 2,5; dan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) = 5,5.

### 2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen

Dalam tugas akhir desain struktur gedung perkuliahan ini, direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen yang dimana terdapat 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen yakni:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)  
Pada SRPMB, struktur direncanakan tidak terjadi sendi plastis pada balok ketika terjadi gempa. Pada SRPMB tidak ada detailing khusus pada elemen-elemen struktur. Karena memiliki daktilitas terbatas, sehingga hanya cocok digunakan pada bangunan yang memiliki maksimal KDS B.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)  
Pada SRPMM, struktur direncanakan terbentuk sendi plastis pada saat terjadi gempa namun bangunan diharapkan sudah runtuh atau gagal sebelum semua sendi plastis terjadi. Pada SRPMM sudah mulai ada detailing khusus untuk elemen-elemen struktur. Karena memiliki daktilitas sedang, maka dapat digunakan pada bangunan yang memiliki maksimal KDS C.



- **Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)**  
Pada SRPMK, struktur direncanakan terbentuk sendi plastis pada seluruh balok pemikul gempa sebelum terjadi keruntuhan. Pada SRPMK memiliki detailing yang lebih ketat pada balok, kolom, dan joint balok-kolom agar mencapai kondisi struktur yang diharapkan.  
Karena memiliki daktilitas penuh, maka dapat digunakan pada bangunan yang memiliki KDS D, E, dan F.

## **2.5 Dinding Geser (*Shearwall*)**

Struktur bangunan dengan dinding geser merupakan salah satu konsep penyelesaian masalah gempa dalam suatu struktur gedung. Dinding geser merupakan suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana yang runtuhnya disebabkan oleh momen lentur (bukan dari gaya geser) dengan terjadinya sendi plastis pada kakinya, dimana nilai momen lelehnya dapat mengalami peningkatan terbatas akibat pengerasan tegangan. Dengan kata lain, dinding geser dapat didefinisikan sebagai suatu sub-struktur yang membantu struktur utama menahan gaya geser yang besar akibat pengaruh gempa yang direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat runtuh akibat terjadinya sendi plastis pada kakinya dan bukan akibat gaya geser.

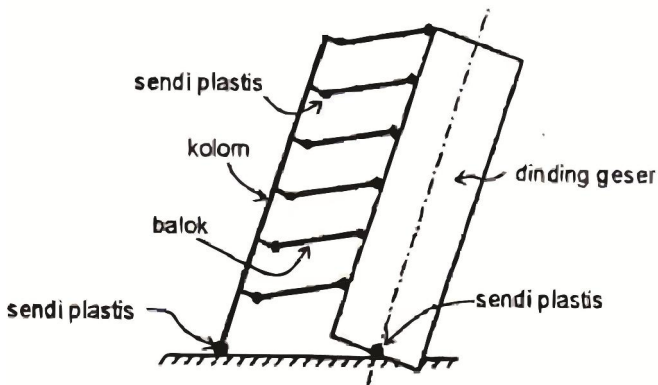
Pemasangan dinding geser pada struktur utama sebaiknya simetris. Hal ini dilakukan karena apabila pemasangan dinding geser tidak simetris, maka efek yang dapat ditimbulkan adalah terjadinya mode rotasi pada mode-mode awal struktur yang berbahaya bagi keamanan dan kenyamanan pengguna gedung.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser adalah bahwa dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya geser. Hal ini disebabkan fungsi utama dari dinding geser adalah untuk menahan gaya geser yang besar akibat gempa, sedangkan apabila dinding geser tersebut runtuh akibat gaya geser itu sendiri, maka keseluruhan struktur akan ikut runtuh dikarenakan tidak ada lagi yang dapat menahan gaya geser

tersebut. Dinding geser hanya boleh runtuh akibat adanya momen plastis yang menyebabkan timbulnya sendi plastis pada bagian kakinya.

Pada dasarnya, *Shearwall* disebut juga Sistem Dinding Struktural yang dikelompokkan sebagai berikut:

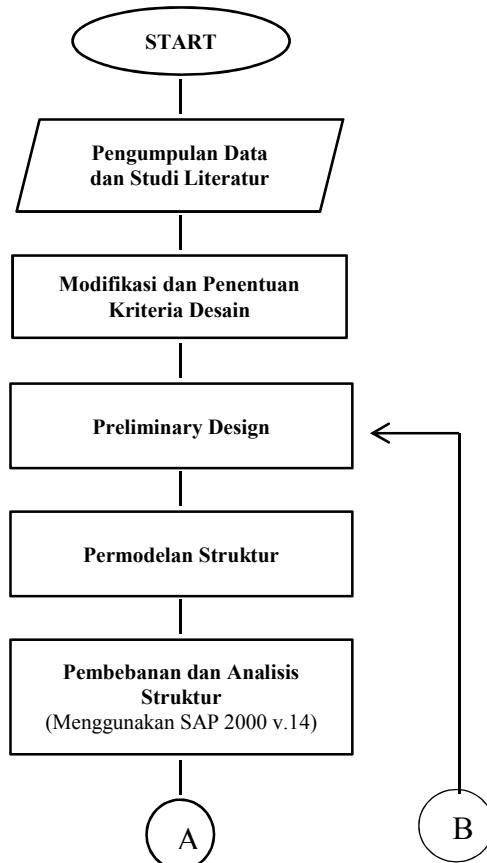
1. Dinding Struktural Beton Biasa (SDSB)  
Sistem dinding struktural yang memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya boleh digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
2. Dinding Struktural Beton Khusus (SDSK)  
Sistem dinding struktural yang memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan KDS D, E, dan F.

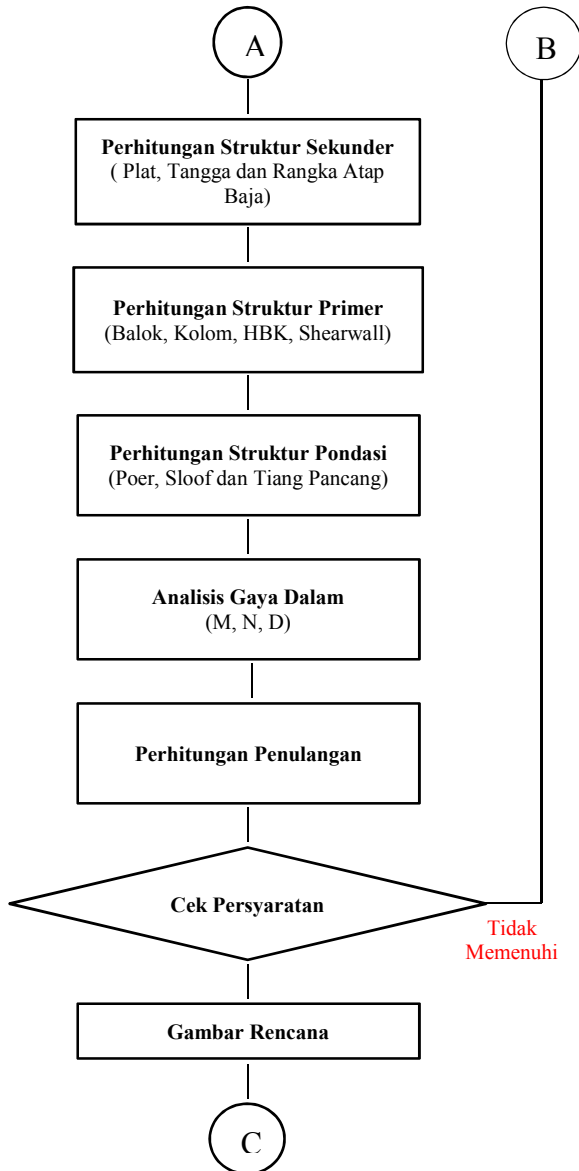


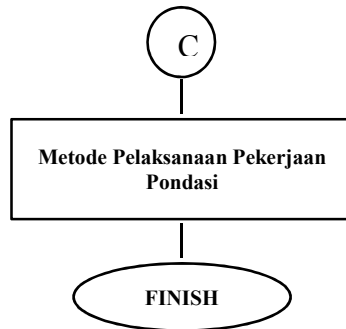
**Gambar 2. 1** Mekanisme Keruntuhan Ideal dengan Sendi Plastis pada Ujung-Ujung Balok dan Kaki Kolom

## **BAB III METODOLOGI**

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan Di Surabaya Menggunakan SRPMK dan Shearwall Serta Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi:







### 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan dan pencarian data untuk keperluan desain gedung, meliputi:

1. Gambar arsitektur dan gambar struktur bangunan sebagaimana terlampir.
2. Data tanah untuk perencanaan sebagaimana terlampir.

### 3.2 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan dan peraturan-peraturan yang dipakai pada perencanaan struktur gedung, antara lain:

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung (SNI 03-1726-2012).
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013).
4. Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB
5. Rachmat Purwono. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya: ITS Press.

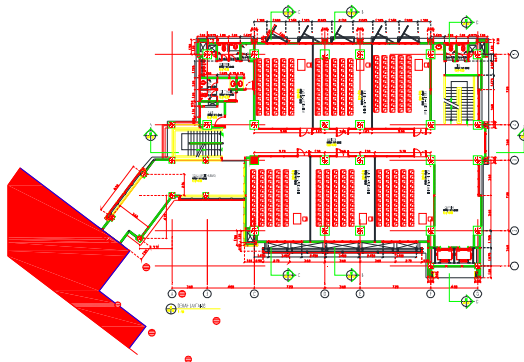
### 3.3 Modifikasi dan Penentuan Kriteria Desain

#### 3.3.1 Modifikasi Struktur

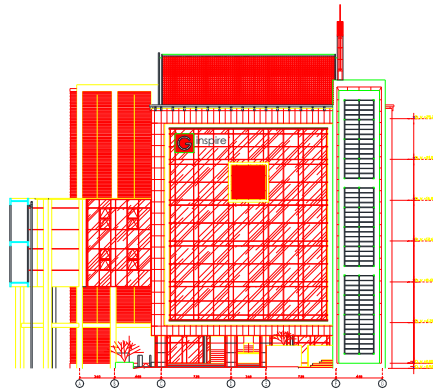
Pada gedung perkuliahan yang ditinjau yakni Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya akan dimodifikasi yakni sebagai berikut:

**Tabel 3. 1** Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi

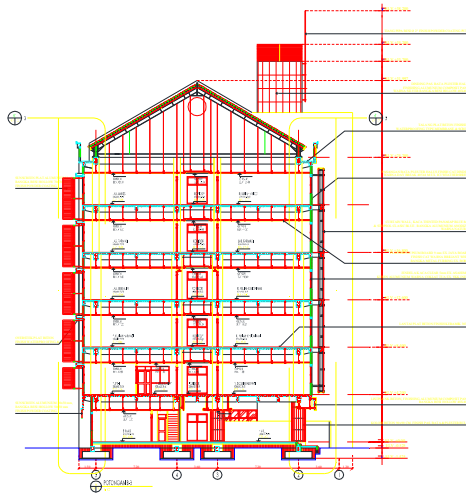
<b>Eksisting</b>	<b>Perubahan untuk Keperluan Tugas Akhir</b>
Sistem Rangka Pemikul Momen	SRPMK dan Shearwall
Bangunan berjumlah 6 lantai	Bangunan berjumlah 11 lantai
Terdapat jembatan yang menghubungkan gedung G dengan Gedung A UNMUH Surabaya	Tidak terdapat jembatan penghubung.
Jenis Atap Rangka Baja	Jenis Atap Rangka Baja
Total Luas Area $\pm 650 \text{ m}^2$	Total Luas Area $\pm 590 \text{ m}^2$
Tinggi bangunan = 31,99 m	Tinggi Bangunan = 52,99 m



(a)

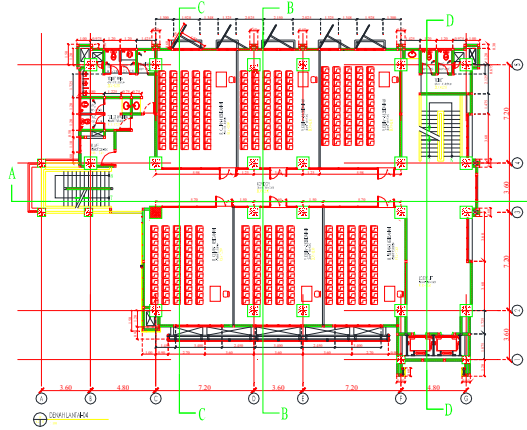


(b)

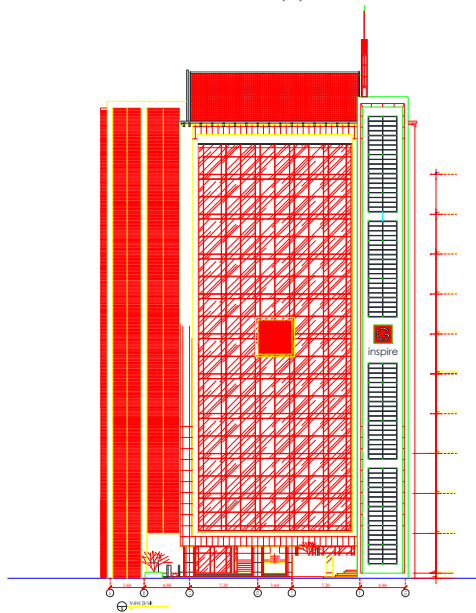


(c)

**Gambar 3. 1** Denah (a), Tampak (b), dan Potongan (c) Eksisting Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya

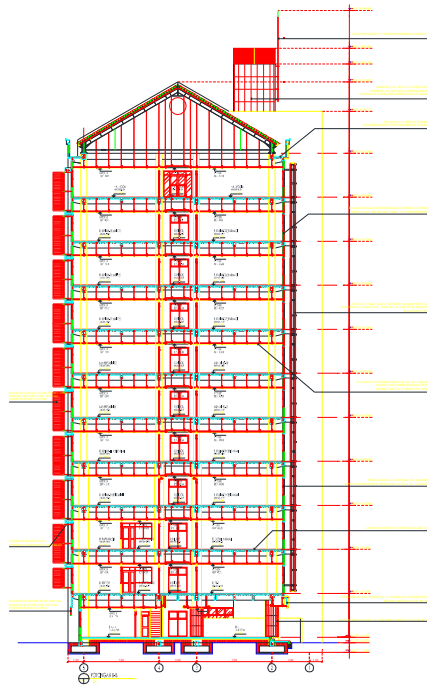


(a)



(b)





(c)

**Gambar 3. 2** Denah (a), Tampak (b), dan Potongan (c)  
Modifikasi Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya  
untuk Proyek Akhir Terapan

### 3.3.2 Penentuan Kriteria Desain

Modifikasi Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung, dengan data sebagai berikut:

Tipe Bangunan	: Fasilitas Pendidikan (Kategori risiko IV)
Klasifikasi Situs Tanah	: SE (Tanah Lunak)
Kategori Desain Seismik	: D

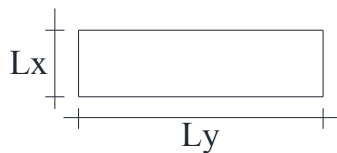
Untuk itu sistem struktur harus didesain menggunakan penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus atau memiliki tingkat daktilitas penuh, sehingga Gedung G Universitas Muhammadiyah Surabaya ini dimofikasi menjadi struktur dengan Sistem Ganda yakni SRPMK dan *Shearwall*.

### 3.4 Preliminary

#### 3.4.1 Preliminary Ketebalan Plat

##### 3.4.1.1 Preliminary untuk plat satu-arah

Pelat satu arah terjadi apabila  $L_y/L_x > 2$ ; dimana  $L_x$  = bentang pendek dan  $L_y$  = bentang panjang yang digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 3. 3** Dimensi Bidang Plat

Tebal minimum berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.2.1 dan Tabel 9.5(a), berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

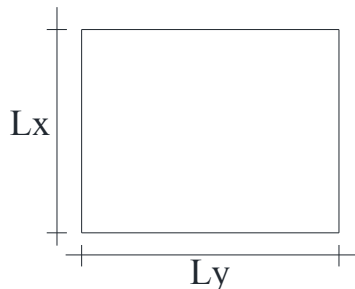
**Tabel 3. 2** Tebal Minimum Plat Satu-arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

	Tebal minimum, <b>h</b>			
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau kontruksi lainnya yang mungkin rusak			

	oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p>CATATAN:</p> <p>Panjang bentang dalam mm;</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>w_c</math> diantara 1440 sampai 1840 <math>\text{kg/m}^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09</p> <p>(b) Untuk <math>f_y</math> selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math></p>				

### 3.4.1.2 Preliminary untuk plat dua-arah

Pelat dua arah terjadi apabila  $L_y/L_x < 2$ ; dimana  $L_y$  = bentang pendek dan  $L_x$  = bentang panjang yang digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 3. 4** Dimensi Bidang Plat

Tebal plat minimumnya harus memenuhi ketentuan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3.3 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- a. Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  menggunakan SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3 (2).
- b. Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2,0$  maka nilai  $h$  tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots (1)$$

dan tidak boleh kurang dari 125mm;

- c. Untuk  $\alpha_m > 2,0$  maka ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2)$$

dan tidak boleh kurang dari 90mm;

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha_f$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan SNI 03-2847-2013 Pers. 9-12 atau Pers. 9-13 harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Untuk nilai  $\alpha_m$  didapatkan dari rumus berikut:

$$\alpha = \frac{E_{balok} \cdot I_{balok}}{E_{plat} \cdot I_{plat}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \dots\dots\dots (4)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \dots\dots\dots (5)$$

$$I_{plat} = Ly \times \frac{(h_f)^3}{12} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana nilai K adalah:

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[ 4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

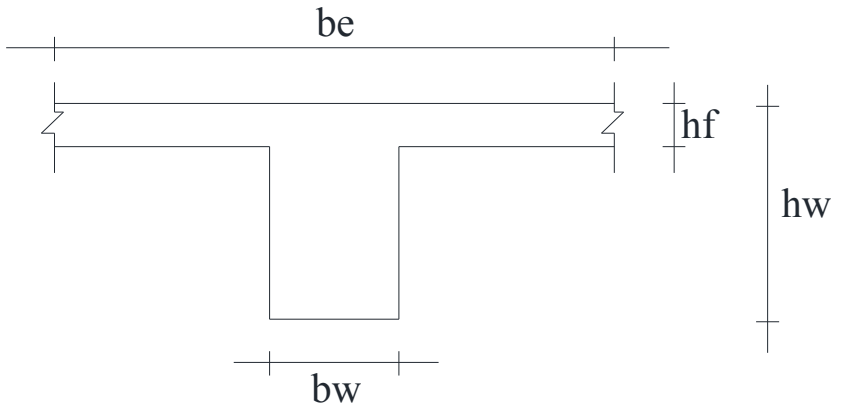
Untuk mencari lebar flens pada balok tengah sesuai SNI adalah sebagai berikut:

Nilai be:

$$be = bw + 2(h_w - h_f)$$

$$be = bw + 8h_f$$

Dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil.



**Gambar 3.5** Lebar Efektif Plat

Dimana:

- $\alpha_m$  = Nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
- $\alpha$  = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari plat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
- $\ell_n$  = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok
- $S_n$  = Panjang bentang bersih pada arah melintang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok
- $\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari plat
- be = Lebar efektif plat
- bw = Lebar balok
- hf = Tinggi plat
- hw = Tinggi balok

### 3.4.2 Preliminary Tangga

Dalam merencanakan dimensi anak tangga dan bordes, digunakan persyaratan sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

t = Tanjakan dengan  $t \leq 25 \text{ cm}$

i = Injakan dengan  $25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$

Dalam perencanaan tangga, sudut maksimal tanggai adalah  $40^\circ$

### 3.4.3 Preliminary Dimensi Balok

Untuk menentukan dimensi tinggi balok, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5(a) sebagaimana berikut ini:

**Tabel 3. 3** Tebal Minimum Balok Bila Lentutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, <b>h</b>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lentutan yang besar			
Plat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p><b>CATATAN:</b>            Panjang bentang dalam mm;            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <p>(c) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>w_c</math> diantara 1440 sampai 1840 <math>\text{kg/m}^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65-0,0003w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09</p> <p>(d) Untuk <math>f_y</math> selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math></p>				

Selain itu, untuk syarat pelindung beton ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1, sebagaimana berikut ini:

**Tabel 3. 4 Syarat Pelindung Beton**

<b>Keterangan</b>	<b>Tebal Selimut Minimum (mm)</b>
a. Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang D-19 hingga D-57</li> <li>• Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil</li> </ul>	50 40
c. Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah: <p><u>Untuk plat, dinding, balok usuk:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang D-44 dan D-57</li> <li>• Batang D-36 dan yang lebih kecil</li> </ul> <p><u>Balok, kolom:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral</li> </ul> <p><u>Komponen struktur cangkang, plat lipat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang D-19 dan yang lebih besar</li> <li>• Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil</li> </ul>	40 20 40 20 13



### 3.4.4 Preliminary Dimensi Kolom

Untuk membuat sifat struktur menjadi “*strong coloumn, weak beam*”, maka untuk preliminary dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{h_{KOLOM}}{I_{KOLOM}} \geq \frac{h_{BALOK}}{I_{BALOK}} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

- $h_{kolom}$  = Tinggi bersih kolom
- $h_{balok}$  = Tinggi bersih balok
- $I_{kolom}$  = Inersia kolom ( $1/12 \cdot b \cdot h^2$ )
- $I_{balok}$  = Inersia balok ( $1/12 \cdot b \cdot h^2$ )

## 3.5 Perhitungan Pembebanan

### 3.5.1 Beban Mati

Menurut SNI 03-1727-2013, beban mati adalah berat seluruh bahan kontruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Untuk besaran beban mati menggunakan ASCE 7-2002 Tabel C3-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Berat beton : **23,6 kN/m<sup>3</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Concrete reinforced: Stone including gravel*”)
- Beban keramik + spesi : **1,10 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Ceramic or quarry tile (19mm) on 25 mm mortar bed*”)
- Beban penggantung langit-langit : **0,10 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Suspended Steel Channel System*”)
- Beban plafond : **0,05 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Acoustical Fiberboard*”)
- Beban Mechanical Electrical (M/E) : **0,19 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Mechanical Duct Allowance*”)
- Beban lapisan waterproofing : **0,05 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Waterproofing Membranes Liquid Applied*”)

- Beban pasangan dinding  $\frac{1}{2}$  bata : **3,78 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Clay Brick Whythes: 203mm*")

### 3.5.2 Beban Hidup

Menurut SNI 03-1727-2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Untuk besaran beban hidup menggunakan SNI 03-1727-2013 Tabel 4-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Beban hidup untuk ruang kelas : **1,92 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup untuk koridor ruang kelas : **3,83 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup untuk ruang pertemuan : **4,79 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup untuk atap datar : **0,96 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup partisi : **0,72 kN/m<sup>2</sup>**

### 3.5.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya per luas bidang.

### 3.5.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan oleh gerakan tanah yang merupakan akibat dari gempa bumi (baik gempa tektonik atau vulkanik) yang akan mempengaruhi struktur tersebut.

#### 3.5.4.1 Gempa Rencana

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, pengaruh gempa rencana yang direncanakan ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

### 3.5.4.2 Kategori Risiko Bangunan

Kategori risiko bangunan gedung dibedakan sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti: tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai SNI 03-1726-2012 Tabel 1.

**Tabel 3. 5** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>– Fasilitas sementara</li> <li>– Gudang penyimpanan</li> <li>– Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	<b>I</b>
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Perumahan</li> <li>– Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>– Pasar</li> <li>– Gedung perkantoran</li> <li>– Gedung apartemen / rumah susun</li> <li>– Pusat perbelanjaan / mall</li> <li>– Bangunan industri</li> </ul>	<b>II</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul>	
<p>Gedung dan non-gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul>	<h3>III</h3>
<p>Gedung dan non-gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung ahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya</p>	

<p>melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bangunan-bangunan monumental</li> <li>– Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>– Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>– Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>– Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>– Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>– Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>– Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non-gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur</p>	<p><b>IV</b></p>

bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	
---	--

### 3.5.4.3 Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non-gedung sesuai SNI 03-1726-2012 Tabel 2, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan ( $I_e$ ).

**Tabel 3. 6** Faktor Keutamaan Gempa

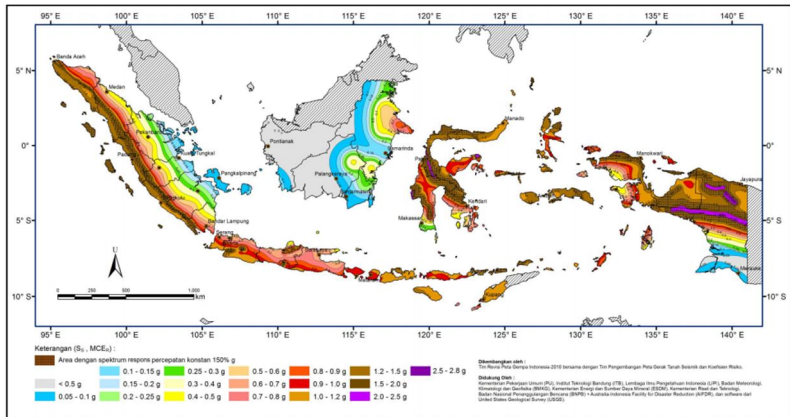
Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 3.5.4.4 Wilayah Gempa dan Struktur Respons

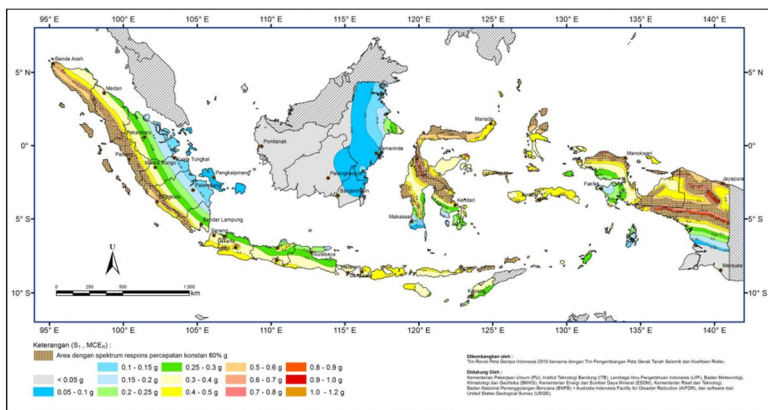
#### 1. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan persen terlampaui dalam 50 tahun (SNI 03-1726-2012 Gambar 9 dan Gambar 10).

Dalam perancangan bangunan gedung perkuliahan di Surabaya ini, berdasarkan pada peta gempa Indonesia yang terdapat pada SNI 03-1726-2012 Gambar 9 dan Gambar 10. Pada peta-peta tersebut, terdapat berbagai macam warna yang dimana setiap warna tersebut nantinya memiliki nilai  $S_s$  dan  $S_1$  yang berbeda-beda sesuai daerah yang ditinjau.



**Gambar 3. 6 Ss, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget**



**Gambar 3. 7 S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget**

## 2. Klasifikasi Situs

Setelah menemukan titik yang sesuai berdasarkan daerah yang ditinjau (Surabaya), maka langkah selanjutnya adalah mengklarifikasi situs, dimana klasifikasi kelas situs tersebut terbagi menjadi: SA, SB, SC, SD, SR, dan SF. Kelas situs

nantinya untuk mengklasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Nantinya profil tanah di situs harus di klasifikasikan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 5.3 dan Tabel 3, berdasarkan profil tanah lapisan 30m paling atas.

**Tabel 3. 7** Klasifikasi Situs

<b>Kelas Situs</b>	$\bar{V}_S$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_U$ (kPa)
SA (Batuhan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuhan)	750 sampai 1500		
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (Tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>- Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>- Kuat geser niralir <math>\bar{S}_U &lt; 25</math> kPa</li> </ul>		
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> </ul>		



yang mengikuti SNI 1726-2012 pasal 6.10.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3\text{m}</math>)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5\text{m}</math> dengan Indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35\text{ m}</math> dengan <math>\bar{S}_U &lt; 50\text{ kPa}</math></li> </ul>
--	--

### 3. Koefisien Situs dan Parameter Respons Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget ( $MCE_R$ )

Percepatan respons spektrum MCE untuk periode singkat ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2012 pers. 5 dan pers. 6, yakni sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (10)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

$S_s$  = Parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda pendek

$S_1$  = Parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Untuk koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti SNI 03-1726-2012 Pasal 6.2 Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 3. 8 Koefisien Situs, Fa**

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_S$				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_S$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b)  $SS$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik lihat SNI 03-1726-2012 Pasal 6.10.1

**Tabel 3. 9 Koefisien Situs, Fv**

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_S \leq 0,1$	$S_S = 0,2$	$S_S = 0,3$	$S_S = 0,4$	$S_S \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b)  $SS$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik lihat SNI 03-1726-2012 Pasal 6.10.1

#### 4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode singkat ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) dihitung sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3 Pers. 7 dan Pers. 8, yakni sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \dots\dots\dots (12)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \dots\dots\dots(13)$$

## 5. Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori desain seismik dari struktur yang ditinjau diambil berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.5 Tabel 6, dimana diambil berdasarkan nilai  $S_{DS}$  dan kategori risiko bangunan yang ditinjau.

**Tabel 3. 10** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

## 6. Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu SNI 03-1726-2012 Gambar 1 dan mengikuti ketentuan berikut:

- Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots(14)$$

- Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$
- Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

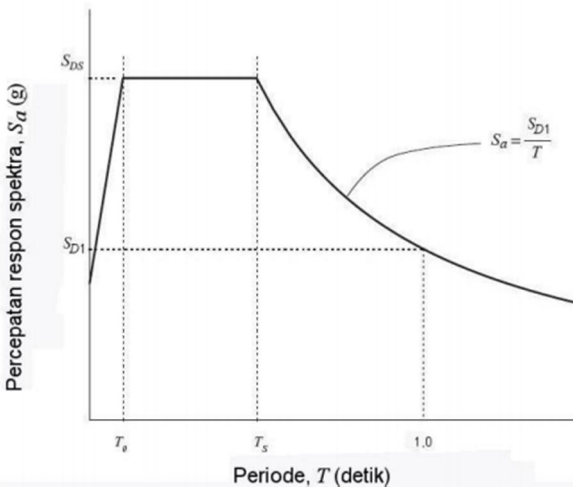
$S_{DS}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (16)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (17)$$



**Gambar 3. 8** Spektrum Respons Desain

**3.5.5 Kombinasi Pembebanan**

Struktur, komponen-elemen struktur, dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan

kombinasi-kombinasi sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L<sub>r</sub> atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (L<sub>r</sub> atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L<sub>r</sub> atau R)
5. 1,2 D + 1,0 E + L
6. 0,9D + 1,0 W
7. 0,9D + 1,0E

### **3.6 Analisa Gaya Dalam (M, N, D)**

#### **3.6.1 Analisa Gaya Dalam Plat**

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada plat berdasarkan pada tabel 13.3.1 dan 13.3.2 pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971.

#### **3.6.2 Analisa Gaya Dalam Balok**

Untuk membantu dalam perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok menggunakan program bantu yakni SAP 2000 v.14.

#### **3.6.3 Analisa Gaya Dalam Kolom**

Untuk membantu dalam perhitungan gaya dalam yang terjadi pada kolom, penulis menggunakan program bantu yakni PCACOL 4.5.

### **3.7 Perhitungan Struktur**

#### **3.7.1 Penulangan Plat**

1. Rasio kekakuan balok terhadap plat diatur pada SNI 03-2847-2013, Pasal 13.3.6:

$$\alpha = \frac{E_{c_{balok}} \cdot I_{balok}}{E_{c_{plat}} \cdot I_{plat}} > 1 \dots\dots\dots(18)$$

Dimana:

$E_{c_{balok}}$  = Modulus elastisitas beton untuk balok

$E_{c_{plat}}$	=	Modulus elastisitas beton untuk plat
$I_{balok}$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
$I_{plat}$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto plat

## 2. Rasio penulangan plat

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.5.1) ..... (18)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 03-2847-2013 Lampiran}$$

$$\text{B.8.4.2) ..... (19)}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \text{ (SNI 03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3)}$$

$$\text{..... (20)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \text{ (Disain Beton Bertulang hal. 55 Pers. 3.8.4.a)}$$

$$\text{..... (21)}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \text{ (Disain Beton Bertulang hal.}$$

$$\text{55 Pers. 3.8.4.a) ..... (22)}$$

Jika  $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ , maka  $\rho_{perlu}$  dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{pakai} = 1,3 \times \rho_{perlu} \text{ ..... (23)}$$

$$A_s = \rho_{perlu} \times b \times d \text{ ..... (24)}$$

### 3.7.2 Penulangan Tangga

Penuangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat yang telah dibahas di subbab sebelumnya.

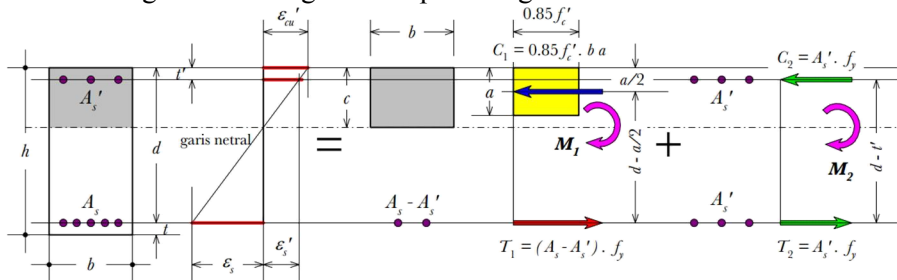
### 3.7.3 Penulangan Balok

#### 1. Perhitungan Tulangan Lentur dengan Tulangan Rangkap

Lentur tulangan rangkap merupakan salah satu metoda atau cara perencanaan tulangan lentur yang mana kemampuan penampang untuk memikul lentur merupakan kombinasi dari tulangan tarik ( $A_s$ ) dan tulangan tekan ( $A_s'$ ).

Adapun langkah pengerjaannya bisa dilakukan dengan melakukan coba-coba garis netral ( $x$ ) sampai dengan tulangan tarik tidak mampu lagi untuk memikul momen akibat beban diluar, sehingga diperlukan adanya tulangan tekan.

Pada gambar 3.5 diperlihatkan diagram tegangan yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan balok.



**Gambar 3.9** Diagram Regangan-tegangan pada Tulangan Rangkap

Pada perancangan tulangan rangkap ini pada prinsipnya penampang beton yang tertekan dibuat sekecil mungkin dengan cara membuat posisi garis netral yang letaknya lebih mendekati pada tulangan tekan ( $A_s'$ ) dengan tetap memperhatikan komponen tulangan tarik ( $A_s$ ) dan tulangan tekan ( $A_s'$ )

Adapun langkah-langkah perancangan tulangan rangkap sebagai berikut:

- Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu SAP 2000 v.14.
- Diberikan nilai  $f_c'$ ,  $f_y$ , diameter tulangan lentur, dan momen ultimate.
- Ambil suatu harga X, dimana  $X \leq 0,75 X_b$

$$Xb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \dots\dots\dots (25)$$

d. Ambil  $A_{sc}$  berdasarkan X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot x}{f_y} \dots\dots\dots (26)$$

e. Menghitung  $M_{nc}$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \dots\dots\dots (27)$$

f. Menghitung  $M_n$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 22.5.1)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (28)$$

g. Menghitung  $M_n - M_{nc}$

Apabila:  $M_n - M_{nc} > 0 \rightarrow$  Perlu tulangan tekan  
 $M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow$  Tidak perlu tulangan tekan

h. Tulangan tekan

- Apabila perlu tulangan tekan maka:

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \dots\dots\dots (29)$$

- Apabila tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan tulangan tekan praktis.

i. Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s' = \left( 1 - \frac{d''}{x} \right) \cdot 600 \geq f_y \rightarrow \text{Sudah leleh} \dots\dots\dots (30)$$

$$f_s' = \left( 1 - \frac{d''}{x} \right) \cdot 600 \leq f_y \rightarrow \text{Belum leleh} \dots\dots\dots (31)$$

j. Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_{ss}' = \frac{C_s'}{f_s' - 0,85 \cdot f_c'} \dots\dots\dots (32)$$



$$A_{SC} = \frac{T_2}{f_y} \dots\dots\dots(33)$$

k. Tulangan perlu

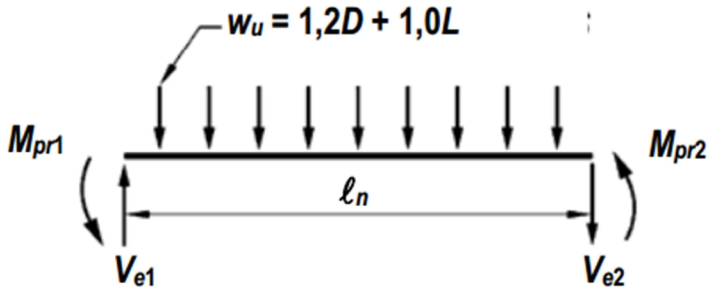
$$A_S = A_{SC} + A_{SS} \dots\dots\dots(34)$$

$$A_S' = A_{SS}' \dots\dots\dots(35)$$

**2. Perhitungan Tulangan Geser**

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.1, gaya geser rencana ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum ( $M_{pr}$ ) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok adalah sebagai berikut:

- a. Diberikan nilai  $f_c', f_y$ , diameter sengkang, dan  $V_g$
- b. Hitung momen tumpuan:



**Gambar 3. 10** Gaya Geser Desain untuk Balok (SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

- Momen tumpuan kiri

$$M_{pr1} = A_S \times 1,25 \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(36)$$

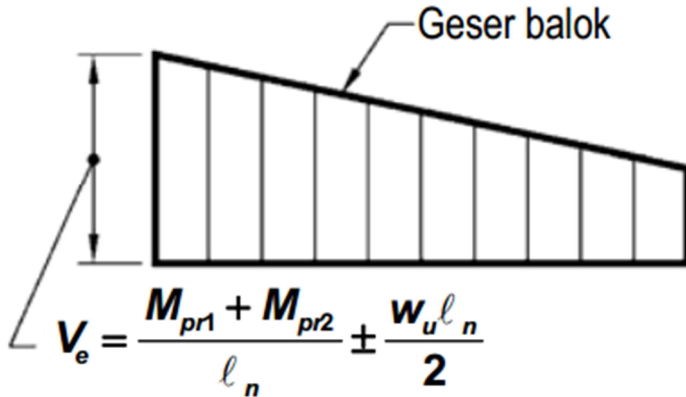
Dimana:  $a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$  ..... (37)

- Momen tumpuan kanan

$$M_{pr2} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (38)$$

Dimana:  $a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$  ..... (39)

c. Hitung reaksi di ujung-ujung balok



**Gambar 3. 11** Gaya Geser Desain untuk Balok (SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = V_{gempa} + V_g \dots\dots\dots (40)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_U \cdot l_n}{2} \dots\dots\dots (41)$$

Dimana:

$l_n$  = Panjang bentang bersih balok

$W_U$  = Beban gravitasi (1,2D + 1,6L) yang bisa didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14.

Nantinya, nilai dari  $V_e$  diambil yang paling besar tergantung dari penjumlahan  $V_{\text{gempa}}$  dan  $V_g$  yang terjadi.

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_U}{\phi} - V_C \dots\dots\dots(42)$$

Dimana:  $V_C = 0$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2)

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_V \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{\text{max}} \dots\dots\dots(43)$$

Dimana:

$A_V$  = Luas tulangan sengkang ( $\text{mm}^2$ )

$$S_{\text{max}} \leq \frac{1}{2} \cdot d$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.4).....(44)

### 3. Perhitungan Tulangan Torsi (Puntir)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1(a), pengaruh puntir pada suatu struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari:

$$T_u = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \left( \frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right) \dots\dots\dots(45)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 adalah:

$$\phi \cdot T_n \geq T_u$$

$$T_n \text{ harus dihitung: } T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta \dots\dots\dots(46)$$

Dimana:

$T_u$  = Momen puntir terfaktor pada penampang

$T_n$  = Kuat momen puntir normal

$A_{cp}$  = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton  
 $P_{cp}$  = Keliling luar penampang beton

#### 4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2, panjang penyaluran ( $l_d$ ), dinyatakan dalam diameter  $d_b$ . Nilai  $l_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai  $l_d/d_b$  harus diambil sebagai berikut:

**Tabel 3. 11** Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $l_d$ tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari 2 $d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left[ \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$	$\left[ \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$
Kasus-kasus lain	$\left[ \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$	$\left[ \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam

kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.4 adalah sebagai berikut:

- Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan,  $\Psi_t = 1,3$ . Untuk situasi lainnya,  $\Psi_t = 1,0$ .
- Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari  $3d_b$ , atau spasi bersih kurang dari  $6d_b$ ,  $\psi_e = 1,5$ . Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya,  $\psi_e = 1,2$ . Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (galvanis),  $\psi_e = 1,0$ . Akan tetapi, hasil  $\Psi_t \cdot \psi_e$  tidak perlu lebih besar dari 1,7
- Bila beton ringan digunakan,  $\lambda$  tidak boleh melebihi 0,75. Bila beton normal digunakan,  $\lambda = 1,0$ .

Panjang penyaluran ( $ld$ ), untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar  $ldb$ . Nilai  $ld$  tidak boleh kurang dari 200mm.

Panjang penyaluran dasar  $ldb$  harus diambil sebesar yang terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 yakni sebagai berikut:

$$\left( \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \dots\dots\dots (47)$$

$$(0,043 \cdot f_y) \cdot d_b \dots\dots\dots (48)$$

## 5. Ketentuan-ketentuan Perhitungan Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5)

### a. Persyaratan Geometri

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur,  $P_u$ , tidak boleh melebihi  $\frac{Ag \cdot f_c'}{10}$ , dimana  $Ag$  adalah luas penampang komponen struktur.
- Bentang bersih untuk komponen struktur,  $\ell_n$ , tidak boleh kurang dari **4d**.
- Lebar komponen,  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari **0,3h** dan **250 mm**.

### b. Persyaratan Tulangan Lentur

- Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan, yakni  $\rho_{\min} = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y}$ . Rasio untuk tulangan maksimum

dibatasi yakni sebesar  $\rho_{maks} = \mathbf{0,025}$ . Selain itu, pada penampang haruslah terpasang secara menerus minimum dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah.

- Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus **lebih besar** atau sama dengan **setengah** kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negatif dan positif pada setiap penampang di sepanjang bentang harus tidak kurang dari  $\frac{1}{4}$  kuat lentur terbesar pada bentang tersebut.
- Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari **d/4** dan **100mm**. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan:
  - Dalam joint
  - Dalam jarak **2h** dari muka joint
  - Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

### c. Persyaratan Tulangan Transversal

- Sengkang tertutup harus dipasang:
  - Pada daerah hingga **2h** diukur dari muka tumpuan.
  - Di sepanjang daerah **2h** pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
  - **d/4**
  - **6 kali** diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal.
  - **150 mm**

## 3.7.4 Penulangan Kolom

### 1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom akan dibantu dengan program PCACOL 4.5 untuk mempermudah perhitungan tulangan lentur kolom.

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\sum Mnc \geq 1,2 \cdot \sum Mnb \dots\dots\dots(49)$$

Dimana:

$\sum Mnc$  = Jumlah Mn kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom. Mn harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai Mn terkecil.

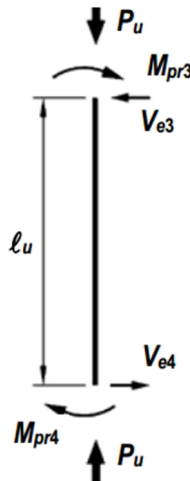
$\sum Mnb$  = Jumlah Mn balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif plat

harus diperhitungkan dalam menentukan  $M_n$  balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

## 2. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.1, gaya geser rencana ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum ( $M_{pr}$ ) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut:

- Diberikan nilai  $f'_c$ ,  $f_y$ , dan diameter sengkang.
- Hitung momen tumpuan



**Gambar 3. 12** Gaya Geser Desain untuk Kolom (SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

- Momen tumpuan atas



$$M_{pr3} = A_S \times 1,25 \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (50)$$

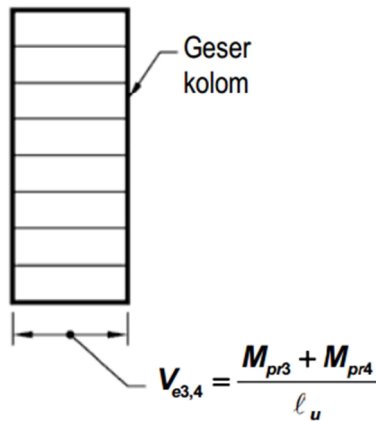
$$\text{Dimana: } a = \frac{A_S \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots\dots\dots (51)$$

- Momen tumpuan bawah

$$M_{pr4} = A_S \times 1,25 \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (52)$$

$$\text{Dimana: } a = \frac{A_S \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots\dots\dots (53)$$

- c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



**Gambar 3. 13** Gaya Geser Desain untuk Kolom  
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \dots\dots\dots (54)$$

Dimana:  $\ell_u$  = Panjang bentang bersih kolom

- d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (55)$$

Dimana  $V_c = 0$  apabila: (1)  $V_e$  akibat gempa lebih besar  $\frac{1}{2} V_u$  dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui  $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ . (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2)

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \dots\dots\dots (56)$$

Dimana:

$A_v$  = Luas tulangan sengkang ( $mm^2$ )

f. Cek penampang total tulangan sengkang persegi ( $A_{sh}$ )  
 Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, nilai  $A_{sh}$  diambil dari yang terkecil yakni sebagai berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (58)$$

$$A_{sh} = 0,09 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \dots\dots\dots (59)$$

Dimana:

- $s$  = Jarak antar tulangan geser
- $b_c$  = Lebar penampang inti beton yang terkekang
- $A_g$  = Luas bersih kolom
- $A_{ch}$  = Luas penampang inti beton, dihitung dari serat terluat sengkang keserat terluar sengkang di sisi lainnya.

**3. Ketentuan-ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6)**

a. Persyaratan Geometri

- Besarnya gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$  tidak boleh kurang dari  $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ .
  - Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
  - Rasio dimensi penampang terpendek dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4
- b. Persyaratan Tulangan Lentur
- Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang 0,01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0,06.
  - Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada di tengah dan direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik serta harus diikat sesuai ketentuan tulangan transversal kolom.
  - Sambungan mekanis tipe 1 (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) untuk penyambungan lentur tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2 (yaitu sambungan mekanis dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik batang tulangan yang disambung).
- c. Persyaratan Tulangan Geser
- Sengkang harus dipasang di sepanjang  $\ell_o$ , dimana panjang  $\ell_o$  diambil yang terbesar dari:
    - Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
    - **1/6** bentang bersih struktur kolom
    - **450 mm**
  - Spasi tulangan transversal sepanjang  $\ell_o$  tidak lebih dari yang terkecil:

- 1/4 dimensi minimum kolom
- 6d dari tulangan sengkang terkecil
- $S_o$  persamaan berikut:

$$s_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \dots\dots\dots (60)$$

Dimana: nilai  $s_o$  diambil  $100\text{mm} \leq s_o \leq 150$

**3.7.5 Joint Balok-Kolom**

**1. Persyaratan Gaya dan Geometri**

- Pada perencanaan hubungan balok-kolom, gaya pada tulangan lentur muka hubungan balok-kolom dapat ditentukan berdasarkan tegangan  $1,25 \cdot f_y$ .
- Pada beton normal, dimensi kolom pada hubungan balok-kolom dalam arah sejajar tulangan balok **minimal 20 kali diameter tulangan balok longitudinal terbesar**.

**2. Persyaratan Tulangan Transversal**

- Apabila balok-balok dengan lebar minimal **3/4 lebar kolom** merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom maka tulangan transversal yang harus dipasang di daerah join hanyalah **1/2 dari yang dipasang dari daerah sendi plastis kolom**. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150mm.
- Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, persamaan kuat geser hubungan balok kolom dapat dihitung sebagai berikut:
  - Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka =  $1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J \dots\dots\dots (61)$
  - Untuk *joint* yang terkekang oleh balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan =  $1,2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J \dots\dots\dots (62)$
  - Untuk kasus-kasus lainnya =  $1,0 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J \dots\dots (63)$

Dimana:

$A_j$  = Luas bersih hubungan balok kolom

- Lebar join efektif tidak boleh melebihi dari yang paling kecil:
  - Lebar balok ditambah tinggi joint.
  - 2x jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom.

### 3. Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam Kondisi Tarik

- Untuk ukuran batang tulangan diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran,  $\ell_{db}$ , untuk batang tulangan dengan kait 90° standar pada beton normal tidak boleh kurang dari:

- $8 \cdot d_b$

- 150 mm

- $\ell_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots(64)$

- Bila digunakan tulangan tanpa kait, untuk diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik minimal adalah:
  - **2,5x** panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300mm.
  - **3,5x** panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300mm.

### 3.7.6 Perhitungan Shearwall

#### 1. Persyaratan Tulangan Minimum

##### a. Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2, untuk tulangan vertikal dan horizontal harus minimal 2 lapis jika gaya geser terfaktor yang bekerja pada dinding melebihi:

$$Vu > 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_C'} \dots\dots\dots (65)$$

Dimana:

$A_{cv}$  = Luasan penampang shearwall

### b. Kebutuhan Tulangan Longitudinal dan Transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1, untuk dinding struktural, rasio tulangan longitudinal,  $\rho_\ell$ , dan rasio tulangan transversal,  $\rho_t$ , minimum adalah 0,0025, dan spasi maksimum masing-masing arah tulangan adalah 450mm.

Kebutuhan tulangan dapat direduksi jika:

$$Vu \leq 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{CV} \cdot \sqrt{f_C'} \dots\dots\dots (66)$$

Maka  $\rho_\ell$  dan  $\rho_t$  dapat direduksi sesuai pada SNI 03-2847-2013 Pasal 14.3.2 dan 14.3.3 yakni:

- Rasio minimum luas tulangan vertikal  $\rho_\ell$ 
  - 0,0012 untuk tulangan kurang dari D16 dengan  $f_y$  minimal 420 Mpa.
  - 0,0015 untuk tulangan ulir lainnya
  - 0,0012 untuk tulangan kawat las maksimum D16
- Rasio minimum luas tulangan horizontal  $\rho_\ell$ 
  - 0,0020 untuk tulangan kurang dari D16 dengan  $f_y$  minimal 420 Mpa.
  - 0,0025 untuk tulangan ulir lainnya
  - 0,0020 untuk tulangan kawat las maksimum D16

## 2. Tulangan Geser Dinding

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.2, *special boundary element* jika jarak  $c$  (sumbu netral) dari serat terluar zona tekan lebih besar dari nilai berikut:

$$c > \frac{l_w}{600 \cdot \left( \frac{\delta_u}{h_w} \right)} \dots\dots\dots(67)$$

Dimana:

$\delta_u$  = Perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.

c = Panjang garis netral untuk gaya aksial tekan terfaktor (Pu) dan kapasitas momen nominal penampang (Mu).

Dengan nilai  $\frac{\delta_u}{h_w}$  minimal adalah 0,007

### 3.7.7 Penulangan Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data tanah menggunakan SPT. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

#### 1. Daya Dukung Tanah

##### a. Daya Dukung Tanah Ultimate

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = 40 \cdot N \cdot A_p + \frac{N_{av} \cdot A_s}{5} \dots\dots\dots(68)$$

Dimana:

Qu = Daya dukung tanah ultimate

Qp = Daya dukung ujung tiang

Qs = Daya dukung selimut tiang

N = Nilai SPT pada ujung tiang

Nav = Rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

Ap = Luas permukaan ujung tiang

As = Luas selimut tiang

##### b. Kekuatan Ijin

$$Q_{MIN} = \frac{Q_u}{SF} \dots\dots\dots (69)$$

Dimana:

Qu = Daya dukung tanah ultimate

SF = Safety Factor = 3

**2. Tiang Pancang**

**a. Perhitungan Jarak Antar Tiang Pancang**

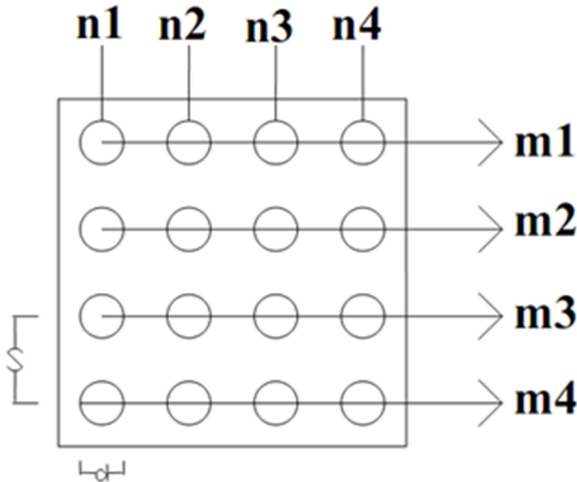
$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

**b. Perhitungan Jarak Tiang Pancang ke Tepi Poer**

$$1,5 D \leq S \leq 2D$$

**c. Efisiensi ( $\eta$ )**

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \dots\dots\dots (70)$$



**Gambar 3. 14** Efisiensi Kelompok Tiang

Dimana:

$\theta$  = arc tan d/s, dalam derajat

m = jumlah baris tiang



- n = jumlah tiang dalam satu baris  
 d = diameter tiang  
 s = jarak pusat ke pusat tiang lain

**d. Kekuatan Kelompok Tiang**

$$P_{KELOMPOK} = \eta \cdot P_{IJIN} \dots\dots\dots(71)$$

**e. Gaya yang Dipikul Tiang Pancang**

$$P = \frac{\sum P}{n} + \frac{My \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \dots\dots\dots(72)$$

**f. Kontrol Tiang Pancang**

- $P_{\max} \leq P_{\text{ijin}}$   
 $P_{\min} \leq P_{\text{ijin}}$   
 $P_{\max} \leq P_{\text{kelompok}}$

**3. Poer**

**a. Penulangan Lentur Poer**

- Rencanakan ketinggian poer (h).
- Tentukan momen yang terjadi:

$$Mu = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot \ell^2) \dots\dots\dots(73)$$

- Hitung nilai Rn:

$$Rn = \frac{Mu}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(74)$$

- Hitung tulangan minimum poer:

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(75)$$

- Hitung tulangan maksimum poer:

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(76)$$

- Hitung nilai m:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \dots\dots\dots (77)$$

- Hitung kebutuhan tulangan poer:

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (78)$$

**b. Penulangan Geser Poer**

Untuk perencanaan poer, nilai  $V_c$  harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan berikut berdasarkan Sni 03-2847-2013, Pasal 11.1.2.1 (a), (b), (c):

$$V_c = 0,17 \cdot \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (79)$$

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (80)$$

Cek kondisi perencanaan geser menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.1, Dimana:

$$\phi \cdot V_c \geq V_u$$

Apabila kondisi ini tidak terpenuhi, maka diperlukan pembesaran penampang.

**c. Spasi Tulangan Geser Maksimum**

- Kondisi 3 (Perlu tulangan geser minimum)

Apabila:  $\phi \cdot V_c < V_u \leq (\phi \cdot V_c + \phi \cdot V_{s_{\min}})$  ..... (81)

Dengan:

$$V_{s_{perlu}} = V_{s_{\min}} \dots\dots\dots (82)$$

Luas tulangan geser minimum:  $A_{v_{\min}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$   
 ..... (83)

Spasi tulangan geser maksimum:  $s_{maks} \leq d \leq 60cm$   
 ..... (84)

- Kondisi 4 (Perlu tulangan geser)

Apabila:

$$\varphi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) < V_u \leq \varphi \cdot \left( V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

.....(85)

Dengan:

$$\varphi \cdot V_{S_{\text{perlu}}} = V_u - \varphi \cdot V_c$$

.....(86)

Luas tulangan geser minimum:  $Av = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$

.....(87)

Spasi tulangan geser maksimum:  $s_{\text{maks}} \leq \frac{d}{2} \leq 60\text{cm}$

.....(88)

- Kondisi 5 (Perlu tulangan geser)

Apabila:

$$\varphi \cdot \left( V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \varphi \cdot \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

.....(89)

Dengan:

$$\varphi \cdot V_{S_{\text{perlu}}} = V_u - \varphi \cdot V_c$$

.....(90)

Luas tulangan geser minimum:  $Av = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$

.....(91)

Spasi tulangan geser maksimum:  $s_{\text{maks}} \leq \frac{d}{4} \leq 30\text{cm}$

.....(92)

#### d. Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

- Tulangan kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2, dimana sebagai berikut:

$$\left[ \frac{f_y \cdot \Psi_e \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right] \cdot d_b \geq 300mm \dots\dots\dots (93)$$

- Tulangan kondisi tekan berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, dimana diambil yang terbesar sebagai berikut:

$$\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b \dots\dots\dots (94)$$

$$0,043 \cdot f_y \cdot d_b \dots\dots\dots (95)$$

- Tulangan lebih dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.3 (b), dimana sebagai berikut:

$$\frac{A_{s\ perlu}}{A_{s\ pasang}} \cdot \lambda d \dots\dots\dots (96)$$

Dimana berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.4 (c) dan (d), nilai  $\lambda$  adalah:

- Bila menggunakan beton normal,  $\lambda = 1,0$ .
- Bila menggunakan beton ringan, nilai  $\lambda$  tidak boleh melebihi 0,75.

**e. Kontrol Geser Pons Poer**

- Geser satu arah, maka:

- Tentukan beban poer, dimana  $qt = \frac{P}{A_g}$   
 ..... (97)

- Tentukan luasan tributary akibat geser satu arah
- Kontrol tebal poer (d) berdasarkan gaya geser satu arah

- Tentukan beban ultimate poer, dimana  $qu = \frac{\sum P}{A_g}$   
 ..... (98)

- $V_u = qu \times (\text{Luas total poer} - \text{Luas pons})$

- Kontrol perlu tulangan geser  
 Bila:  $\varphi \cdot V_c > V_u \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser  
 $\varphi \cdot V_c < V_u \rightarrow$  perlu tulangan geser

- Geser dua arah, maka:  
 Kontrol kemampuan beton berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.2.1(a), (b), dan (c) dimana sebagai berikut:

$$V_c = 0,17 \cdot 0 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (99)$$

$$V_c = 0,083 \cdot \left( 2 + \frac{as \cdot d}{b_w} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots (100)$$

Dimana: as = 40, untuk kolom interior  
 as = 30, untuk kolom tepi  
 as = 20, untuk kolom sudut

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (101)$$

Keterangan:  
 $\beta$  = Rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek  
 poer  
 $b_w$  = Keliling dari penampang kritis

### 3.8 Cek Persyaratan

#### 3.8.1 Plat

##### 1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, pasal 13.3.2, pada penampang kritis:

$$S_{maks} < 2 \times h_f \dots\dots\dots (102)$$

##### 2. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut

Luasan tulangan susut dan suhu harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1 yakni menyediakan paling sedikit

memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

**3. Kontrol Perlu Tulangan Susut**

Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2 dimana:

$$S_{maks} < 5 \times h_f \dots\dots\dots (103)$$

**3.8.2 Balok**

**1. Kontrol  $Mn_{pasang} \geq Mn_{perlu}$  untuk Tulangan Lentur**

$$\phi \cdot M_n \geq M_U \dots\dots\dots (104)$$

**2. Kontrol Penulangan Geser**

a. Kondisi 1

Apabila:  $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

Maka tidak perlu tulangan geser

b. Kondisi 2

Apabila:  $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

Beban geser minimum yang dipikul oleh tulangan:

$$V_{S_{min}} = \frac{b_w \cdot d}{3} \dots\dots\dots (105)$$

Luas tulangan geser minimum: 
$$Av_{min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \dots\dots\dots (106)$$

Spasi tulangan geser minimum: 
$$s_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 60cm \dots\dots\dots (107)$$

c. Kondisi 3

Apabila:  $\phi \cdot V_c < V_u \leq (\phi V_c + \phi \cdot V_{S_{min}}) \dots\dots\dots (108)$

Beban geser minimum dan maksimum yang dipikul oleh tulangan:

$$V_{S_{min}} = \frac{b_w \cdot d}{3} \dots\dots\dots (109)$$

$$V_{S_{maks}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (110)$$

Luas tulangan geser minimum:  $A_{v_{min}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$   
 ..... (111)

Spasi tulangan geser minimum:  $s_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 60cm$   
 ..... (112)

d. Kondisi 4

Apabila:

$$\left( \varphi \cdot V_c + \varphi \cdot V_{S_{min}} \right) < V_u \leq \varphi \left( V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

..... (113)

Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan:

$$\varphi \cdot V_{S_{perlu}} = V_u - \varphi \cdot V_c \dots\dots\dots (114)$$

Luas tulangan geser minimum:  $A_v = \frac{V_{S_{perlu}} \cdot s}{f_y \cdot d} \dots\dots (115)$

Spasi tulangan geser maksimum:  $s_{mak} \leq \frac{d}{2} \leq 60cm$   
 ..... (116)

e. Kondisi 5

Apabila:

$$\varphi \cdot \left( V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \varphi \cdot \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

..... (117)

Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan:

$$\varphi \cdot V_{S_{perlu}} = V_u - \varphi \cdot V_c \dots\dots\dots (118)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum: } Av = \frac{Vs \cdot s}{fy \cdot d} \dots\dots(119)$$

$$\text{Spasi tulangan geser maksimum: } s_{mak} \leq \frac{d}{2} \leq 40cm$$

.....(120)

### 3.8.3 Kolom

#### 1. Kontrol Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom akan dibantu dengan program PCACOL 4.5 untuk mempermudah perhitungan tulangan lentur kolom.

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\sum Mnc \geq 1,2 \cdot \sum Mnb \dots\dots\dots(121)$$

Dimana:

$\sum Mnc$  = Jumlah Mn kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom. Mn harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai Mn terkecil.

$\sum Mnb$  = Jumlah Mn balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif plat harus diperhitungkan dalam menentukan Mn balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.



### 3.8.4 Poer

#### 1. Kontrol Penulangan Geser

##### a. Kondisi 3

Apabila:  $\phi \cdot Vc < Vu \leq (\phi Vc + \phi \cdot Vs_{\min})$  ..... (122)

Beban geser minimum dan maksimum yang dipikul oleh tulangan:

$$Vs_{\min} = \frac{b_w \cdot d}{3} \text{ ..... (123)}$$

$$Vs_{\max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \text{ ..... (124)}$$

Luas tulangan geser minimum:  $Av_{\min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$   
..... (125)

Spasi tulangan geser minimum:  $s_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60cm$   
..... (126)

##### b. Kondisi 4

Apabila:

$$(\phi \cdot Vc + \phi \cdot Vs_{\min}) < Vu \leq \phi \left( Vc + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

..... (127)

Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan:

$$\phi \cdot Vs_{\text{perlu}} = Vu - \phi \cdot Vc \text{ ..... (128)}$$

Luas tulangan geser minimum:  $Av = \frac{Vs \cdot s}{f_y \cdot d}$  ..... (129)

Spasi tulangan geser maksimum:  $s_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60cm$   
..... (130)

c. Kondisi 5

Apabila:

$$\varphi \cdot \left( Vc + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < Vu \leq \varphi \cdot \left( Vc + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

.....(131)

Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan:

$$\varphi \cdot V_{s_{perlu}} = Vu - \varphi \cdot Vc$$

.....(132)

$$\text{Luas tulangan geser minimum: } Av = \frac{Vs \cdot s}{f_y \cdot d}$$

.....(133)

$$\text{Spasi tulangan geser maksimum: } s_{mak} \leq \frac{d}{2} \leq 40cm$$

.....(134)

### 3.9 Gambar Rencana

#### 3.9.1 Gambar Arsitektur

1. Gambar denah
2. Gambar tampak

#### 3.9.2 Gambar Struktur

1. Denah Kolom
2. Denah Balok
3. Denah Sloof
4. Denah Pondasi

#### 3.9.3 Gambar Potongan

1. Potongan memanjang
2. Potongan melintang

#### 3.9.4 Gambar Penulangan

1. Gambar penulangan plat
2. Gambar penulangan tangga

3. Gambar penulangan balok
4. Gambar penulangan kolom
5. Gambar penulangan joint balok-kolom
6. Gambar penulangan *shearwall*
7. Gambar penulangan sloof
8. Gambar penulangan poer dan pondasi

### **3.9.5 Gambar Detail**

1. Gambar detail panjang penyaluran
2. Gambar detail pondasi dan poer

## **3.10 Metode Pelaksanaan Pekerjaan**

### **3.10.1 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi**

1. Pelaksanaan pekerjaan pemasangan tiang pancang

- a. Persiapan lokasi pemancangan

Mempersiapkan lokasi dimana alat pemancang akan diletakkan, tanah haruslah dapat menopang berat alat. Bilamana elevasi akhir kepala tiang pancang berada di bawah permukaan tanah asli, maka galian harus dilaksanakan terlebih dahulu sebelum pemancangan. Perhatian khusus harus diberikan agar pondasi tidak terganggu oleh penggalian diluar batas-batas yang ditunjukkan gambar kerja.

- b. Persiapan alat pemancang

Pelaksana harus menyediakan alat untuk memancang tiang yang sesuai dengan jenis tanah dan jenis tiang pancang sehingga tiang pancang tersebut dapat menembus masuk pada kedalaman yang telah ditentukan atau mencapai daya dukung yang telah ditentukan, tanpa kerusakan.

- c. Penyimpanan tiang pancang

Tiang pancang disimpan di sekitar lokasi yang akan dilakukan pemancangan. Tiang pancang disusun seperti

piramida dan dikelompokkan sesuai dengan tipe, diameter, dan dimensi yang sama.

d. Pemancangan

Kepala tiang pancang diikatkan pada sling yang terdapat pada alat, lalu ditarik sampai tiang pancang dapat berdiri tegak sempurna dan masuk ke dalam alat. Setelah kemiringan telah sesuai, kemudian dilakukan proses pemancangan. Apabila kedalaman pemancangan lebih dalam dari pada panjang tiang pancang itu sendiri, maka perlu adanya penyambungan dengan tiang pancang lain dengan pengelasan.

2. Pelaksanaan pekerjaan pengecoran poer

a. Persiapan pengecoran

Mempersiapkan alat-alat pendukung saat pelaksanaan pengecoran, seperti: vibrator, pipa penyalur beton, *air compressor*, serta lampu penerangan jika dilakukan saat malam hari.

b. Pengambilan benda uji dan *slump test*

Sebelum adukan beton dimasukkan kedalam pompa, dilakukan pengambilan benda uji dan *slump test* dari truk mixer. Jika persyaratan yang telah ditentukan tidak terpenuhi, maka pengawas berhak untuk menolak beton tersebut.

c. Pemeriksaan tulangan

Memeriksa jumlah, letak, jarak antara panjang penyaluran, panjang penjangkaran, diameter tulangan, dan beton decking sesuai gambar rencana.

d. Pembersihan

Melakukan pembersihan dari segala jenis sampah dan kotoran dengan kompressor, kemudian bekisting dilapisi dengan mud oil.

e. Pemeriksaan lubang-lubang

Pemeriksaan lubang-lubang untuk instalasi listrik maupun air harus terpasang dengan baik.

f. Pengecoran

Setelah semua sudah diperiksa, maka dilakukan proses pengecoran lalu menggunakan vibrator untuk meminimalisir rongga udara.

g. Pengambilan sampel

Melakukan pengambilan sampel beton sebagai *quality control*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV PRELIMINARY DESIGN

### 4.1 Data Desain Preliminary

Data untuk struktur gedung beton bertulang ini adalah sebagai berikut:

Tipe Bangunan	: Gedung Perkuliahan
Letak Bangunan	: Dekat dengan Pantai
Lebar Bangunan	: 21,6 m
Panjang Bangunan	: 31,2 m
Tinggi Bangunan	: 50,1 m
Mutu Beton	: 35 Mpa
Mutu Baja	: 400 Mpa (BJTD U40)

### 4.2 Preliminary Balok

Preliminary desain balok bertujuan untuk memperkirakan lebar dan tinggi balok. Tinggi minimum balok ( $h_{min}$ ) tanpa memperhitungkan lendutan ditentukan pada Tabel 3.3 dimana tinggi minimum untuk balok tertumpu sederhana adalah:

$$h_{min} = \frac{\ell}{16}$$

Sedangkan untuk tinggi minimum balok anak adalah:

$$h_{min} = \frac{\ell}{21}$$

Sedangkan untuk tinggi minimum balok kantilever adalah:

$$h_{min} = \frac{\ell}{8}$$

Dengan catatan, untuk nilai  $f_y$  selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ , sehingga untuk mutu baja 400 Mpa nilai  $h_{min}$  adalah:

$$h_{min} = \frac{\ell}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

Sedangkan untuk lebar balok diestimasi berkisar antara 1/2 sampai 2/3 dari tinggi balok.

#### 4.1.1 Preliminary Balok Induk Memanjang 1

1. Tinggi Balok (h)

$$h_{\min} = \frac{720\text{cm}}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) = 43,71\text{cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 70 cm.

2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60\text{cm} = 40\text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 40 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang adalah 40 cm x 70 cm.

#### 4.1.2 Preliminary Balok Induk Memanjang 2

1. Tinggi Balok (h)

$$h_{\min} = \frac{360\text{cm}}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) = 21,86\text{ cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 60 cm.

2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 50\text{cm} = 33,33\text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 35 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang adalah 35 cm x 60 cm.

#### 4.1.3 Preliminary Balok Induk Melintang 1

1. Tinggi Balok (h)

$$h_{\min} = \frac{720\text{cm}}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) = 43,71\text{cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 70 cm.



2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 40 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk melintang adalah 40 cm x 70 cm.

#### 4.1.4 Preliminary Balok Induk Melintang 2

1. Tinggi Balok (h)

$$h_{\min} = \frac{360 \text{ cm}}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) = 21,86 \text{ cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 60 cm.

2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 50 \text{ cm} = 33,33 \text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 35 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang adalah 35 cm x 60 cm.

#### 4.1.5 Preliminary Balok Anak

1. Tinggi Balok (h)

$$h_{\min} = \frac{720 \text{ cm}}{21} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) = 33,3 \text{ cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 50 cm

2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 40 \text{ cm} = 26,67 \text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 30 cm

Sehingga dimensi untuk balok anak adalah 30 cm x 50 cm.

#### 4.1.6 Preliminary Balok Kantilever

1. Tinggi Balok (h)

$$h_{\min} = \frac{150\text{cm}}{8} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 18,21\text{ cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 35 cm

2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 35\text{cm} = 23,33\text{ cm}$$

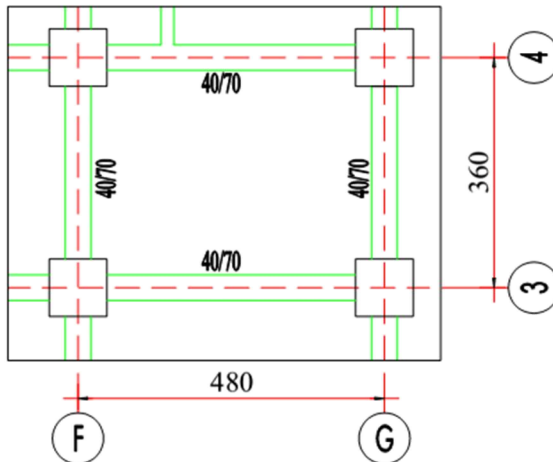
Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 25 cm

Sehingga dimensi untuk balok kantilever adalah 25 cm x 35cm.

#### 4.1.7 Preliminary Plat

Untuk menentukan tebal pelat, maka diambil satu macam plat:

Type Pelat A dengan dimensi 480 cm x 360 cm



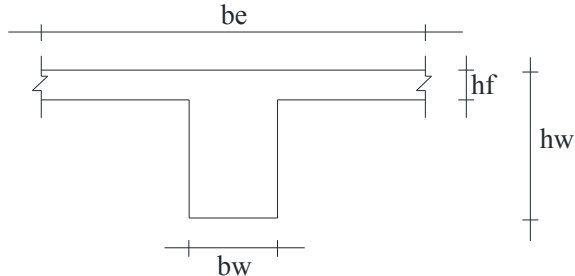
Gambar 4. 1 Plat Tipe A

$$Ln = 480 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 440 \text{ cm}$$

$$Sn = 360 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 320 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{440}{320} = 1.375 < 2 \text{ (Plat dua arah)}$$

1. Menghitung Rasio Kekakuan ( $\alpha$ ) Balok Induk Memanjang dan Balok Induk Melintang dimensi 35/50:



**Gambar 4. 2** Lebar Efektif Plat

Lebar balok ( $b_w$ ) = 40 cm

Tinggi balok ( $h_w$ ) = 70 cm

Apabila asumsi tebal plat ( $h_f$ ) awal adalah 12cm, maka:

$$be = b_w + 8 h_f = 40 \text{ cm} + 8 \cdot 12 \text{ cm} = 136 \text{ cm}$$

$$be = b_w + 2 h_w = 40 \text{ cm} + 2 \cdot 70 \text{ cm} = 180 \text{ cm}$$

Dipilih nilai terkecil, maka:  $be = 136 \text{ cm}$

$$K = \frac{1 + \left( \frac{be}{b_w} - 1 \right) \times \left( \frac{h_f}{h_w} \right) \times \left[ 4 - 6 \left( \frac{h_f}{h_w} \right) + 4 \left( \frac{h_f}{h_w} \right)^2 + \left( \frac{be}{b_w} - 1 \right) \times \left( \frac{h_f}{h_w} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{be}{b_w} - 1 \right) \times \left( \frac{h_f}{h_w} \right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{70}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{70}\right) + 4\left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{12}{70} - 1\right) \times \left(\frac{12}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{70} - 1\right) \times \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$K = 1,612$$

Momen inersia balok:

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 1,642 \times 40cm \times (70cm)^3$$

$$= 1.843.576,77 \text{ cm}^4$$

Momen inersia plat:

$$I_{plat} = Ly \times \frac{(hf)^3}{12} = 480cm \times \frac{(12cm)^3}{12} = 69.120 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap plat:

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{plat}} = \frac{1.843.576,77cm^4}{69.120cm^4} = 26,67$$

2. Menghitung Rata-rata Rasio Kekakuan:

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = \frac{26,67 + 26,67 + 26,7 + 26,7}{4}$$

$$= 26,7$$

3. Penentuan tebal minimum plat (h min):

Karena nilai  $\alpha_m > 2,0$ ; maka dipakai persamaan (2) yakni:

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{440cm \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot 1,375} = 9,875 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai tebal plat (hf) = 12 cm

### 4.3 Preliminary Kolom

Untuk membuat sifat struktur menjadi ”*strong coloumn, weak beam*”, maka untuk preliminary dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{L_{KOLOM}}{I_{KOLOM}} \geq \frac{L_{BALOK}}{I_{BALOK}}$$

Apabila diasumsikan  $b_{kolom} = h_{kolom}$ , maka:

$$\frac{L_{KOLOM}}{\frac{1}{12} \cdot b_{KOLOM} \cdot (h_{KOLOM})^3} \geq \frac{L_{BALOK}}{\frac{1}{12} \cdot b_{BALOK} \cdot (h_{BALOK})^3}$$

$$\frac{L_{KOLOM}}{\frac{1}{12} \cdot b_{KOLOM} \cdot (b_{KOLOM})^3} \geq \frac{L_{BALOK}}{\frac{1}{12} \cdot b_{BALOK} \cdot (h_{BALOK})^3}$$

$$(b_{KOLOM})^4 = \frac{40cm \cdot (70cm)^3 \cdot 420cm}{720cm}$$

$$b_{KOLOM} = 53,19 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai dua tipe kolom dengan dimensi 60 cm x 60 cm dan 80 cm x 80 cm

### 4.4 Preliminary Dinding Geser

Menurut SNI 03-2847-2012 Pasal 14.5.3.1, ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding secara lateral, diambil yang terkecil dan tidak kurang dari 100 mm.

Apabila:

$$\text{Panjang bentang} = 720 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi antar lantai} = 420 \text{ cm}$$

$$\frac{H}{25} = \frac{720cm}{25} = 28,8 \text{ cm}$$

$$\frac{H}{25} = \frac{420cm}{25} = 16,8 \text{ cm}$$

Dipakai yang terkecil = 16,8 cm

Maka tebal dinding geser tidak boleh kurang dari 16,8 cm dan juga tidak boleh kurang dari 100 mm, sehingga dipakai tebal dinding geser yakni sebesar 25 cm.

#### 4.5 Perencanaan Tangga

1. Data-data perencanaan:

- Lebar injakan (i) = 0,3 m = 30 cm
- Tinggi tanjakan (t) = 0,175 m = 17,5 cm
- Tinggi tangga = 4,2 m = 420 cm
- Tinggi bordes = 2,1 m = 210 cm
- Panjang datar tangga = 3,8 m = 380 cm

2. Perhitungan Perencanaan:

a. Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{TinggiBordes}^2 + \text{PanjangTangga}^2}$$

$$L = \sqrt{(210\text{cm})^2 + (380\text{cm})^2}$$

$$L = 434,2\text{cm}$$

b. Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{TinggiBordes}}{\text{TinggiTanjakan}} = \frac{210\text{cm}}{17,5\text{cm}} = 12\text{buah}$$

c. Jumlah injakan

$$\begin{aligned} n_i &= nt - 1 \\ &= 12 - 1 = 11\text{buah} \end{aligned}$$

d. Sudut kemiringan

$$\alpha = \text{arc. tan}\left(\frac{t}{i}\right)$$

$$\alpha = \text{arc} \cdot \tan\left(\frac{17,5\text{cm}}{30\text{cm}}\right) = 30,26^\circ$$

e. Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 30,26^\circ \leq 40^\circ \text{ (Memenuhi)}$$

## BAB V ANALISA PEMBEBANAN

### 5.1 Beban Gravitasi

Beban elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi yang dimana mengacu pada peraturan SNI 03-1727-2013, ASCE 7-2002, dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material dapat lihat pada Lampiran 1. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000 v.14.

#### 5.1.1 Beban Mati (DL)

Beban mati terdiri atas berat sendiri seluruh elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung seperti dinding, lantai atap, plafon dan partisi. Beban mati terdiri dari dua macam, antara lain:

1. Berat sendiri elemen struktur (*self weight*, DL):  
Berat beton :  $23,6 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{2360 \text{ kg/m}^2}$  (ASCE 7-2002 Tabel C3-1)
2. Berat sendiri tambahan (*superimposed dead load*, SDL):
  - Berat dinding bata ringan :  $\mathbf{600 \text{ kg/m}^3}$  (Brosur CITICON<sup>®</sup>)  
Dimana untuk tebal 0,15 m dan tinggi 4,2 m adalah:  
 $= 600 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} = \mathbf{378 \text{ kg/m}}$
  - Beban keramik + spesi :  $1,10 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{110 \text{ kg/m}^2}$  (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Suspended Steel Channel System*”)
  - Beban *ducting mechanical* :  $0,19 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{19 \text{ kg/m}^2}$  (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Mechanical Duct Allowance*”)
  - Beban plafon :  $0,05 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{5 \text{ kg/m}^2}$  (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Acoustical Fiberboard*”)
  - Beban penggantung langit-langit :  $0,10 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{10 \text{ kg/m}^2}$  (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Suspended Steel Channel System*”)
  - Beban lapisan waterproofing :  $0,05 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{5 \text{ kg/m}^2}$  (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Waterproofing Membranes Liquid Applied*”)

- Beban lift : untuk Lift yang dipakai adalah merk Hyundai dengan reaksi sebagai berikut:

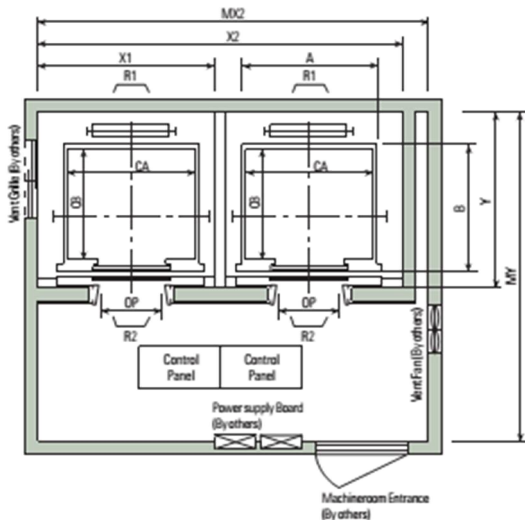
*Hyundai Luxen Manufacturer Standard*

**Tabel 5. 1** Spesifikasi Lift Hyundai Luxen (Lanjutan)

Speed (m/sec)	Capacity (person/kg)	Reaction				Door Opening WxH
		(Static Load)				
		R1	R2	R3	R4	
1	10700	4200	2700	6800	5400	800x2100

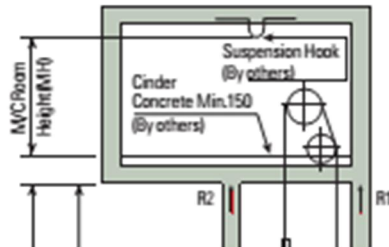
**Tabel 5. 2** Spesifikasi Lift Hyundai Luxen (Lanjutan)

Inside Dimension					
Car		Hoistway		Machine Room	
A	B	X2	Y	MX2	MY
1460	1405	3700	1850	4000	3600

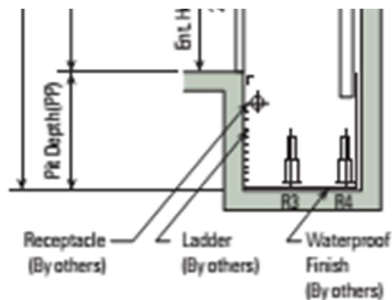


**Gambar 5. 1** Dimensi Elevator Hyundai





**Gambar 5. 2** Reaksi Akibat Beban Lift



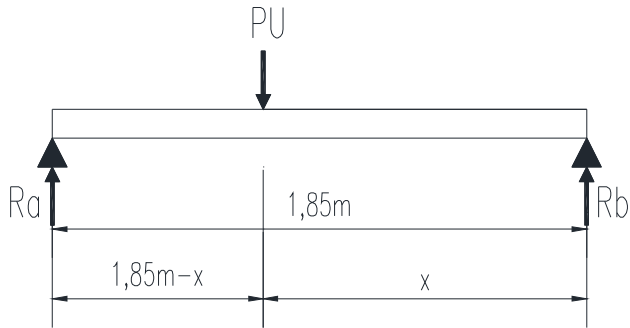
**Gambar 5. 3** Reaksi pada Pit Lift

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:

Panjang balok penggantung lift = 1,85 m

$R_a = R_1 \cdot KLL = R_1 \times 150\% = 4200 \text{ kg} \times 150\% = 6300 \text{ kg}$

$R_b = R_2 \cdot KLL = R_2 \times 150\% = 2700 \text{ kg} \times 150\% = 4050 \text{ kg}$



**Gambar 5. 4** Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

$$\sum Mb = 0$$

$$0 = 1,85m \cdot 6300 \text{ kg} - Pu \cdot x$$

$$Pu = \frac{11.655 \text{ kg} \cdot m}{x}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = 1,85m \cdot 4050 \text{ kg} - Pu \cdot (1,85m - x)$$

$$0 = 7492,5 \text{ kg} \cdot m - \frac{11.655 \text{ kg} \cdot m}{x} (1,85m - x)$$

$$0 = 7492,5 \text{ kg} \cdot m - \frac{21.561,75 \text{ kg} \cdot m^2}{x} + \frac{(11.655 \text{ kg} \cdot m)x}{x}$$

$$0 = -\frac{21.561,75 \text{ kg} \cdot m^2}{x} + 19.147,5 \text{ kg} \cdot m$$

$$(19.147,5 \text{ kg} \cdot m)x = 21.561,75 \text{ kg} \cdot m^2$$

$$x = 1,126 \text{ m}$$

$$Pu = \frac{11.655 \text{ kg} \cdot m}{x} = \frac{11.655 \text{ kg} \cdot m}{1,126 \text{ m}} = 10.350 \text{ kg}$$

### 5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam. Bergantung fungsi ruang, maka beban hidup dapat di bedakan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1 sebagai berikut:

#### 1. Beban hidup (L)

- Beban ruang kelas :  $1,92 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{192 \text{ kg/m}^2}$
- Beban koridor :  $3,83 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{383 \text{ kg/m}^2}$
- Beban ruang kantor :  $2,4 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{240 \text{ kg/m}^2}$
- Beban ruang pertemuan :  $4,79 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{479 \text{ kg/m}^2}$
- Beban bordes dan anak tangga :  $1,33 \text{ kN} = 133 \text{ kg}$  (SNI 03-1727-2013 Pasal 4.5.4)

Jumlah anak tangga = 12 buah

Total beban =  $133 \text{ kg} \times 12 = 1596 \text{ kg}$

Area tangga rencana = lebar tangga x panjang tangga  
 $= 4,34 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 7,812 \text{ m}^2$

Beban merata pada bordes dan anak tangga:

$$\frac{1596 \text{ kg}}{7,812 \text{ m}^2} = \mathbf{204,3 \text{ kg/m}^2}$$

Beban hidup atap (Lr)

- Beban atap datar :  $0,96 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{96 \text{ kg/m}^2}$

### 5.1.3 Beban Air Hujan (R)

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 8.3, beban hujan rencana adalah sebagai berikut:

$$R = 0,0098 \cdot (d_s + d_h)$$

$d_s$  = tinggi statis

$d_h$  = tinggi hidrolik

Apabila direncanakan  $d_s = 10 \text{ mm}$  dan  $d_h = 20 \text{ mm}$ , maka:

$$R = 0,0098 \cdot (10 + 20) = 0,294 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{29,4 \text{ kg/m}^2}$$

## 5.2 Beban Angin (W)

Bangunan gedung dan struktur lain termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin sesuai dengan SNI 03-1727-2013. Beban angin dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom. Berikut tahapan perhitungan beban angin yang terjadi pada struktur bangunan:

- Kecepatan angin dasar ( $V$ ) = 34 knot = 17,5 m/s (Berdasarkan angin terbesar selama periode tahun 2014-2015, diambil dari <http://surabayakota.bps.go.id>)
- Faktor arah angin ( $K_d$ ) = 0,85 (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.6-1)
- Kategori eksposur = B (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.7.3)
- Faktor topografi ( $K_{zt}$ ) = 1,0 (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.8.2)
- Faktor efek angin ( $G$ ) = 0,85 (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.9.1)
- Klasifikasi ketertutupan = Bangunan tertutup
- Koefisien eksposur tekanan velositas, ( $K_z$  dan  $K_h$ )

Tinggi bangunan,  $z = 46,2$  m

$z_g = 365,76$  m (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.9-1)

$\alpha = 7$  (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.9-1)

$$k_z = k_h = 2,01 \cdot \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2/\alpha} = 2,01 \cdot \left( \frac{46,2m}{365,76m} \right)^{2/7} = 1,113$$

- Tekanan velositas, ( $q_z$  dan  $q_h$ )

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

$$q_z = 0,613 \cdot 1,129 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot (17,5m/s)^2$$

$$q_z = 177,4 \text{ N/m}^2$$

- Koefisien tekanan eksternal (untuk dinding pada gedung)

Panjang bangunan,  $L = 31,2$  m

Lebar bangunan,  $B = 21,6$  m

$$L/B = \frac{31,2m}{21,6m} = 1,44$$

$$C_p = 0,8 \text{ (Untuk dinding pada angin datang berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)}$$

$$C_p = -0,7 \text{ (Untuk dinding pada angin tepi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)}$$

$$C_p = -0,5 \text{ (Untuk dinding pada angin pergi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4.2-1)}$$

- Koefisien tekanan eksternal (untuk atap baja)

$$\text{Tinggi rata-rata atap, } h = 50,1 \text{ m}$$

$$\text{Panjang atap, } L = 18 \text{ m}$$

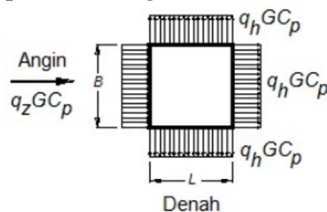
$$h/L = \frac{50,1m}{18m} = 2,78$$

$$\text{Sudut kemiringan} = 30^\circ$$

$$C_p = 0,2 \text{ (Untuk angin sisi datang berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)}$$

$$C_p = -0,3 \text{ (Untuk angin sisi pergi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4.2-1)}$$

- Pengaruh angin pada dinding



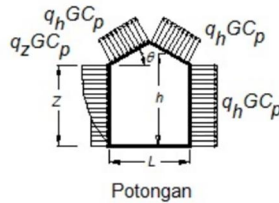
**Gambar 5.5** Pengaruh Angin pada Dinding

$$\begin{aligned} \text{Pada arah angin datang} &= q_z \cdot G \cdot C_p \\ &= 177,4 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \\ &= 120,6 \text{ N/m}^2 = 12,06 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Pada arah angin tepi  $= q_h \cdot G \cdot C_p$   
 $= 177,4 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot -0,7$   
 $= -105,56 \text{ N/m}^2 = -10,56 \text{ kg/m}^2$

Pada arah angin pergi  $= q_h \cdot G \cdot C_p$   
 $= 177,4 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot -0,5$   
 $= -75,4 \text{ N/m}^2 = -7,54 \text{ kg/m}^2$

- Pengaruh angin pada atap



**Gambar 5. 6** Pengaruh Beban Angin pada Atap

Pada arah angin datang  $= q_h \cdot G \cdot C_p$   
 $= 181,25 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot 0,2$   
 $= 30,8 \text{ N/m}^2 = 3,08 \text{ kg/m}^2$

Pada arah angin pergi  $= q_h \cdot G \cdot C_p$   
 $= 181,25 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot -0,3$   
 $= -46,2 \text{ N/m}^2 = -4,62 \text{ kg/m}^2$

Maka untuk rekapitulasi beban angin yang terjadi pada setiap lantai pada bangunan ini adalah:

**Tabel 5. 3** Rekapitulasi Beban Angin

Lantai bangunan	Tinggi Bangunan (z)	zg	$\alpha$	Kz / Kh	qz / qh	qz.G.Cp	qh.G.Cp	qh.G.Cp
	(m)					(m)	Datang	Tepi
		(N/m <sup>2</sup> )			(kg/m <sup>2</sup> )		(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )
1	4.2	365.76	7	0.561	89.4	6.08	-5.32	-3.80
2	8.4	365.76	7	0.684	109.0	7.41	-6.49	-4.63
3	12.6	365.76	7	0.768	122.4	8.32	-7.28	-5.20
4	16.8	365.76	7	0.834	132.9	9.04	-7.91	-5.65
5	21	365.76	7	0.888	141.6	9.63	-8.43	-6.02
6	25.2	365.76	7	0.936	149.2	10.15	-8.88	-6.34
7	29.4	365.76	7	0.978	155.9	10.60	-9.28	-6.63
8	33.6	365.76	7	1.016	162.0	11.01	-9.64	-6.88
9	37.8	365.76	7	1.051	167.5	11.39	-9.97	-7.12
10	42	365.76	7	1.083	172.6	11.74	-10.27	-7.34
11	46.2	365.76	7	1.113	177.4	12.06	-10.56	-7.54
Atap Baja	50.1	365.76	7	1.139	181.6	3.09	-	-4.63

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum adalah  $= 0,77 \text{ kN/m}^2 = 77 \text{ kg/m}^2$  untuk dinding bangunan dan  $0,38 \text{ kN/m}^2 = 38 \text{ kg/m}^2$  untuk luas atap bangunan gedung. Sehingga untuk pembebanan angin yang terjadi adalah:

**Tabel 5. 4** Rekapitulasi Beban Angin Minimum

Lantai bangunan	Tinggi Bangunan (z)	zg	$\alpha$	Kz / Kh	qz / qh	qz.G.Cp	qh.G.Cp	qh.G.Cp
	(m)					(m)	Datang	Tepi
		(N/m <sup>2</sup> )			(kg/m <sup>2</sup> )		(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )
1	4.2	365.76	7	0.561	89.4	77.00	-77.00	-77.00
2	8.4	365.76	7	0.684	109.0	77.00	-77.00	-77.00
3	12.6	365.76	7	0.768	122.4	77.00	-77.00	-77.00
4	16.8	365.76	7	0.834	132.9	77.00	-77.00	-77.00
5	21	365.76	7	0.888	141.6	77.00	-77.00	-77.00
6	25.2	365.76	7	0.936	149.2	77.00	-77.00	-77.00
7	29.4	365.76	7	0.978	155.9	77.00	-77.00	-77.00
8	33.6	365.76	7	1.016	162.0	77.00	-77.00	-77.00
9	37.8	365.76	7	1.051	167.5	77.00	-77.00	-77.00
10	42	365.76	7	1.083	172.6	77.00	-77.00	-77.00
11	46.2	365.76	7	1.113	177.4	77.00	-77.00	-77.00
Atap Baja	50.1	365.76	7	1.139	181.6	38.00	-	-38.00

### 5.3 Beban Gempa

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisa dinamis 3 dimensi. Fungsi respons spektrum ditetapkan sesuai peta wilayah gempa daerah di Surabaya.

#### 5.3.1 Menentukan Kategori Risiko Bangunan Gedung

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 1, bangunan yang didesain untuk fasilitas pendidikan masuk kedalam **kategori risiko IV**.

#### 5.3.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 2 dan kategori risiko yang didapat maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni  $I_e = 1,50$ .

#### 5.3.3 Menentukan Kelas Situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 45m pada tanah setempat (Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya):

**Tabel 5. 5** Perhitungan SPT Rata-rata DB-1

Data Tanah DB-1					
Lapisan	Jenis Lapisan	Kedalaman Antara (m)	Tebal Lapisan (d)	Nilai N-SPT Rata-rata (N)	d/N
Lapisan ke-1	Clay (CH)	0 - 9,5	9.5	3.2	2.969
Lapisan ke-2	Silt	9,5 - 19,5	10	23.4	0.427
Lapisan ke-3	Sand	19,5 - 25,0	5.5	29.5	0.186
Lapisan ke-4	Silt	25,0 - 30,0	5	29.0	0.172
Jumlah			30		3.755

Keterangan:

d = tebal setiap lapisan

N = tahanan penetrasi standar 60% energi ( $N_{60}$ )

Maka nilai N-SPT rata-rata tanah:



$$\bar{N} = \frac{d}{d/N} = \frac{30}{3,755} = 7,98$$

**Tabel 5. 6** Perhitungan SPT Rata-rata DB-2

Data Tanah DB-2					
Lapisan	Jenis Lapisan	Kedalaman Antara	Tebal Lapisan (d)	Nilai N-SPT Rata-rata (N)	d/N
Lapisan ke-1	Clay (CH)	0 - 10,0	10	3	3.333
Lapisan ke-2	Silt	10,0 - 21,0	11	20.6	0.534
Lapisan ke-3	Sand	21,0 - 25,0	4	47	0.085
Lapisan ke-4	Silt	25,0 - 30,0	5	32.67	0.153
Jumlah			30		4.105

Keterangan:

d = tebal setiap lapisan

N = tahanan penetrasi standar 60% energi ( $N_{60}$ )

Maka nilai N-SPT rata-rata tanah:

$$\bar{N} = \frac{d}{d/N} = \frac{30}{4,018} = 7,466$$

Menurut SNI 03-1726-2012 Tabel 3, untuk  $N < 15$  maka termasuk **situs SE**

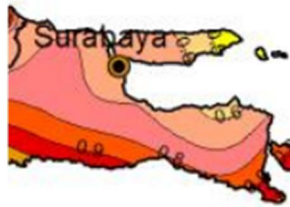
### 5.3.4 Menentukan Parameter Percepatan Gempa



0.2 - 0.25 g

**Gambar 5. 7** Nilai  $S_1$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik

(SNI 03-1726-2012 pada Gambar 10)



0.5 - 0.6 g

**Gambar 5. 8** Nilai  $S_s$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek

Maka diambil nilai  $S_1 = 0,2$  g dan  $S_s = 0,5$

### 5.3.5 Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 4 dan Tabel 5, adalah sebagai berikut:

**Tabel 5. 7** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF			SS <sup>b</sup>		

Maka didapatkan nilai  $F_a = 1,7$

**Tabel 5. 8** Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Maka didapatkan nilai  $F_v = 3,2$

### 5.3.6 Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pers. 5 dan Pers. 6, didapatkan bahwa:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,7 \cdot 0,5 = 0,85$$

$$S_{M1} = F_V \cdot S_1 = 3,2 \cdot 0,2 = 0,64$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pers. 7 dan Pers. 8, didapatkan bahwa:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,85 = 0,567$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,64 = 0,427$$

### 5.3.7 Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 6 dan Tabel 7, untuk  $0,5 \leq S_{DS}$ ,  $0,2 \leq S_{D1}$ , dan kategori risiko IV didapatkan **kategori desain seismik D**.

### 5.3.8 Menentukan Parameter Struktur

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 9, untuk sistem rangka pemikul momen khusus adalah:

Koefisien modifikasi respons (R)	: 8
Faktor kuat-lebih sistem ( $\Omega_0$ )	: 3
Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ )	: 5,5

Kemudian, untuk sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya yang ditetapkan dengan dinding geser beton bertulang khusus adalah :

Koefisien modifikasi respons (R)	: 7
Faktor kuat-lebih sistem ( $\Omega_0$ )	: 2,5
Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ )	: 5,5

### 5.3.9 Analisa Respons Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4 Pers. 9 dan 10, didapatkan bahwa:

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,427}{0,567} = 0,15$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,427}{0,567} = 0,75$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

- Untuk  $T < T_0$ , nilai  $S_a = S_{DS} \cdot \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right)$  (SNI 03-

1726-2012 Pasal 6.4.(1))

Untuk  $T = 0$ , maka:

$$S_a = 0,567 \cdot \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{0}{0,15} \right) = 0,2268$$

- Untuk  $T \geq T_0$  dan  $T \leq T_s$ , nilai  $S_a = S_{DS}$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4.(2))

Untuk  $T = T_0 = 0,15$ ; maka  $S_a = 0,567$

Untuk  $T = T_s = 0,75$ ; maka  $S_a = 0,567$

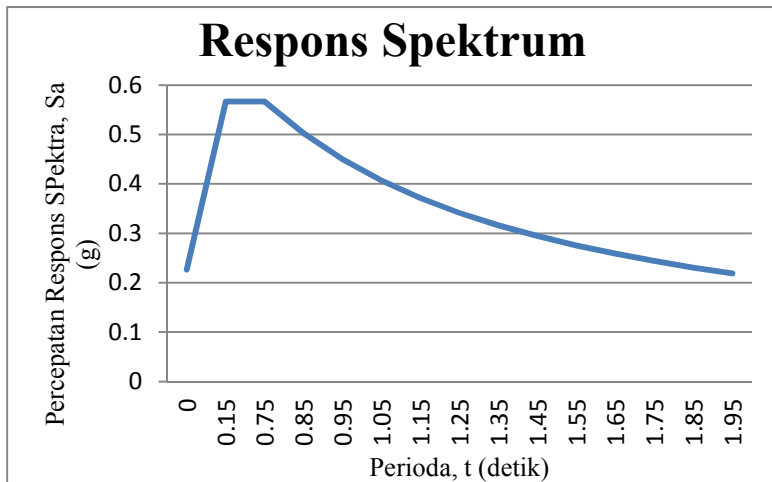
- Untuk nilai  $T > T_s$ , nilai  $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4.(3))

Untuk  $T = T_s + 0,1 = 0,75 + 0,1 = 0,85$

$$\text{Maka } S_a = \frac{0,427}{0,85} = 0,5024$$

**Tabel 6. 1** Respons Spektrum Desain

T	T	Sa	T	T	Sa
0	0	0.2268	Ts + 1.3	2.05	0.2083
T <sub>0</sub>	0.15	0.567	Ts + 1.4	2.15	0.1986
T <sub>S</sub>	0.75	0.567	Ts + 1.5	2.25	0.1898
Ts + 0.1	0.85	0.5024	Ts + 1.6	2.35	0.1817
Ts + 0.2	0.95	0.4495	Ts + 1.7	2.45	0.1743
Ts + 0.3	1.05	0.4067	Ts + 1.8	2.55	0.1675
Ts + 0.4	1.15	0.3713	Ts + 1.9	2.65	0.1611
Ts + 0.5	1.25	0.3416	Ts + 2.0	2.75	0.1553
Ts + 0.6	1.35	0.3163	Ts + 2.1	2.85	0.1498
Ts + 0.7	1.45	0.2945	Ts + 2.2	2.95	0.1447
Ts + 0.8	1.55	0.2755	Ts + 2.3	3.05	0.1400
Ts + 0.9	1.65	0.2588	Ts + 2.4	3.15	0.1356
Ts + 0.10	1.75	0.2440	Ts + 2.5	3.25	0.1314
Ts + 1.1	1.85	0.2308	Ts + 2.6	3.35	0.1275
Ts + 1.2	1.95	0.2190	Ts + 2.7	3.45	0.1238

**Gambar 6. 1** Respons Spektrum Desain

#### 5.4 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
3.  $1,2D + 1,6L + 0,5R$
4.  $1,2D + 1,6Lr + 1,0L$
5.  $1,2D + 1,6Lr + 0,5W$
6.  $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr$
7.  $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R$
8.  $0,9D + 1,0W$
9.  $1,2D + 1,0EX + 1,0L$
10.  $1,2D + 1,0EY + 1,0L$
11.  $0,9D + 1,0EX$
12.  $0,9D + 1,0EY$
13.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,31D + 1,3EX + 1,0L$
14.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,31D + 1,3EY + 1,0L$

Dimana nilai :  $S_{DS} = 0,567$

$\rho = 1,3$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.4)

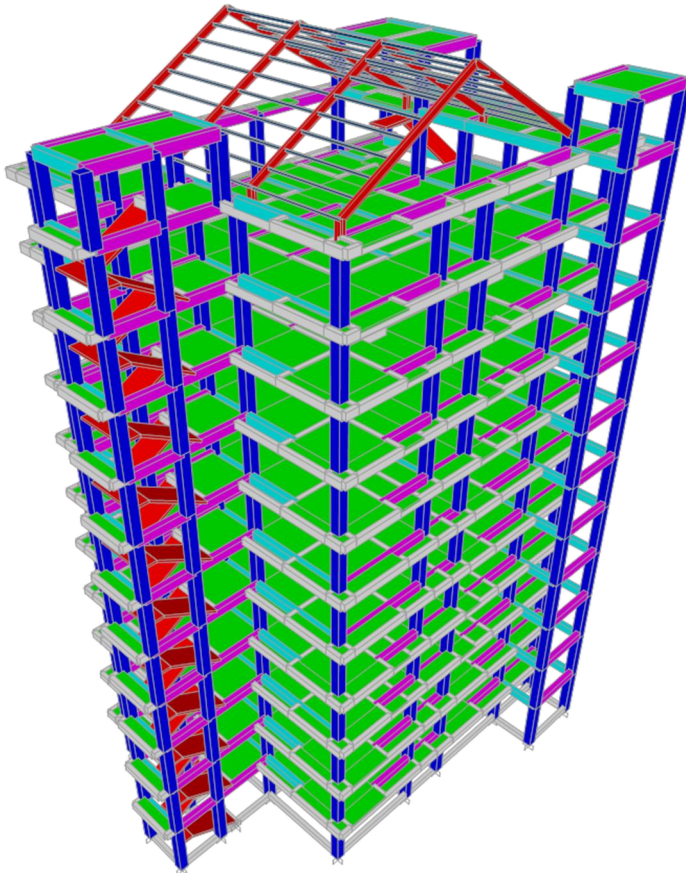
$\Omega_0 = 2,5$

Keterangan: D : Beban Mati  
 Lr : Beban Hidup Atap  
 L : Beban Hidup  
 R : Beban Hujan  
 W : Beban Angin  
 E : Beban Gempa

## BAB VI ANALISA PERMODELAN

### 6.1 Permodelan Struktur dengan SRPM

Model *undeformed shape* struktur bangunan dengan SRPM ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang merupakan permodelan yang dilakukan pada program bantu SAP 2000 v.14.



**Gambar 6. 2** Permodelan Struktur SRPMK pada SAP 2000 v.14

### 6.1.1 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source adalah massa struktur pada program bantu SAP 2000 v.14 yang digunakan pada perhitungan untuk analisa *modal* menggunakan pilihan “*mass definition: from element and additional masses and loads*” yang dimana berat sendiri akan dihitung oleh struktur sedangkan beban beban tambahan ditambahkan dengan pembesaran sesuai dengan jenis bebannya. Massa-massa beban yang dimasukkan adalah sebagian berikut:

- Beban mati tambahan (keramik + spesi, dinding, plafon, penggantung plafon, lapisan *waterproofing*, dll) : *Multiplier* 1,0.
- Beban hidup : *Multiplier* 0,3

Load	Multiplier
SPESI + KERAMI	1.
SPESI + KERAMIK	1.
DINDING	1.
PLAFON	1.
PENGG. PLAFON	1.
DUCTING MECHAN	1.
WATERPROOFING	1.
HIDUP LANTAI	0.3
HIDUP ATAP	0.3

Gambar 6. 3 Input *Mass Source* pada SAP 2000 v.14

### 6.1.2 Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa

Peninjauan gempa horizontal dibagi kedalam dua arah yaitu:

1. Gempa arah x dengan komposisi 100%  $E_x$  + 30%  $E_y$
2. Gempa arah y dengan komposisi 30%  $E_x$  + 100%  $E_y$



### 6.1.3 Pendefinisian Modal Analisis dan Ragam Analisis

Analisis modal menggunakan SAP 2000 diambil sebanyak 5 kali dari jumlah lantai yang dimodelkan, *Mode Shape* untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%. Dalam hal ini partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral kearah X dan kearah Y. Input form untuk analisa modal dapat dilihat pada Gambar 6.3.

Number of Modes

Maximum Number of Modes: 55

Minimum Number of Modes: 1

Loads Applied

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Add    Modify    Delete

**Gambar 6. 4** Input untuk Analisa Modal di SAP 2000 v.14

### 6.1.4 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum SAP 2000 untuk SRPM

Faktor skala gaya diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{I_e}{R} \cdot g \\ &= \frac{1,5}{8} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,83 \end{aligned}$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan terkena gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus yang ditinjau adalah  $0,3 \times 1,83 = 0,551$

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPONS ε	0.551
Accel	U1	RESPONS SPE	1.83
Accel	U2	RESPONS SPE	0.551

Show Advanced Load Parameters

**Gambar 6.5** Input Faktor Skala Gaya pada Arah X

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPONS ε	1.83
Accel	U1	RESPONS SPE	0.551
Accel	U2	RESPONS SPE	1.83

Show Advanced Load Parameters

**Gambar 6.6** Input Fator Skala Gaya pada Arah Y

### 6.1.5 Kontrol Periode Fundamental SRPM

Nilai  $T$  (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15 sebagai batas bawah sebesar:

$$T_a = C_t \cdot h_n$$

Dimana:  $h_n$  : Ketinggian struktur

$C_t$  : Parameter pendekatan tipe struktur

$x$  : Parameter pendekatan tipe struktur

**Tabel 6. 2** Nilai Parameter Periode Pendekatan ,  $C_t$  dan  $x$ 

<b>Tipe Struktur</b>	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>α</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>α</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>α</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>α</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>α</sup>	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK didapatkan nilai  $C_t = 0,0466$  dan  $x = 0,9$ , sehingga:

$$T_a = 0,0466 \cdot (46,2m)^{0,9} = 1,46 \text{ detik}$$

Dengan batas atas perioda fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar:

**Tabel 6. 3** Koefisien untuk Batas ATas pada Pada Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Karena nilai  $S_{D1} = 0,427 > 0,4$ , maka didapatkan nilai  $C_u = 1,4$ , sehingga:

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,46 \text{ detik} = 2,05 \text{ detik}$$

Dari permodelan pada SAP 2000 didapatkan:

**Tabel 6. 4** Modal Load Participation Ratio

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.9718
MODAL	Acceleration	UY	100	99.9673
MODAL	Acceleration	UZ	82.7176	63.2701

**Tabel 6. 5** Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk 10 Mode Pertama

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
MODAL	Mode	1	2.697473	0.37072	2.3293	5.4256
MODAL	Mode	2	2.385518	0.4192	2.6339	6.9374
MODAL	Mode	3	2.264057	0.44169	2.7752	7.7017
MODAL	Mode	4	0.873589	1.1447	7.1924	51.73
MODAL	Mode	5	0.766753	1.3042	8.1945	67.15
MODAL	Mode	6	0.766212	1.3051	8.2003	67.245
MODAL	Mode	7	0.731909	1.3663	8.5847	73.696
MODAL	Mode	8	0.505259	1.9792	12.436	154.64
MODAL	Mode	9	0.440757	2.2688	14.255	203.22
MODAL	Mode	10	0.42034	2.379	14.948	223.44

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut:

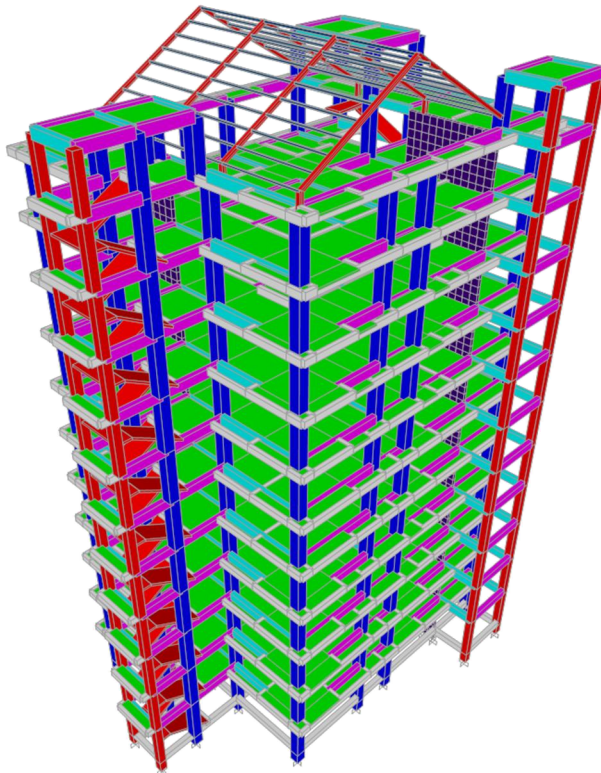
$$T_a \leq T \leq C_u \cdot T_a$$

$$1,46 \text{ detik} \leq 2,69 \text{ detik} \leq 2,05 \text{ detik}$$

Tinjauan struktur *Unracked* dan periode struktur yang dimodelkan belum masuk kisaran periode struktur yang diizinkan. Sehingga untuk mengecilkan periode struktur yang dimaksudkan harus dilakukan perkuatan dengan menambah shearwall pada struktur.

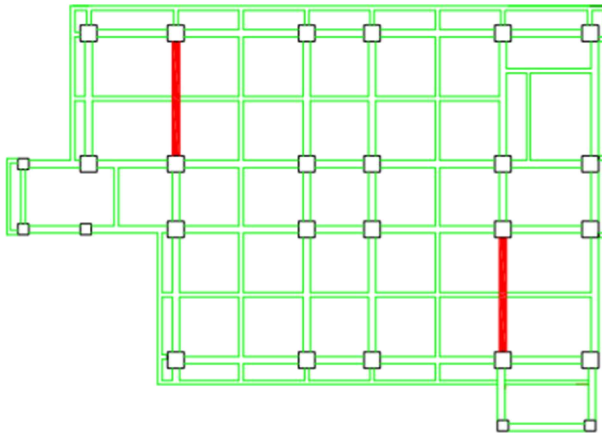
## 6.2 Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda (*Dual System*)

Model *undeformed shape* struktur bangunan dengan *Dual System* (SRPMK dan Shearwall) ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang merupakan permodelan yang dilakukan pada program bantu SAP 2000 v.14.



**Gambar 6. 7** Permodelan Struktur *Dual System* (SRPMK dan *Shearwall*) pada SAP 2000 v.14

Untuk permodelan gedung pada arah Barat-Timur yang searah dengan sumbu X menggunakan sistem penahan gaya seismik rangka beton bertulang khusus atau SRPMK, sedangkan untuk arah Utara-Selatan yang searah sumbu Y menggunakan sistem penahan gaya seismik dinding geser bertulang khusus. Hal ini dilakukan sesuai dengan contoh permodelan desain gedung FEMA 451, dimana didalam permodelan dilakukan proses perhitungan dan proses desain sistem penahan gaya seismik sistem ganda.



**Gambar 6. 8** Denah Rencana Lokasi *Shearwall*

### 6.2.1 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum untuk SAP 2000 untuk Sistem Ganda

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

- Untuk SRPM (arah x):

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{I_e}{R} \cdot g \\ &= \frac{1,5}{8} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,83 \end{aligned}$$

- Untuk *shearwall* (arah y):

$$\begin{aligned}\text{Faktor pembebanan} &= \frac{I_e}{R} \cdot g \\ &= \frac{1,5}{7} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,1\end{aligned}$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan terkena gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus yang ditinjau adalah:

- Untuk SRPM (arah x):

$$\text{Faktor pembebanan} = 30\% \cdot \text{arah y} = 30\% \cdot 2,1 = 0,63$$

- Untuk *shearwall* (arah y):

$$\text{Faktor pembebanan} = 30\% \cdot \text{arah x} = 30\% \cdot 1,83 = 0,551$$

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPONS E	0.63
Accel	U1	RESPONS SPEI	1.83
Accel	U2	RESPONS SPEI	0.63

Show Advanced Load Parameters

**Gambar 6. 9** Input Faktor Skala Gaya pada Arah X

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPONS E	2.1
Accel	U1	RESPONS SPEI	0.551
Accel	U2	RESPONS SPEI	2.1

Show Advanced Load Parameters

**Gambar 6. 10** Input Fator Skala Gaya pada Arah Y

### 6.2.2 Kontrol Periode Fundamental *Dual System*

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15 sebagai batas bawah sebesar:

$$T_a = C_t \cdot h_n$$

Dimana:  $h_n$  : Ketinggian struktur

$C_t$  : Parameter pendekatan tipe struktur

$x$  : Parameter pendekatan tipe struktur

**Tabel 6. 6** Nilai Parameter Perioda Pendekatan ,  $C_t$  dan  $x$

<b>Tipe Struktur</b>	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>α</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>α</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>α</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>α</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>α</sup>	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK didapatkan nilai  $C_t = 0,0466$  dan  $x = 0,9$ ; sehingga:

$$T_a \text{ SRPMK} = 0,0466 \cdot (46,2\text{m})^{0,9} = 1,46 \text{ detik}$$

Untuk nilai struktur *shearwall* didapatkan nilai  $C_t = 0,0488$  dan  $x = 0,75$ ; sehingga:

$$T_a \text{ SRPMK} = 0,0488 \cdot (46,2\text{m})^{0,75} = 0,86 \text{ detik}$$



Dengan batas atas perioda fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar:

**Tabel 6. 7** Koefisien untuk Batas Atas pada Pada Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Karena nilai  $S_{D1} = 0,427 > 0,4$ , maka didapatkan nilai  $C_u = 1,4$ , sehingga:

$$C_u \cdot T_a \text{ SRPMK} = 1,4 \cdot 1,46 \text{ detik} = 2,05 \text{ detik}$$

$$C_u \cdot T_a \text{ shearwall} = 1,4 \cdot 0,86 \text{ detik} = 1,21 \text{ detik}$$

Dari permodelan pada SAP 2000 didapatkan:

**Tabel 6. 8** Modal Load Participation Ratio

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.9314
MODAL	Acceleration	UY	100	99.863
MODAL	Acceleration	UZ	17.7515	15.1735

**Tabel 6. 9** Perioda Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk 5 Mode Pertama

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.584463	0.63113	3.9655	15.725
MODAL	Mode	2	1.166788	0.85705	5.385	28.999
MODAL	Mode	3	1.118539	0.89402	5.6173	31.554
MODAL	Mode	4	0.870346	1.149	7.2192	52.117
MODAL	Mode	5	0.511727	1.9542	12.278	150.76

Didapatkan dari program SAP 2000 v.14 yakni:

$$T_{SRPM} (\text{Mode 1}) = 1,58 \text{ detik}$$

$$T_{shearwall} (\text{Mode 2}) = 1,16 \text{ detik}$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur SRPM sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_a &\leq T && \leq C_u \cdot T_a \\ 1,46 \text{ detik} &\leq 1,58 \text{ detik} && \leq 2,05 \text{ detik} \end{aligned}$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur *shearwall* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_a &\leq T && \leq C_u \cdot T_a \\ 0,86 \text{ detik} &\leq 1,16 \text{ detik} && \leq 1,21 \text{ detik} \end{aligned}$$

Karena nilai periode fundamental struktur telah memenuhi persyaratan yang ada, maka sistem struktur *Dual System* dapat dipakai.

### 6.2.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respons spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1. Untuk kontrol gaya gempa dasar dinamis koefisien  $C_s$  adalah sebagai berikut:

1. Nilai  $C_s$  minimum:

$$C_s \text{ min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 \cdot 0,567 \cdot 1,5 \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,037 \geq 0,01$$

2. Nilai  $C_s$ :

• Untuk SRPM (arah x):

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,567}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,1063$$

• Untuk *shearwall* (arah y):

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,567}{\left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,1215$$

### 3. Nilai Cs max

- Untuk SRPM (arah x):

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,427}{1,62 \cdot \left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,049$$

- Untuk *shearwall* (arah y):

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,427}{1,19 \cdot \left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,076$$

Dari perhitungan nilai Cs di atas dapat direkapitulasi pada tabel dibawah ini:

**Tabel 6. 10** Rekapitulasi Nilai Cs

	Cs min	Cs	Cs max	Cs pakai
Arah X	0.037	0.1063	0.049	0.049
Arah Y	0.037	0.1215	0.076	0.076

Penentuan gaya geser dasar dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana:

Cs : Koefisien respons seismik

Wt : Total beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup

**Tabel 6. 11** Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup

OutputCase	Case Type	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combination	0.000004865	0.000004132	8788485.08

Maka berat struktur total adalah: 8.788.485,08 kg

Untuk nilai di arah X:

$$V_x = 0,049 \times 8.788.485,08 \text{ kg} = 444.986,59 \text{ kg}$$

$$0,85 V_x = 0,85 \times 444.986,59 \text{ kg} = 378.238,6 \text{ kg}$$

Untuk nilai di arah Y:

$$V_y = 0,076 \times 8.788.485,08 \text{ kg} = 667.924,87 \text{ kg}$$

$$0,85 V_y = 0,85 \times 667.924,87 \text{ kg} = 567.736,14 \text{ kg}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 v.14 didapatkan sebesar:

**Tabel 6. 12** Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14

OutputCase	Case Type	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
Ex	LinRespSpec	Max	315487.51	134747.41	2125.37
Ey	LinRespSpec	Max	95093.57	448975.41	2889.11

Untuk arah x = 315.487,51 kg < 378.238,6 kg (NO OK!)

Untuk arah y = 448.975,41 kg < 567.736,14 kg (NO OK!)

Ketentuan  $V_{baseshear} > 0,85 V$  belum memenuhi sehingga diperlukan faktor pembesaran skala gaya gempa sebagai berikut:

- Untuk arah X:

$$\text{Faktor pembesaran} = \frac{378.238,6 \text{ kg}}{315.487,51 \text{ kg}} = 1,19$$

$$\text{Untuk } U_1 = 1,83 \cdot 1,19 = 2,22$$

$$\text{Untuk } U_2 = 0,63 \cdot 1,19 = 0,77$$

- Untuk arah Y:

$$\text{Faktor pembesaran} = \frac{567.736,14 \text{ kg}}{448.975,41 \text{ kg}} = 1,26$$

$$\text{Untuk } U_1 = 0,551 \cdot 1,26 = 0,71$$

$$\text{Untuk } U_2 = 2,1 \cdot 1,26 = 2,67$$

The screenshot shows the 'Loads Applied' dialog box with the following data:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPONS S	2.22
Accel	U1	RESPONS SPE	2.22
Accel	U2	RESPONS SPEI	0.77

Buttons: Add, Modify, Delete.  Show Advanced Load Parameters

**Gambar 6. 11** Input Faktor Skala Gaya pada Arah X akibat Faktor Pembesaran

The screenshot shows the 'Loads Applied' dialog box with the following data:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPONS S	0.71
Accel	U1	RESPONS SPE	0.71
Accel	U2	RESPONS SPEI	2.67

Buttons: Add, Modify, Delete.  Show Advanced Load Parameters

**Gambar 6. 12** Input Faktor Skala Gaya pada Arah X akibat Faktor Pembesaran

Setelah pada program bantu SAP 2000 v.14 faktor pembebanan gempa diatas dimasukkan, dapat diperoleh hasil base reaction sebagai berikut:

**Tabel 6. 13** Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
Ex	LinRespSpec	Max	382722.61	164690.27	2581.41
Ey	LinRespSpec	Max	122530.85	570840.22	3675.35

Untuk arah x = 382.722,61 kg < 378.238,6 kg (OK!)

Untuk arah y = 570.840,22 kg < 567.736,14 kg (OK!)

### 6.3 Kontrol *Dual System*

Menurut SNI 03-1726-2012 bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Oleh karena itu, harus memeriksa persentase antara *base shears* yang dihasilkan oleh SRPM dan *Shearwall* dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Caranya adalah dengan menjumlah reaksi perletakan SRPM dan reaksi perletakan *Shearwall* untuk kombinasi pembebanan gempa, kemudian dibandingkan persentasenya. Persentasenya dihitung dan disajikan dalam tabel berikut ini:

**Tabel 6. 14** Besar Gaya yang Ditumpu SRPM dan Shearwall Pada Kombinasi Beban Gempa

No	Kombinasi Pembebanan Gempa	Gaya (kg)			
		Fx		Fy	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
1	1.2D+1.0Ex+1.0L	370196.3	12526.3	99122.7	65567.6
	1.2D+1.0Ex+1.0L	370640.5	12082.1	78317.1	86373.2
2	1.2D+1.0Ey+1.0L	118330.2	4200.7	318687.8	252152.4
	1.2D+1.0Ey+1.0L	118774.4	3756.4	297882.2	272958.0
3	0.9D+1.0Ex	370326.5	12396.1	95244.3	69446.0
	0.9D+1.0Ex	370510.3	12212.3	82195.4	82494.8
4	0.9D+1.0Ey	118460.4	4070.4	314809.4	256030.8
	0.9D+1.0Ey	118644.2	3886.7	301760.6	269079.6
5	1.31D+1.3Ex+1.0L	481310.6	16228.8	126536.1	87561.3
	1.31D+1.3Ex+1.0L	481777.3	15762.1	104135.6	109961.8
6	1.31D+1.3Ey+1.0L	153884.6	5405.5	411970.7	330121.6
	1.31D+1.3Ey+1.0L	154351.3	4938.8	389570.2	352522.0

**Tabel 6. 15** Persentase Struktur dalam Menahan Gaya Gempa

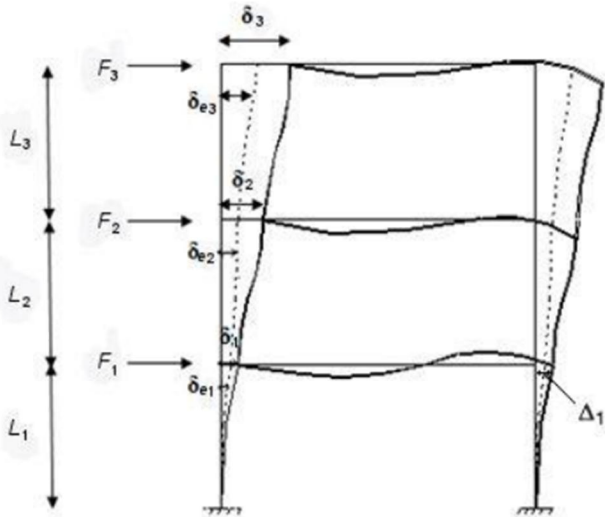
No	Kombinasi Pembebanan Gempa	Persentase Dalam Menahan Gempa			
		Fx		Fy	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
1	1.2D+1.0Ex+1.0L	96.7%	3.3%	60.2%	39.8%
	1.2D+1.0Ex+1.0L	96.8%	3.2%	47.6%	52.4%
2	1.2D+1.0Ey+1.0L	96.6%	3.4%	55.8%	44.2%
	1.2D+1.0Ey+1.0L	96.9%	3.1%	52.2%	47.8%
3	0.9D+1.0Ex	96.8%	3.2%	57.8%	42.2%
	0.9D+1.0Ex	96.8%	3.2%	49.9%	50.1%
4	0.9D+1.0Ey	96.7%	3.3%	55.1%	44.9%
	0.9D+1.0Ey	96.8%	3.2%	52.9%	47.1%
5	1.31D+1.3Ex+1.0L	96.7%	3.3%	59.1%	40.9%
	1.31D+1.3Ex+1.0L	96.8%	3.2%	48.6%	51.4%
6	1.31D+1.3Ey+1.0L	96.6%	3.4%	55.5%	44.5%
	1.31D+1.3Ey+1.0L	96.9%	3.1%	52.5%	47.5%

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM pada semua kombinasi pembebanan gempa nilainya lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur Sistem Ganda.

#### 6.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis,  $\delta_{xe}$  dari analisis struktur. Setelah itu nilai  $\delta_{xe}$  dikalikan dengan faktor pembesaran Cd/Ie. Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat di bawahnya. Nilai simpangan ini

selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut berdasarkan SNI 03-1726-2012 Gambar 5:



**Gambar 6. 13** Penentuan Simpangan Antar Lantai

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \text{ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6)}$$

Dimana:

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lantai  $x$  yang ditentukan dengan analisis elastis

$I_e$  = Faktor keutamaan = 1,5



Untuk nilai simpangan antar lantai ijin,  $\Delta_i$ , berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 16 didapatkan yakni:

**Tabel 6. 16** Simpangan Antar Lantai Ijin,  $\Delta_i$

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025h <sub>SX</sub>	0,020h <sub>SX</sub>	0,015h <sub>SX</sub>
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010h <sub>SX</sub>	0,010h <sub>SX</sub>	0,010h <sub>SX</sub>
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h <sub>SX</sub>	0,007h <sub>SX</sub>	0,007h <sub>SX</sub>
Semua struktur lainnya	0,020h <sub>SX</sub>	0,015h <sub>SX</sub>	0,010h <sub>SX</sub>

Maka didapatkan nilai  $\Delta_i = 0,010 h_{SX}$

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah X

**Tabel 6. 17** Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Lantai (m)	$\delta_{ei}$	$\delta_i$	$\delta_{ei} - \delta_i$ (mm)	$\Delta_i$	$\Delta a$ 0,01 h <sub>sx</sub> (mm)	Cek Syarat
			(dari SAP) (mm)	Cd.δ <sub>ei</sub> /I <sub>e</sub> (mm)		(δ <sub>ei</sub> -δ <sub>e(i-1)</sub> ).Cd/I <sub>e</sub> (mm)		
Atap	50.4	4.2	54.21	198.77	144.56	12.2	42	OK
11	46.2	4.2	50.87	186.52	135.65	7.2	42	OK
10	42.0	4.2	48.90	179.30	130.40	9.3	42	OK
9	37.8	4.2	46.35	169.95	123.60	12.3	42	OK
8	33.6	4.2	43.00	157.67	114.67	14.9	42	OK
7	29.4	4.2	38.93	142.74	103.81	17.3	42	OK
6	25.2	4.2	34.21	125.44	91.23	19.4	42	OK
5	21.0	4.2	28.93	106.08	77.15	21.1	42	OK
4	16.8	4.2	23.18	84.99	61.81	22.4	42	OK
3	12.6	4.2	17.07	62.59	45.52	23.1	42	OK
2	8.4	4.2	10.76	39.45	28.69	22.3	42	OK
1	4.2	4.2	4.67	17.12	12.45	17.1	42	OK

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y

**Tabel 6. 18** Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

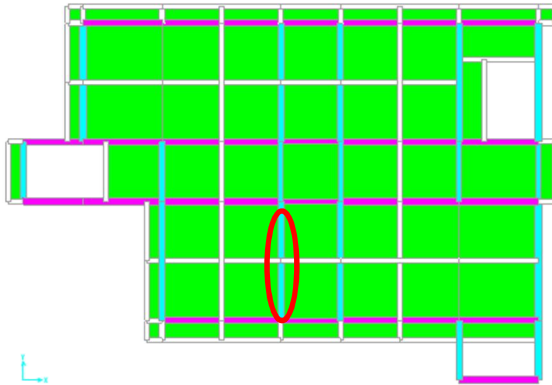
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Lantai (m)	$\delta_{ei}$	$\delta_i$	$\delta_{ei} - \delta_i$ (mm)	$\Delta_i$	$\Delta a$	Cek Syarat
			(dari SAP) (mm)	$Cd \cdot \delta_{ei} / I_e$ (mm)		$(\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}) \cdot Cd / I_e$ (mm)	0,01 hsx (mm)	
Atap	50.4	4.2	51.87	190.19	138.32	22.7	42	OK
11	46.2	4.2	45.69	167.53	121.84	13.9	42	OK
10	42.0	4.2	41.91	153.67	111.76	14.6	42	OK
9	37.8	4.2	37.93	139.08	101.15	15.8	42	OK
8	33.6	4.2	33.63	123.31	89.68	16.9	42	OK
7	29.4	4.2	29.03	106.44	77.41	17.8	42	OK
6	25.2	4.2	24.17	88.62	64.45	18.0	42	OK
5	21.0	4.2	19.27	70.66	51.39	18.5	42	OK
4	16.8	4.2	14.23	52.18	37.95	17.2	42	OK
3	12.6	4.2	9.53	34.94	25.41	22.3	42	OK
2	8.4	4.2	3.44	12.61	9.17	5.0	42	OK
1	4.2	4.2	2.08	7.63	5.55	7.6	42	OK

## 6.5 Pengecekan Gaya yang Terjadi

Pengecekan gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 diperlukan untuk memastikan permodelan yang ada sudah baik dan benar. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 dengan gaya yang terjadi dengan dihitung manual.

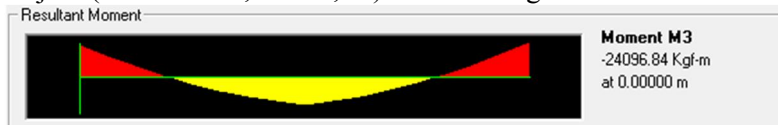
### 6.5.1 Pengecekan Gaya pada Balok

Pengecekan momen yang terjadi pada balok, dilakukan dengan mengecek pada balok lantai 11 sebagai berikut:



**Gambar 6. 14** Balok yang Ditinjau

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada balok yang ditinjau (frame 1117) dengan momen yang terjadi (kombinasi 1,2D + 1,6L) adalah sebagai berikut:

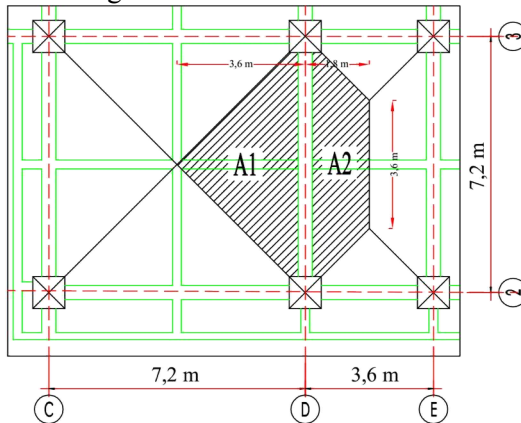


**Gambar 6. 15** Gaya Momen yang Terjadi pada Balok yang Ditinjau

Momen tumpuan = -24.096,84 kg.m

Momen lapangan = 19.979,13 kg.m

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



**Gambar 6. 16** Tributary Area pada Balok yang Ditinjau

$$A1 = \frac{7,2m \cdot 3,6m}{2} = 12,96 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{(7,2m + 3,6m) \cdot 1,8m}{2} = 9,72 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = A1 + A2 = 22,68 \text{ m}^2$$

$$\text{Bentang balok } (\ell_n) = 7,2 \text{ m}$$

a. **Beban mati** tidak terfaktor (per satuan panjang):

- Berat sendiri balok =  $(0,28 \times 0,58) \text{ m}^2 \times 2360 \text{ kg/m}^3 =$   
**383,3 kg/m**
- Berat sendiri plat =  $0,12 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 =$  **283,2 kg/m<sup>2</sup>**
- Dinding bata ringan CITICON<sup>®</sup> = **378 kg/m**
- Keramik + spesi = **110 kg/m<sup>2</sup>**
- *Ducting mechanical* = **19 kg/m<sup>2</sup>**
- Plafon = **5 kg/m<sup>2</sup>**
- Penggantung langit-langit = **10 kg/m<sup>2</sup>**

Beban mati tambahan total:

$$= (283,2 + 110 + 19 + 5 + 10) \text{ kg/m}^2 = 427,2 \text{ kg/m}^2$$

Maka beban mati total per satuan panjang adalah:

$$D = \left( \frac{427,2 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 22,68 \text{ m}^2}{7,2 \text{ m}} \right) + 383,3 \text{ kg} / \text{m} + 378 \text{ kg} / \text{m}$$

$$D = 2106,9 \text{ kg} / \text{m}$$

b. **Beban hidup** tidak terfaktor (per satuan panjang):

Beban hidup untuk lantai 11 (ruang pertemuan) = **479 kg/m<sup>2</sup>**

$$L = \left( \frac{479 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 22,68 \text{ m}^2}{7,2 \text{ m}} \right) = 1508,9 \text{ kg} / \text{m}$$

c. Kombinasi beban akibat gaya gravitasi:

$$q_u = 1,4D = 1,4 \cdot 2106,9 \text{ kg} / \text{m} = 2949,7 \text{ kg} / \text{m}$$

$$q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$q_u = 1,2 (2106,9 \text{ kg} / \text{m}) + 1,6 (4942,5 \text{ kg} / \text{m})$$

$$= 4942,5 \text{ kg} / \text{m}$$

Diambil yang terbesar yakni  $q_u = 4942,5 \text{ kg} / \text{m}$

Untuk berat sendiri balok anak =  $(3,6 \text{ m} + 1,8 \text{ m}) \times 0,3 \text{ m} \times 0,38 \text{ m}$   
 $= 6156,0 \text{ kg}$

Untuk menghitung momen yang terjadi pada balok, digunakan metode analisis berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3, dimana:

Momen negatif di muka perletakan interior:

$$M^- = \frac{q_u \cdot \ell_n^2}{11} + \frac{P}{L} = \frac{4942,5 \text{ kg} / \text{m} \cdot (7,2 \text{ m})^2}{11} + \frac{6156,0 \text{ kg}}{7,2 \text{ m}} =$$

$$= 24.147,6 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Selisih} = \frac{(24.147,6 \text{ kg} \cdot \text{m} - 24.096,84 \text{ kg} \cdot \text{m})}{24.096,84 \text{ kg} \cdot \text{m}} = 0,21\% < 10\%$$

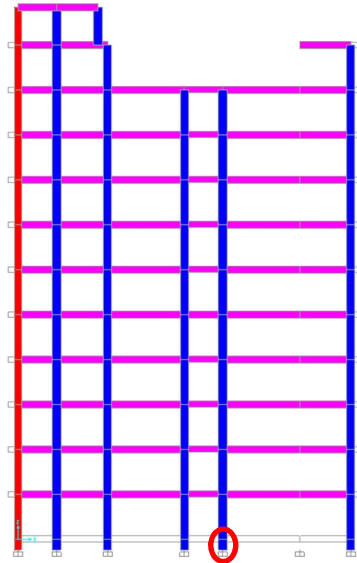
Momen positif di tengah bentang:

$$M^+ = \frac{q_u \cdot \ell_n^2}{14} = \frac{4942,5 \text{ kg} / \text{m} \cdot (7,2 \text{ m})^2}{14} = 18.301,3 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Selisih} = \frac{(19.9379,13\text{kg.m} - 18.301,3\text{kg.m})}{19.979,13\text{kg.m}} = 8,4\% < 10\%$$

Karena nilai momen yang dihitung menggunakan SAP 2000 v.14 dan momen yang dihitung manual relatif sama, maka dianggap permodelan sudah mendekati keadaan sebenarnya.

### 6.5.2 Pengecekan Gaya pada Kolom



**Gambar 6. 17** Kolom yang Ditinjau

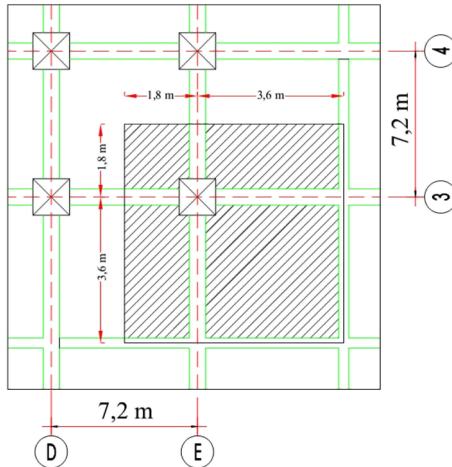
Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada titik yang ditinjau (joint 2235) dengan aksial yang terjadi (beban DEAD) adalah sebagai berikut:

	Joint Object 2235		Joint Element 2235	
	1	2	3	
Force	905.877	-777.838	240227.71	
Moment	446.267	512.681	-74.086	

**Gambar 6. 18** Gaya Aksial yang Terjadi Pada Kolom yang Ditinjau

Aksial terjadi = 240.227,71 kg

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



**Gambar 6. 19** Tributary Area pada Kolom yang Ditinjau

$$\text{Area total} = \frac{(1,8m + 3,6m) \cdot (1,8m + 3,6m)}{2} = 14,58 \text{ m}^2$$

Beban mati total yang terdapat pada *tributary area*:

$$\text{Berat dinding} = (3,6m + 3,6m) \times 378 \text{ kg/m} = 2721,6 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = (1,8m + 3,6m + 1,8m + 3,6m) \times 0,4 \text{ m} \times 0,58 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 = 5913,21 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri balok anak} = 0,5 \times (1,8m + 3,6m + 1,8m + 3,6m) \times 0,3m \times 0,38 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 = 2905,63 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri plat} = 14,58 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 = 4129,06 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri kolom} = 0,8m \times 0,8m \times 4,2 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 = 6343,68 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri kolom pendek} = 0,8 \times 0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 = 1510,4 \text{ kg}$$

Total aksial pada joint =  $10 \times (2721,6 + 5913,21 + 2905,63 + 4129,06 + 6343,68) \text{ kg} + 1510,4 \text{ kg} = 221.642,24 \text{ kg}$

Selisih =  $\frac{(240227,7\text{kg} - 221.642,24\text{kg})}{240.227,7\text{kg}} = 7,74\% < 10\% \text{ (OK!)}$

Karena gaya aksial yang dihitung menggunakan SAP 2000 v.14 dan gaya aksial yang dihitung manual relatif sama, maka dianggap permodelan sudah mendekati keadaan sebenarnya.



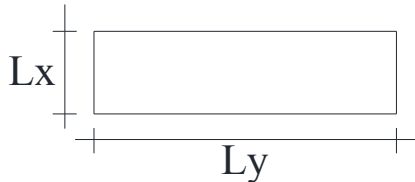
## BAB VII DESAIN STRUKTUR SEKUNDER

### 7.1 Perhitungan Struktur Plat Lantai

Struktur plat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan plat yang dikelilingi oleh balok. Plat ini digunakan pada lantai 2 hingga lantai atap.

#### 7.1.1 Analisis Struktur Plat Lantai

Untuk analisa struktur plat lantai menggunakan tabel koefisien momen, momen-momen yang terjadi mengikuti ketentuan sebagai berikut:



**Gambar 7. 1** Ketentuan Pada Analisa Plat Lantai

Dimana:  $L_x$  = bentang plat pendek

$L_y$  = bentang plat panjang

Untuk beban yang bekerja pada plat lantai adalah beban mati dan beban hidup. Besarnya beban-beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

#### 1. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri plat} = 0,12 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^2 = 283,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban keramik + spesi} = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban } ducting \text{ mechanical} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban plafon} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban penggantung langit-langit} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$qDL = (283,2 + 110 + 19 + 5 + 10) \text{ kg/m}^2 = 427,2 \text{ kg/m}^2$$

#### 2. Beban Hidup

$$\text{Untuk ruang pertemuan (lantai 11), } qL = 479 \text{ kg/m}^2$$

Untuk ruang kelas (lantai 4-10),  $qL = 192 \text{ kg/m}^2$

Untuk ruang kantor (lantai 2-3),  $qL = 240 \text{ kg/m}^2$

### 3. Beban Kombinasi

$$1,4 D = 1,4 (427,2 \text{ kg/m}^2) = 598,08 \text{ kg/m}^2$$

Untuk ruang pertemuan (lantai 11):

$$\begin{aligned} 1,2 D + 1,6 L &= 1,2 (427,2 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (479 \text{ kg/m}^2) \\ &= 1279,04 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk ruang kelas (lantai 4-10):

$$\begin{aligned} 1,2 D + 1,6 L &= 1,2 (427,2 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (192 \text{ kg/m}^2) \\ &= 819,84 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk ruang kelas (lantai 4-10):

$$\begin{aligned} 1,2 D + 1,6 L &= 1,2 (427,2 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (240 \text{ kg/m}^2) \\ &= 896,64 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk pengecekan plat lantai, dipakai beban terbesar yakni beban untuk ruang pertemuan (lantai 11) =  $1279,04 \text{ kg/m}^2$

Untuk momen yang terjadi dihitung menggunakan koefisien momen PBI dengan rumus  $M = 0,001 \cdot qL \cdot Lx^2 \cdot X$  adalah sebagai berikut:

#### 1. Plat Ukuran 4,8m x 3,6m

$$Ly = 4,8 \text{ m}$$

$$Lx = 3,6 \text{ m}$$

$$\beta_1 = \frac{4,8m}{3,6m} = 1,33 < 2 \text{ (plat dua arah)}$$

Koefisien momen untuk nilai  $\beta_1$  adalah:

$$X1 = 31; \quad X2 = 69$$

$$X3 = 19; \quad X4 = 57$$

Maka untuk momen yang terjadi:

$$Mlx = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 31 = 513,87 \text{ kg.m}$$

$$Mly = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 69 = 314,95 \text{ kg.m}$$

$$Mtx = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 19 = 1143,77 \text{ kg.m}$$

$$Mty = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 57 = 944,85 \text{ kg.m}$$

## 2. Plat Ukuran 3,6m x 3,6m

$$L_y = 3,6 \text{ m}$$

$$L_x = 3,6 \text{ m}$$

$$\beta_1 = \frac{3,6m}{3,6m} = 1 < 2 \text{ (plat dua arah)}$$

Koefisien momen untuk nilai  $\beta_1$  adalah:

$$X_1 = 21; \quad X_2 = 21$$

$$X_3 = 52; \quad X_4 = 52$$

Maka untuk momen yang terjadi:

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 21 = 348,1 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 21 = 348,1 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 52 = 861,97 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 52 = 861,97 \text{ kg.m}$$

## 3. Plat Ukuran 4,8m x 2,2m

$$L_y = 4,8 \text{ m}$$

$$L_x = 2,2 \text{ m}$$

$$\beta_1 = \frac{4,8m}{2,2m} = 2,18 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Koefisien momen untuk nilai  $\beta_1$  adalah:

$$X_1 = 41; \quad X_2 = 83$$

Maka untuk momen yang terjadi:

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 41 = 679,63 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 83 = 1375,84 \text{ kg.m}$$

## 4. Plat Ukuran 5m x 1,4m

$$L_y = 5 \text{ m}$$

$$L_x = 1,4 \text{ m}$$

$$\beta_1 = \frac{5m}{1,4m} = 3,57 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Koefisien momen untuk nilai  $\beta_1$  adalah:

$$X_1 = 42; \quad X_2 = 83$$

Maka untuk momen yang terjadi:

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 41 = 696,213 \text{ kg.m}$$

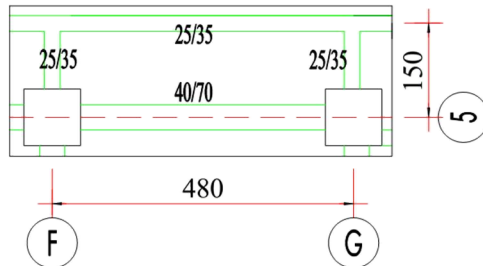
$$M_{tx} = 0,001 \cdot 1279,04 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6m \cdot 83 = 1375,84 \text{ kg.m}$$

**Tabel 7. 1** Perbandingan Momen yang Terjadi Dihitung Menggunakan SAP 2000 v.14 dan Tabel Koefisien Momen

Tipe Plat	Momen yang terjadi (kg.m)							
	SAP 2000 v.14				Koefisien Momen PBI 1971			
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan		Lapangan	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Plat Lt 11 Ruang Pertemuan ( $qL = 479 \text{ kg/m}^2$ )								
Plat A (4,8m x 3,6m)	-1249.61	-1180.47	607.33	495.54	1143.77	944.85	513.87	314.95
Plat B (3,6m x 3,6m)	-1272.90	-1289.74	584.45	584.30	861.97	861.97	348.10	348.10
Plat C (4,8m x 1,5m)	-931.68	(plat satu arah)	357.61	(plat satu arah)	513.82	(plat satu arah)	679.63	(plat satu arah)
Plat Lt. 4-10 Ruang Kelas ( $qL = 192 \text{ kg/m}^2$ )								
Plat D (4,8m x 3,6m)	-1006.21	-803.28	534.56	363.53	733.13	605.63	329.38	201.88
Plat E (3,6m x 3,6m)	-1024.36	-879.09	390.37	387.56	552.51	552.51	223.13	223.13
Plat F (4,8m x 2,2m)	-680.71	(plat satu arah)	278.42	(plat satu arah)	329.35	(plat satu arah)	435.63	(plat satu arah)
Plat Lt. 2-3 Ruang Kantor ( $qL = 240 \text{ kg/m}^2$ )								
Plat G (4,8m x 3,6m)	-1013.04	-842.53	532.35	362.07	801.81	662.37	360.23	220.79
Plat H (3,6m x 3,6m)	-1107.02	-945.99	422.07	420.62	604.26	604.26	244.03	244.03
Plat I (4,8m x 2,2m)	-722.73	(plat satu arah)	278.55	(plat satu arah)	964.50	(plat satu arah)	476.44	(plat satu arah)

Dapat dilihat bahwa hasil momen yang terjadi hasil perhitungan menggunakan SAP 2000 v.14 relatif lebih besar dibandingkan momen yang dihitung menggunakan tabel koefisien momen PBI 1971, sehingga untuk perhitungan penulangan plat akan menggunakan momen hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

### 7.1.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Satu Arah



**Gambar 7. 2** Plat Satu Arah (Plat C)

$$L_y = 4800 \text{ mm}$$

$$L_x = 1500 \text{ mm}$$

$$L_n = 4800 \text{ mm} - \frac{250 \text{ mm}}{2} - \frac{250 \text{ mm}}{2} = 4550 \text{ mm}$$

$$S_n = 3600 \text{ mm} - \frac{250 \text{ mm}}{2} - \frac{400 \text{ mm}}{2} = 1175 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{4550 \text{ mm}}{1175 \text{ mm}} = 3.87 < 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Momen yang terjadi pada plat adalah sebagai berikut:

$$M_{lx} = 357,61 \text{ kg.m} = 3,57 \text{ kN.m}$$

$$M_{tx} = 931,68 \text{ kg.m} = 9,31 \text{ kN.m}$$

Untuk contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada daerah lapangan arah x ( $M_{lx}$ ):

Untuk  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d_x = t_{plat} - t_{selimut} - \frac{D}{2}$$

$$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2} = 94 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$p_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

$$M_lx = 3,58 \text{ kN.m} = 3.576.100 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{3.576.100 \text{ N.mm}}{0,8} = 4.470.125 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4.470.125 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^2} = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,5 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,0013$$

Karena  $p > p_{\min}$ , maka dipakai  $p = 0,0013$

Sehingga:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 188,0 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai D10-200  $\rightarrow A_s$  pakai = 392,7 mm<sup>2</sup>

- Kontrol jarak tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$200\text{mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 200\text{mm} < 2 \cdot 120\text{mm}$$

$$200\text{mm} < 240\text{mm}(\text{OK!})$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak  
Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 240\text{Mpa} = 160\text{Mpa}$$

Dengan  $c_c$  merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $c_c = 20 \text{ mm}$

$$\text{Sehingga: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{160} \right) - 2,5 \cdot 20 = 475\text{mm}$$

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{160} \right) = 525\text{mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai =  $200 \text{ mm} < 475 \text{ mm}$  (OK!)

- Kontrol ketebalan plat terhadap geser  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.3.3, nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{wu \cdot \ell_n}{2} = \frac{12,79\text{kN} / \text{m}^2 \cdot 4,55\text{m}}{2} = 29,10 \text{ kN}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana:  $\lambda = 1$  untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 1000\text{mm} \cdot 94\text{mm} = 94.538,95\text{N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 94.538,95 \text{ kN} = 70.904,22 \text{ N} = 70,90 \text{ kN}$$

$$29,10 \text{ kN} < 70,90 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \text{ (OK!)}$$

- Perhitungan kebutuhan tulangan bagi

Untuk perhitungan tulangan bagi, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1, adalah:  $\rho = 0,002$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} = 188 \text{ mm}^2$$

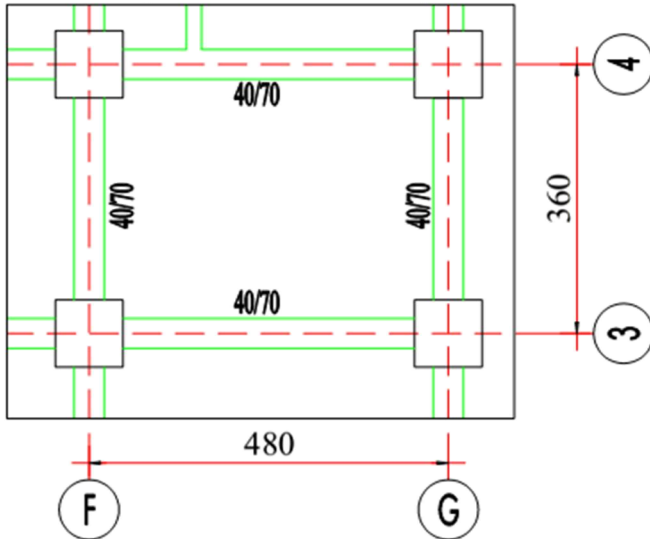
Maka dipakai Ø8-200 dengan  $A_s = 251,32 \text{ mm}^2$

**Tabel 7. 2** Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat C

	Arah Lx	
	Lapangan	Tumpuan
Tebal plat (mm)	120	120
Mu (kN.m)	3.58	9.32
d (mm)	94	94
$p$ min	0.0020	0.0020
$p$	0.0013	0.0034
$p$ pakai	0.0020	0.0034
$A_s$ min ( $\text{mm}^2$ )	188.00	316.92
$A_s$ pakai ( $\text{mm}^2$ )	392.70	392.70
Tulangan dipakai	D10-200	D10-200
Cek jarak tul. ( $<240$ mm)	OK!	OK!
Cek retak ( $<475$ mm)	OK!	OK!
$V_u$ (kN)	29.10	
$\phi V_c$	70.90	
Cek Geser	OK!	



### 7.1.3 7Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Dua Arah



**Gambar 7.3** Plat Dua Arah (Plat A)

$$L_y = 4800 \text{ mm}$$

$$L_x = 3600 \text{ mm}$$

$$L_n = 4800 \text{ mm} - \frac{350 \text{ mm}}{2} - \frac{350 \text{ mm}}{2} = 4450 \text{ mm}$$

$$S_n = 3600 \text{ mm} - \frac{350 \text{ mm}}{2} - \frac{350 \text{ mm}}{2} = 3250 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{4450 \text{ mm}}{3250 \text{ mm}} = 1,369 < 2 \text{ (plat dua arah)}$$

Momen yang terjadi pada plat adalah sebagai berikut:

$$M_{lx} = 607,33 \text{ kg.m} = 6,07 \text{ kN.m}$$

$$M_{tx} = 1249,61 \text{ kg.m} = 12,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{ly} = 495,54 \text{ kg.m} = 4,95 \text{ kN.m}$$

$$M_{ty} = 1180,47 \text{ kg.m} = 11,8 \text{ kN.m}$$

Untuk contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada daerah lapangan arah x (Mlx):

Untuk  $f_c' = 35\text{Mpa}$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$dx = t_{plat} - t_{selimut} - \frac{D}{2}$$

$$dx = 120\text{mm} - 20\text{mm} - \frac{12\text{mm}}{2} = 94\text{mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,44$$

$$p_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

$$Mlx = 6,07 \text{ kN.m} = 6.073.300 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{6.073.300 \text{ N.mm}}{0,8} = 7.591.625 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{7.591.625 \text{ N.mm}}{1000\text{mm} \cdot (94\text{mm})^2} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,85 \text{ N/mm}^2}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,0022$$

Karena  $p > p_{\min}$ , maka dipakai  $p = 0,0022$

Sehingga:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \cdot b \cdot d = 0,0022 \cdot 1000\text{mm} \cdot 94\text{mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 204,91 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai D10-150  $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 523,6 \text{ mm}^2$

- Kontrol jarak tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$150\text{mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 150\text{mm} < 2 \cdot 120\text{mm}$$

$$150\text{mm} < 240\text{mm} (\text{OK!})$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 240\text{Mpa} = 160\text{Mpa}$$

Dengan  $c_c$  merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $c_c = 20 \text{ mm}$

$$\text{Sehingga: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{160} \right) - 2,5 \cdot 20 = 475\text{mm}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \cdot \left( \frac{280}{160} \right) = 525\text{mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai =  $150 \text{ mm} < 475 \text{ mm} (\text{OK!})$

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak  $d/2$  dari muka kolom  
 $d = 94 \text{ mm}$

Apabila lebar kolom = 800 mm, maka:

$$b_o = 4 \times (800 \text{ mm} + 94 \text{ mm}) = 3576 \text{ mm}$$

$$V_u = \left( \ell_y \cdot \ell_x - (b_{\text{kolom}} + d)^2 \right) \cdot q_u$$

$$V_u = \left( 4,8\text{m} \cdot 3,6\text{m} - (0,8\text{m} + 0,094\text{m})^2 \right) \cdot 12,79\text{kN} / \text{m}^2$$

$$V_u = 210,8 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \left( 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot \left( 0,33 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \right) \cdot 3576\text{mm} \cdot 94\text{mm}$$

$$\phi \cdot V_c = 492.192 \text{ N} = 492,19 \text{ kN} > 210,8 \text{ kN}$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak  $d$  dari muka kolom

$$x = \frac{4800\text{mm}}{2} - \frac{800\text{mm}}{2} - 94\text{mm} = 1906 \text{ mm} = 1,9 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,9 \text{ m} = 24,38 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \left( 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \right) \cdot b \cdot d$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot \left( 0,17 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \right) \cdot 1000\text{mm} \cdot 94\text{mm}$$

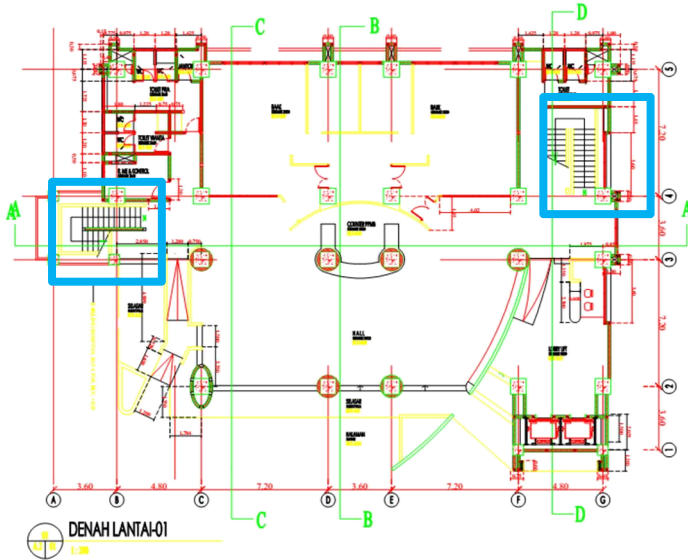
$$\phi \cdot V_c = 70.904 \text{ N} = 70,9 \text{ kN} > 24,38 \text{ kN}$$

**Tabel 7.3** Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat A

	Arah Lx		Arah Ly	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Tebal plat (mm)	120	120	120	120
Mu (kN.m)	6.07	12.50	4.96	11.80
d (mm)	94	94	82	82
$p$ min	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
$p$	0.0022	0.0046	0.0023	0.0057
$p$ pakai	0.0022	0.0046	0.0023	0.0057
As min (mm <sup>2</sup> )	204.91	428.56	191.87	467.82
As pakai (mm <sup>2</sup> )	523.60	523.60	523.60	523.60
Tulangan dipakai	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
Cek jarak tul. (<240 mm)	OK!	OK!	OK!	OK!
Cek retak (<475mm)	OK!	OK!	OK!	OK!
Vu (2 arah) (kN)	210.80			
$\phi Vc$ (2 arah) (kN)	492.19			
Vu (1 arah) (kN)	24.38			
$\phi Vc$ (1 arah) (kN)	70.90			
Cek Geser	OK!			

## 7.2 Desain Struktur Tangga

Struktur tangga yang didesain meliputi plat tangga, balok tangga, plat bordes serta balok bordes. Sebagai contoh perhitungan ditinjau tangga yang menghubungkan lantai dasar dengan lantai 2. Denah untuk penempatan tangga yang ditinjau dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 7. 4** Denah Penempatan Tangga pada Lantai Dasar

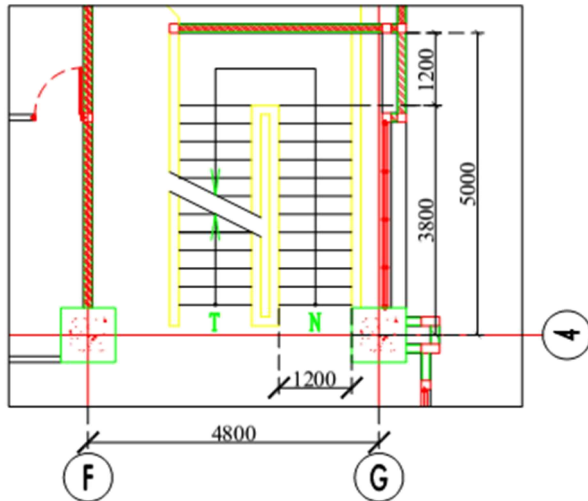
### 7.3.1 Desain Struktur Plat Tangga dan Plat Bordes

Spesifikasi teknik untuk plat tangga dan plat bordes yang didesain adalah sebagai berikut:

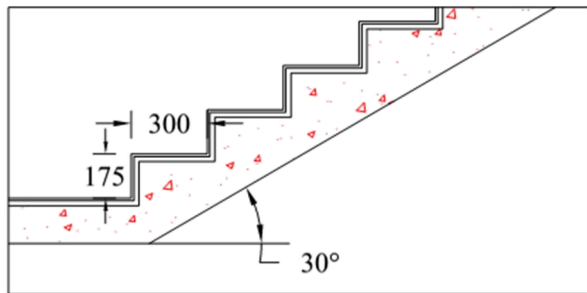
$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Tulangan menggunakan D13



**Gambar 7.5** Denah Tangga



**Gambar 7.6** Dimensi Injakan dan Tanjakan Anak Tangga

Tebal plat tangga = 150 mm

Tebal plat bordes = 150 mm

Tebal efektif plat tangga:

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 1 &= 0,5 \times i \times t = 0,5 \times 300 \text{ mm} \times 175 \text{ mm} \\ &= 26.250 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 \times (i^2 + t^2)^{0,5} \times d \\ &= 0,5 \times ((300\text{mm})^2 + (175\text{mm})^2)^{0,5} \times d \end{aligned}$$

$$= 173,65 \text{ mm} \cdot d$$

Persamaan Luas  $\Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$

$$26.250 \text{ mm}^2 = 173,65 \text{ mm} \cdot d$$

$$d = 151,16 \text{ mm}$$

$$0,5 d = 75,58 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal efektif plat tangga} &= 150 \text{ mm} + 75,58 \text{ mm} \\ &= 225,58 \text{ mm} \sim 230 \text{ mm} \\ &= 23 \text{ cm} \end{aligned}$$

### 7.3.1.1 Pembebanan Tangga

Plat tangga dan plat bordes menerima kombinasi beban ultimate dari beban mati dan beban hidup.

#### 1. *Beban mati (DL)*

$$\text{Beban keramik + spesi} = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DL} = 110 \text{ kg/m}^2$$

#### 2. *Beban hidup (LL)*

$$\text{Beban hidup tangga / bordes} = 204,3 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{LL} = 204,3 \text{ kg/m}^2$$

#### 3. *Beban ultimate*

$$q_U = 1,4 q_{DL}$$

$$= 1,4 \cdot 110 \text{ kg/m}^2 = 154 \text{ kg/m}^2$$

$$q_U = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$$

$$= 1,2 \cdot 110 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \cdot 204,3 \text{ kg/m}^2 = 458,76 \text{ kg/m}^2$$

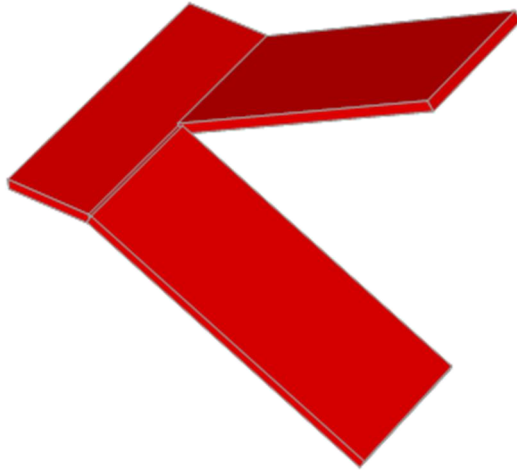
Sehingga dipakai  $q_U$  paling besar yakni:

$$q_U = 458,76 \text{ kg/m}^2$$

### 7.3.1.2 Permodelan Tangga

Untuk plat tangga dan plat bordes dimodelkan sebagai berikut menggunakan program bantu SAP 2000 v.14:

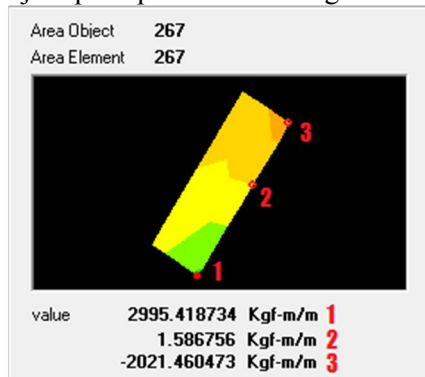




**Gambar 7. 7** Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14

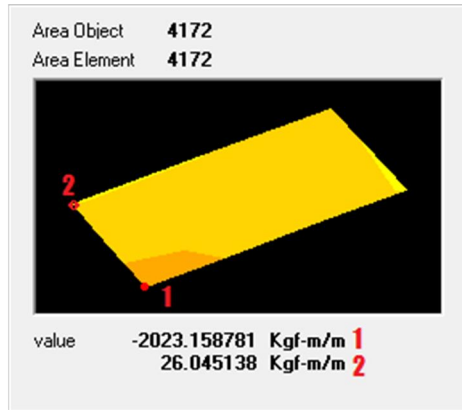
### 7.3.1.3 Analisis Struktur Plat Tangga dan Plat Bordes

Untuk momen yang terjadi pada plat tangga dan plat bordes menggunakan program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan momen yang terjadi pada plat adalah sebagai berikut:



**Gambar 7. 8** Momen yang Terjadi pada Plat Tangga

- Momen pada tangga maksimum (Area 267) = 2995,41 kg.m



**Gambar 7.9** Momen yang Terjadi pada Plat Bordes

Momen pada bordes maksimum (Area 4172) = 2023,15 kg.m

#### 7.3.1.4 Perhitungan Tulangan Plat Tangga

$$L_y = L_n = \frac{3800 \text{ mm}}{\cos 30^\circ} = 4341,7 \text{ mm}$$

$$L_x = S_n = 1200 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{4341,7 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} = 3,6 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

$$d = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm}/2 = 123,5 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan perhitungan seperti pada perhitungan kebutuhan tulangan pada plat tipe A pada program bantu Microsoft Excel, didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

**Tabel 7. 4** Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Tangga

	Plat Tangga
Tebal plat (mm)	150
Mu (kN.m)	29.95
d (mm)	123.5
$\rho$ min	0.0035
$\rho$	0.0064
$\rho$ pakai	0.0064
As min (mm <sup>2</sup> )	792.10
As pakai (mm <sup>2</sup> )	884.88
Tulangan dipakai	D13-150
Cek jarak tul. (<240 mm)	OK!
Cek retak (<265mm)	OK!
Vu (kN)	9.96
$\phi$ Vc	93.16
Cek Geser	OK!

Untuk perhitungan tulangan bagi, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1, adalah:  $\rho = 0,002$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} = 247 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai  $\emptyset 10$ -200 dengan  $As = 392,7 \text{ mm}^2$

### 7.3.1.5 Perhitungan Tulangan Plat Bordes

$$Ly = Ln = 3600 \text{ mm}$$

$$Lx = Sn = 1200 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{3600 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} = 3 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Dengan menggunakan perhitungan seperti pada perhitungan kebutuhan tulangan pada plat tipe A pada program bantu Microsoft Excel, didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

**Tabel 7. 5** Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Bordes

	Plat Bordes
Tebal plat (mm)	150
Mu (kN.m)	20.23
d (mm)	123.5
$\rho$ min	0.0035
$\rho$	0.0043
$\rho$ pakai	0.0043
As min (mm <sup>2</sup> )	527.05
As pakai (mm <sup>2</sup> )	663.66
Tulangan dipakai	D13-200
Cek jarak tul. (<240 mm)	OK!
Cek retak (<265mm)	OK!
Vu (kN)	8.26
$\phi$ Vc	93.16
Cek Geser	OK!

Untuk perhitungan tulangan bagi, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1, adalah:  $\rho = 0,002$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} = 247 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai  $\emptyset 10$ -200 dengan  $As = 392,7 \text{ mm}^2$

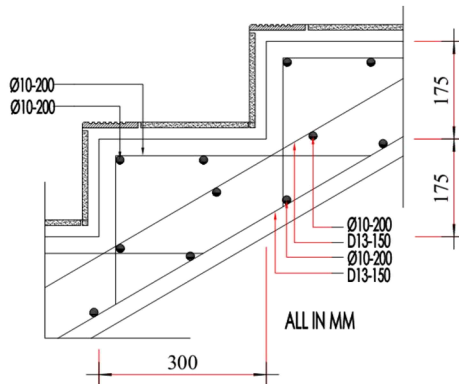
Menghitung panjang penyaluran tulangan dari balok ke plat tangga berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2:

Diketahui:  $d_b = 13 \text{ mm}$ ;  $\psi_s = 1,0$ ;  $\psi_t = 1,0$  ;  $\lambda = 1,0$ ;  $\psi_e = 1,0$

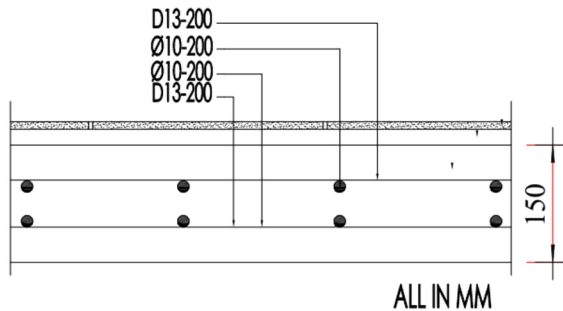
$$\ell d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left( \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 13 \text{ mm} = 517,04 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $\ell d = 600 \text{ mm}$



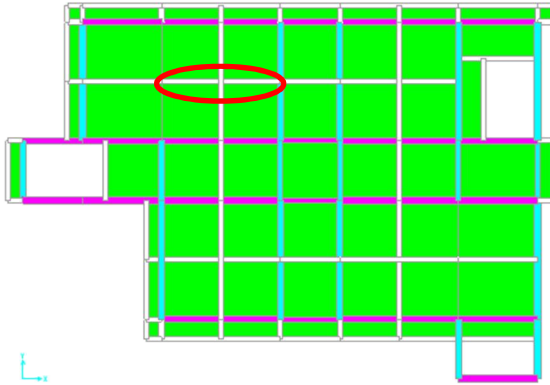
**Gambar 7. 10** Detail Penulangan Tangga



**Gambar 7. 11** Detail Penulangan Bordes

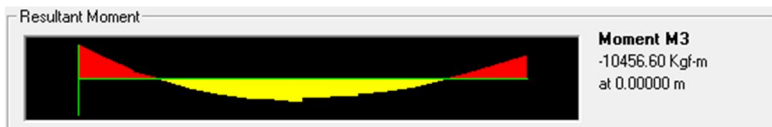
### 7.3 Desain Balok Anak

Untuk balok anak yang ditinjau, diambil balok anak yang mengalami gaya terbesar (Frame 1168) yakni sebagai berikut:



**Gambar 7. 12** Balok Anak yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



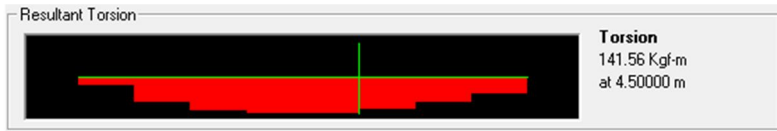
**Gambar 7. 13** Momen yang Terjadi pada Balok Anak

- Mu tumpuan maksimum = 10.456,6 kg.m = 104,57 kN
- Mu lapangan maksimum = 5459,72 kg.m = 54,6 kN



**Gambar 7. 14** Geser yang Terjadi pada Balok Anak

- Vu maksimum = 8947,95kg = 89,48 kN



**Gambar 7. 15** Torsi yang Terjadi pada Balok Anak

- Tu maksimum = 141,56 kg.m = 1,41 kN

1. Data Perencanaan

Jika direncanakan balok anak sebagai berikut:

$$L = 7200 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

Tulangan lentur = D19

Tulangan geser =  $\emptyset 10$

2. Perhitungan Tulangan **Tumpuan**

Syarat Menghitung kebutuhan tulangan

Untuk  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{se\text{ limut}} - \text{senggang} - \frac{D.lentur}{2}$$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2} = 440,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$p \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

$$M_u = 104,56 \text{ kN.m} = 104.566.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{104.566.000 \text{ N.mm}}{0,8} = 130.707.500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{130.707.500 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (440,5 \text{ mm})^2} = 2,24 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 2,24 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,0058$$

Karena  $p > p_{\min}$ , maka dipakai  $p_{\min} = 0,0058$

Sehingga:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \cdot b \cdot d = 0,0058 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 772,14 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 3-D19  $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 1472,6 \text{ mm}^2$

### 3. Perhitungan Tulangan **Lapangan**

Syarat Menghitung kebutuhan tulangan

Untuk  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$



$$d = h - t_{se\ limut} - sengkang - \frac{D_{lentur}}{2}$$

$$d = 500mm - 40mm - 10mm - \frac{19mm}{2} = 440,5mm$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa} = 13,44$$

$$p_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400Mpa} = 0,0035$$

$$p_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35Mpa}{400Mpa} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{max} = 0,0268$$

$$M_u = 54,59 \text{ kN.m} = 54.597.200 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{54.597.200 \text{ N.mm}}{0,8} = 68.246.500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{68.246.500 \text{ N.mm}}{300mm \cdot (440,5mm)^2} = 1,17 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,17 \text{ N/mm}^2}{400Mpa}} \right)$$

$$p = 0,0030$$

Karena  $p < p_{min}$ , maka dipakai  $p = 0,0035$

Sehingga:

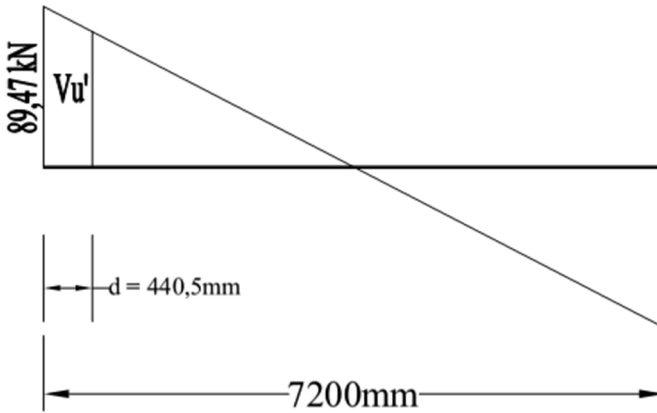
$$A_{s_{perlu}} = p \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 300mm \cdot 440,5mm$$

$$A_{s_{perlu}} = 462,53 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2-D19  $\rightarrow$  As pakai = 567,06 mm<sup>2</sup>

#### 4. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu sejarak d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



**Gambar 7. 16** Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$Vu' = \frac{Vu}{7200 \text{ mm}} \cdot \left( \frac{7200 \text{ mm}}{2} - d \right)$$

$$Vu' = \frac{89,47 \text{ kN}}{3600 \text{ mm}} \cdot (3600 \text{ mm} - 440,5 \text{ mm}) = 78,53 \text{ kN}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$

Dimana:  $\lambda = 1$  untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm} = 132.907,69 \text{ N}$$

$$\phi \cdot Vc = 0,75 \cdot 132.907,69 \text{ kN} = 99.680,77 \text{ N} = 99,68 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot Vc = 0,5 \cdot 99,68 \text{ kN} = 49,84 \text{ kN}$$

Karena:  $0,5 \cdot \phi \cdot Vc < Vu' < \phi \cdot Vc$  maka termasuk kondisi 2 → hanya perlu tulangan geser minimum

$$Vs \text{ min} = \frac{b \cdot d}{3} = \frac{300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}}{3} = 44.050 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki  $\emptyset 10$

$$Av = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,07 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{157,07 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 440,5 \text{ mm}}{44.050 \text{ N}}$$

$$s = 376,99 \text{ mm}^2$$

Diambil  $s = 150 \text{ mm}^2$

Maka dipakai sengkang  $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

## 5. Perhitungan Tulangan **Torsi**

a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left( \frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2} \right)^2} \leq \phi \cdot \left( \frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi:

Torsi maksimum terjadi:

$$Tu = 141,56 \text{ kg.m} = 1.415.600 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi:

$$Vu = 78,53 \text{ kN} = 78.530,68 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} b_h &= b - 2 \cdot t - d \cdot \text{sengkang} \\ &= 300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 210 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_h &= h - 2 \cdot t - d \cdot \text{sengkang} \\ &= 500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 410 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210\text{mm} + 410\text{mm}) = 1240 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \cdot h_h = 210 \text{ mm} \times 410 \text{ mm} = 86.100 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 300\text{mm} \cdot 440,5\text{mm}$$

$$V_c = 130.301,66 \text{ N}$$

Maka:

$$\sqrt{\left(\frac{78.530,68\text{N}}{300\text{mm} \cdot 440,5\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{1.415.600\text{N}\cdot\text{mm} \cdot 1240\text{mm}}{1,7 \cdot (86.100\text{mm}^2)^2}\right)^2}$$

$$= 0,61 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \cdot \left(\frac{130.301,66\text{N}}{300\text{mm} \cdot 440,5\text{mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}\right) = 3,66 \text{ Mpa}$$

Karena nilai  $0,61 \text{ Mpa} \leq 3,66 \text{ Mpa}$  maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Dimana:

$$A_{cp} = \text{Luas penampang keseluruhan}$$

- $P_{cp}$  = Keliling penampang keseluruhan  
 $\lambda$  = 1 (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)  
 $\phi$  = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \cdot h = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 150.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (300 \text{ mm} + 500 \text{ mm}) = 1600 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai  $Tu_{\min}$ :

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{(150.000 \text{ mm}^2)^2}{1600 \text{ mm}} \right)$$

$$= 5.178.880,8 \text{ N.mm}$$

$Tu = 1.415.600 \text{ N.mm} \leq Tu_{\min} = 5.178.880,8 \text{ N.mm}$ , maka cukup dipasang tul. minimum yakni **2D19** pada daerah badan.

## 6. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

### a. Panjang penyaluran tulangan tarik:

- Tulangan diteruskan sejauh  $d$ ,  $12d_b$ , atau  $\ell n/16$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3 dan 12.10.4):
  - $d = 440,5 \text{ mm}$
  - $12d_b = 12 \times 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$
  - $\ell n/16 = 6400 \text{ mm} / 16 = 400 \text{ mm}$

Diambil nilai terbesar yakni  $440,5 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$

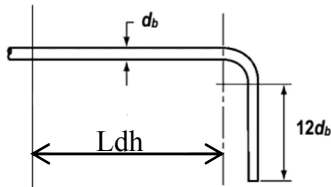
- Mencari nilai  $\ell d$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):  
 Diketahui nilai:  
 $d_b = 19 \text{ mm}$ ;  $\psi_s = 1,0$ ;  $\psi_t = 1,0$ ;  $\lambda = 1,0$ ;  $\psi_e = 1,0$

$$\ell d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_i \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left( \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm} = 755,6 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $\ell d = 800 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan berkait:

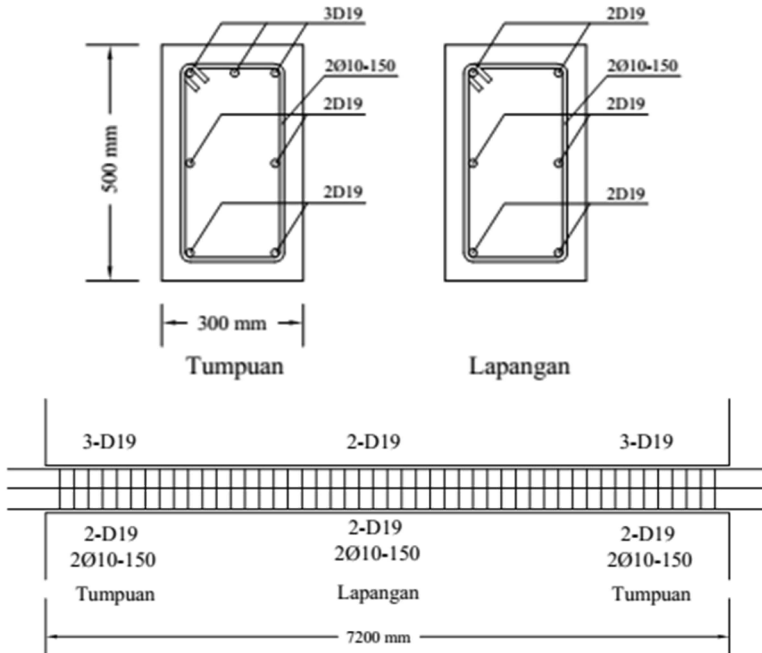


**Gambar 8. 1** Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

$$\ell dh = \left( \frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

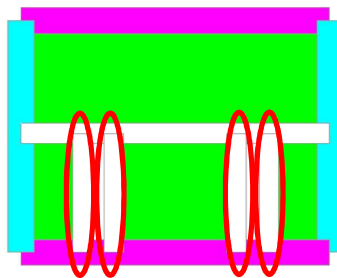
$$\ell dh = \left( \frac{0,24 \cdot 1,0 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm} = 308,31 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Panjang kait =  $12 \cdot d_b = 12 \cdot 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$



**Gambar 7. 17** Penulangan Balok Anak

#### 7.4 Desain Balok Penggantung Lift



**Gambar 7. 18** Balok Penggantung Lift yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



**Gambar 7. 19** Momen yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift

- Mu tumpuan = 2757,51 kg.m = 27,58 kN.m
- Mu lapangan = 1142,32 kg.m = 11,42 kN.m



**Gambar 7. 20** Geser yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift

- $V_u = 5621,89 \text{ kg} = 56,22 \text{ kN}$



**Gambar 7. 21** Torsi yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift

- $T_u = 548,26 \text{ kg} = 5,48 \text{ kN}$

#### 1. Data Perencanaan

Jika direncanakan balok penggantung lift sebagai berikut:

$$L = 1850 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lentur} = \text{D19}$$



Tulangan geser =  $\emptyset 10$

## 2. Perhitungan Tulangan **Tumpuan**

Syarat Menghitung kebutuhan tulangan

Untuk  $f_c' = 35\text{Mpa}$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{se\ limut} - sengkang - \frac{D_{lentur}}{2}$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} = 440,5\text{mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,44$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400\text{Mpa}} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

$$M_u = 27,57 \text{ kN.m} = 27.575.100 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{27.575.100 \text{ N.mm}}{0,8} = 34.468.875 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{34.468.875 \text{ N.mm}}{300\text{mm} \cdot (440,5\text{mm})^2} = 0,59 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,59 N / mm^2}{400 Mpa}} \right)$$

$$p = 0,0015$$

Karena  $p < p_{\min}$ , maka dipakai  $p_{\min} = 0,0035$

Sehingga:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \cdot b \cdot d = 0,015 \cdot 300mm \cdot 440,5mm$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 462,53 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 3-D19  $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 850,59 \text{ mm}^2$

### 3. Perhitungan Tulangan Lapangan

Syarat Menghitung kebutuhan tulangan

Untuk  $f_c' = 35Mpa$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{sengkang} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2}$$

$$d = 500mm - 40mm - 10mm - \frac{19mm}{2} = 440,5mm$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa} = 13,44$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400Mpa} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35Mpa}{400Mpa} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

$$M_u = 11,42 \text{ kN.m} = 11.423.200 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{11.423.200 \text{ N.mm}}{0,8} = 14.279.000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{14.279.000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (440,5 \text{ mm})^2} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,24 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,0006$$

Karena  $p < p_{\min}$ , maka dipakai  $p = 0,0035$

Sehingga:

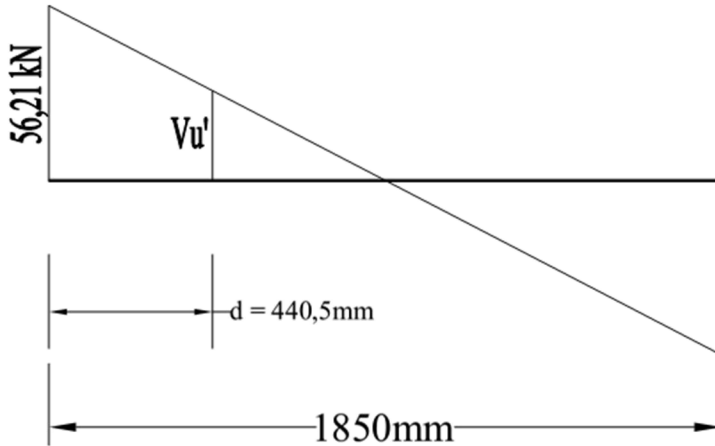
$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 462,53 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2-D19  $\rightarrow A_s$  pakai = 567,06 mm<sup>2</sup>

#### 4. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu sejarak d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



**Gambar 7. 22** Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift

$$Vu' = \frac{Vu}{1850mm} \cdot \left( \frac{1850mm}{2} - d \right)$$

$$Vu' = \frac{56,21kN}{925mm} \cdot (925mm - 438,5mm) = 29,44 \text{ kN}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$

Dimana:  $\lambda = 1$  untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35Mpa} \cdot 300mm \cdot 440,5mm = 132.907,69N$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 132.907,69kN = 99.680,77N = 99,68 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 99,68kN = 49,84 \text{ kN}$$

Karena:  $Vu' < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$  maka termasuk kondisi 1  $\rightarrow$  tidak perlu tulangan geser, namun tetap diberikan tulangan geser minimum.

$$V_s \min = \frac{b \cdot d}{3} = \frac{300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}}{3} = 43.850 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki  $\emptyset 10$

$$A_v = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \right) = 226,19 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{226,19 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 438,5 \text{ mm}}{43.850 \text{ N}}$$

$$s = 376,99 \text{ mm}^2$$

Diambil  $s = 150 \text{ mm}^2$

Maka dipakai sengkang  $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

## 5. Perhitungan Tulangan **Torsi**

- a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi  
terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left( \frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2} \right)^2} \leq \phi \cdot \left( \frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi:

Torsi maksimum terjadi:

$$T_u = 548,26 \text{ kg.m} = 5.482.600 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi:

$$V_u = 29,44 \text{ kN} = 29.446,54 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} b_h &= b - 2 \cdot t - d.\text{sengkang} \\ &= 300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 210 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_h &= h - 2 \cdot t - d.\text{sengkang} \\ &= 500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 410 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210 \text{ mm} + 410 \text{ mm}) = 1240 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \cdot h_h = 210 \text{ mm} \times 410 \text{ mm} = 86.100 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 130.301,66 \text{ N}$$

Maka:

$$\sqrt{\left( \frac{29.446,54 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}} \right)^2 + \left( \frac{5.482.600 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 1240 \text{ mm}}{1,7 \cdot (86.100 \text{ mm}^2)^2} \right)^2}$$

$$= 0,58 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \cdot \left( \frac{130.301,66 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \right) = 3,66 \text{ Mpa}$$

Karena nilai  $0,58 \text{ Mpa} \leq 3,66 \text{ Mpa}$  maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$A_{cp}$  = Luas penampang keseluruhan

$P_{cp}$  = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda$  = 1 (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)

$\phi$  = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \cdot h = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 150.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (300 \text{ mm} + 500 \text{ mm}) = 1600 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai  $T_{u_{\min}}$ :

$$T_{u_{\min}} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{(150.000 \text{ mm}^2)^2}{1600 \text{ mm}} \right)$$

$$= 5.178.880,8 \text{ N.mm}$$

$T_u = 5.482.600 \text{ N.mm} \geq T_{u_{\min}} = 5.178.880,8 \text{ N.mm}$ , maka perlu tulangan torsi

- c. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi transversal  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan  $0,8 A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$   
 $A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 86.100 \text{ mm}^2 = 73.185 \text{ mm}^2$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{5.482.600 \text{ N.mm}}{0,75 \cdot 2 \cdot 73.185 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,208 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{44.050,0 \text{ N}}{240 \text{ Mpa} \cdot 440,5 \text{ mm}} = 0,42 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = (0,42 + 2 \cdot 0,208) \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

$$\frac{Av_t}{s} = 0,833 \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2 kaki Ø10 – 150**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2}{150 \text{ mm}} = 1,047 \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

Karena nilai  $\frac{Av_{pakai}}{s} \geq \frac{Av_t}{s}$ , maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

- d. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi longitudinal  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_l = \frac{At}{s} \cdot p_h \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga:

$$A_l = 0,208 \text{ mm}^2 / \text{ mm} \cdot 1240 \text{ mm} \cdot \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

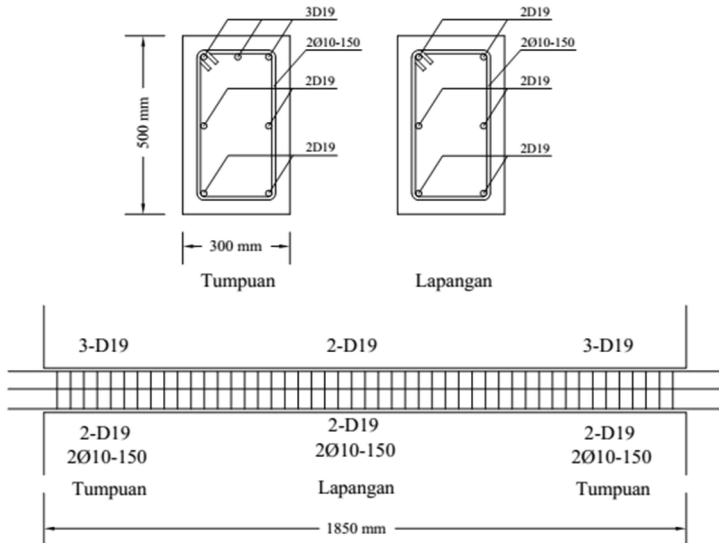
$$A_l = 258,03 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 2D19, maka:

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 = 567,06 \text{ mm}^2 > 258,03 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

Jadi, digunakan tulangan **2D19** di setiap sisi samping kiri dan kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan.

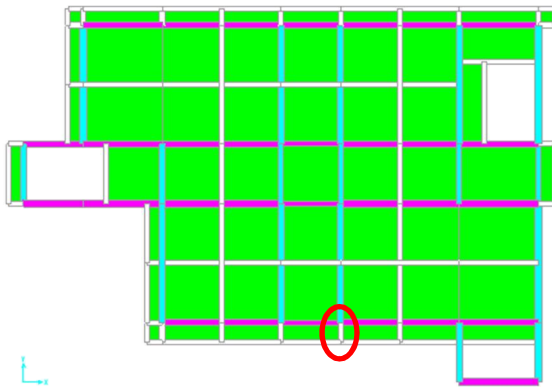




**Gambar 7. 23** Penulangan Balok Penggantung Lift

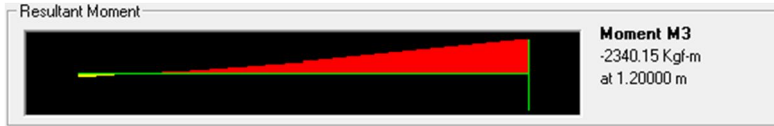
### 7.5 Desain Balok Kantilever

Untuk balok anak yang ditinjau, diambil balok anak yang mengalami gaya terbesar (Frame 1130) yakni sebagai berikut:



**Gambar 7. 24** Balok Kantilever yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



**Gambar 7. 25** Momen yang Terjadi pada Balok Anak

- Mu tumpuan maksimum = 2340,15 kg.m = 23,4 kN
- Mu lapangan maksimum = 740,73 kg.m = 7,40 kN



**Gambar 7. 26** Geser yang Terjadi pada Balok Anak

- Vu maksimum = 2578,67 kg = 25,79 kN



**Gambar 7. 27** Torsi yang Terjadi pada Balok Anak

- Tu maksimum = 519,52 kg.m = 5,19 kN

#### 1. Data Perencanaan

Jika direncanakan balok anak sebagai berikut:

$$L = 1200 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lentur} = \text{D19}$$

$$\text{Tulangan geser} = \text{Ø10}$$

## 2. Perhitungan Tulangan **Tumpuan**

Syarat Menghitung kebutuhan tulangan

Untuk  $f_c' = 35\text{Mpa}$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{se\text{ limut}} - \text{senggang} - \frac{D_{lentur}}{2}$$

$$d = 350\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} = 290,5\text{mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,44$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400\text{Mpa}} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

$$M_u = 23,4 \text{ kN.m} = 23.401.500 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{23.401.500 \text{ N.mm}}{0,8} = 29.251.875 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{29.251.875 \text{ N.mm}}{250\text{mm} \cdot (290,5\text{mm})^2} = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,38 N / mm^2}{400 Mpa}} \right)$$

$$p = 0,0036$$

Karena  $p > p_{min}$ , maka dipakai  $p_{min} = 0,0036$

Sehingga:

$$A_{s_{perlu}} = p \cdot b \cdot d = 0,0036 \cdot 250mm \cdot 290,5mm$$

$$A_{s_{perlu}} = 257,89 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2-D19  $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 567,06 \text{ mm}^2$

### 3. Perhitungan Tulangan Lapangan

Syarat Menghitung kebutuhan tulangan

Untuk  $f_c' = 35Mpa$ , maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - sengkang - \frac{D_{lentur}}{2}$$

$$d = 350mm - 40mm - 10mm - \frac{19mm}{2} = 290,5mm$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa} = 13,44$$

$$p_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400Mpa} = 0,0035$$

$$p_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35Mpa}{400Mpa} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{max} = 0,0268$$

$$M_u = 7,4 \text{ kN.m} = 7.407.300 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{7.407.300 \text{ N.mm}}{0,8} = 9.259.125 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9.259.125 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (290,5 \text{ mm})^2} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,43 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,001$$

Karena  $p < p_{\text{min}}$ , maka dipakai  $p = 0,0035$

Sehingga:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 290,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 254,19 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2-D19  $\rightarrow A_s$  pakai = 567,06 mm<sup>2</sup>

#### 4. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu sejarak d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.

$$V_u' = \frac{V_u}{1200 \text{ mm}} \cdot (1200 \text{ mm} - d)$$

$$V_u' = \frac{25,78 \text{ kN}}{1200 \text{ mm}} \cdot (1200 \text{ mm} - 290,5 \text{ mm}) = 19,54 \text{ kN}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana:  $\lambda = 1$  untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 290,5 \text{ mm} = 73.041,4 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 73.041,4 \text{ kN} = 54.781,05 \text{ N} = 54,78 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 54,78 \text{ kN} = 27,39 \text{ kN}$$

Karena:  $V_u' < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$  maka termasuk kondisi 1  $\rightarrow$  tidak perlu tulangan geser, namun tetap diberikan tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{b \cdot d}{3} = \frac{250 \text{ mm} \cdot 290,5 \text{ mm}}{3} = 24.208,33 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki  $\emptyset 10$

$$A_v = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,07 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,07 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 440,5 \text{ mm}}{24.208,33 \text{ N}}$$

$$s = 452,39 \text{ mm}^2$$

Diambil  $s = 150 \text{ mm}^2$

Maka dipakai sengkang  $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

## 5. Perhitungan Tulangan Torsi

a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2} \right)^2} \leq \phi \cdot \left( \frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'} \right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi:

Torsi maksimum terjadi:

$$T_u = 519,52 \text{ kg.m} = 5.195.200 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi:

$$V_u = 19,54 \text{ kN} = 19.544,16 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \cdot t - d \text{ sengkang}$$

$$= 250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot t - d.\text{sengkan}$$

$$= 350 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 260 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (160\text{mm} + 260\text{mm}) = 840 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \cdot h_h = 160 \text{ mm} \times 260 \text{ mm} = 41.600 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 300\text{mm} \cdot 290,5\text{mm}$$

$$V_c = 71.609,21 \text{ N}$$

Maka:

$$\sqrt{\left(\frac{19.544,16 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 290,5\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{5.195.200 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 840\text{mm}}{1,7 \cdot (41.600\text{mm}^2)^2}\right)^2}$$

$$= 1,5 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \cdot \left(\frac{71.609,21 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 290,5\text{mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}\right) = 3,66 \text{ Mpa}$$

Karena nilai  $1,5 \text{ Mpa} \leq 3,66 \text{ Mpa}$  maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= \text{Luas penampang keseluruhan} \\
 P_{cp} &= \text{Keliling penampang keseluruhan} \\
 \lambda &= 1 \text{ (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1} \\
 &\quad \text{untuk beton normal)} \\
 \phi &= 0,75 \text{ (Faktor reduksi beban torsi)}
 \end{aligned}$$

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \cdot h = 250 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} = 87.500 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (250 \text{ mm} + 350 \text{ mm}) = 1200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $T_{u_{\min}}$ :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{(87.500 \text{ mm}^2)^2}{1200 \text{ mm}} \right) \\
 &= 2.349.677,4 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$T_u = 5.195.200 \text{ N.mm} \geq T_{u_{\min}} = 2.349.677,4 \text{ N.mm}$ , maka perlu tulangan torsi

c. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan  $0,8 A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 41.600 \text{ mm}^2 = 35.360 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$



$$\frac{At}{s} = \frac{5.195.200 N \cdot mm}{0,75 \cdot 2 \cdot 35.360 mm^2 \cdot 240 Mpa \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 0,408 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{24.208,33 N}{240 Mpa \cdot 290,5 mm} = 0,35 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = (0,35 + 2 \cdot 0,408) \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\frac{Avt}{s} = 1,163 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2 kaki Ø10 – 150**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 mm)^2}{150 mm} = 1,047 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{Av_{pakai}}{s} \leq \frac{Avt}{s}$ , maka dicoba menggunakan tulangan sengkang **2 kaki Ø10 – 125**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 mm)^2}{125 mm} = 1,257 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- d. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi longitudinal  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A\ell = \frac{At}{s} \cdot p_h \left( \frac{fyt}{fy} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga:

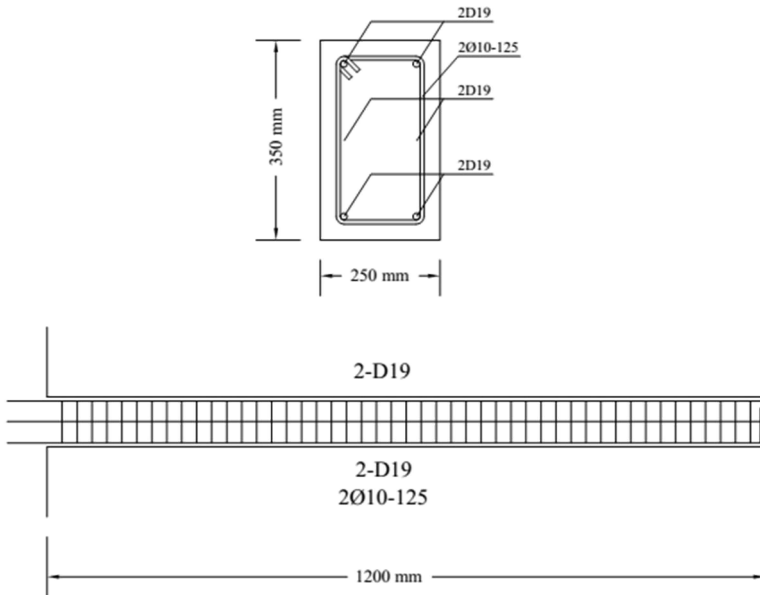
$$A_l = 0,408 \text{ mm}^2 / \text{mm} \cdot 840 \text{ mm} \cdot \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 342,82 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 2D19, maka:

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 = 567,06 \text{ mm}^2 > 258,03 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

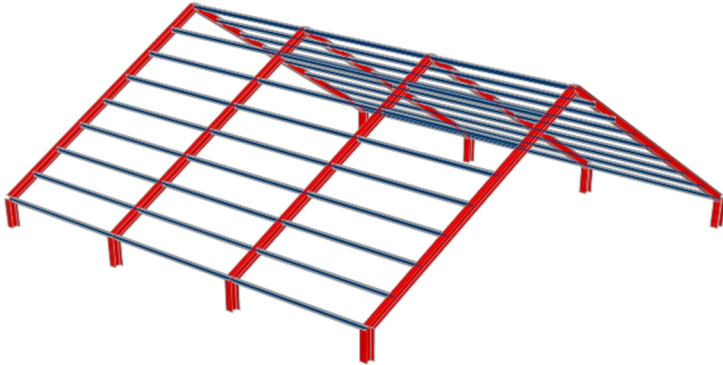
Jadi, digunakan tulangan **2D19** di setiap sisi samping kiri dan kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan.



**Gambar 7. 28** Penulangan Balok Kantilever

## 7.6 Perhitungan Struktur Atap

Struktur atap yang didesain meliputi gording, penggantung gording, ikatan angin, kuda-kuda, dan kolom baja yang mentransfer gaya dari atap baja ke kolom beton pada lantai dibawahnya.



**Gambar 7. 29** Atap Baja

### 7.4.1 Perhitungan Gording

#### 7.4.1.1 Data Perencanaan

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

Mutu Baja BJ = BJ 37

$f_y$  = 240 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3)

$f_u$  = 370 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3)

Jarak antar kuda-kuda (L) = 6 meter

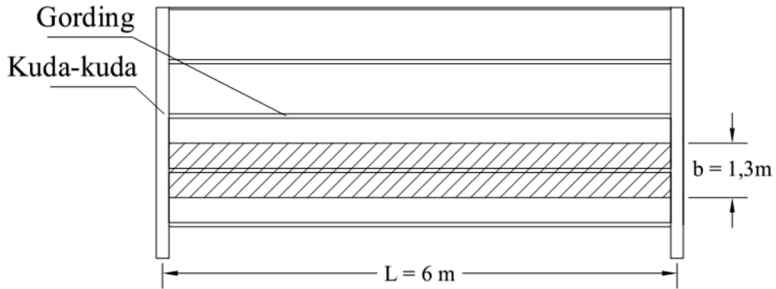
Jarak antar gording (b) = 1,3 meter

Jenis atap = Genteng ROYAL<sup>®</sup>

Berat atap (q) = 5 kg/m<sup>2</sup>

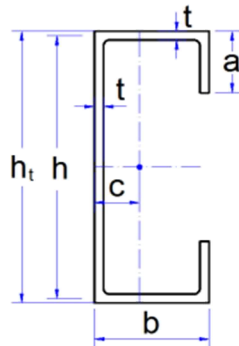
Jumlah pengg. gording = 2 buah

Kemiringan atap = 30°



**Gambar 7. 30** Gording

Dicoba menggunakan profil: Lip channel 150x50x20x3,2

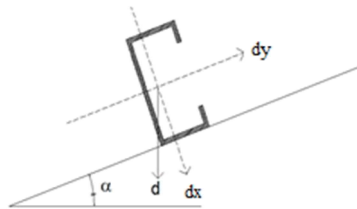


**Gambar 7. 31** Ukuran dan Dimensi dari Baja Lip Channel

Diketahui dari LC 150x50x20x3,2:

$b$	$= 50\text{ mm}$	$I_x$	$= 720\text{ cm}^4$
$h_t$	$= 150\text{ mm}$	$I_y$	$= 87,5\text{ cm}^4$
$h$	$= 146,8\text{ mm}$	$S_x$	$= 72,1\text{ cm}^3$
$t$	$= 3,2\text{ mm}$	$S_y$	$= 16,8\text{ cm}^3$
$a$	$= 20\text{ mm}$	$A$	$= 11,81\text{ cm}^2$
$c$	$= 3,2\text{ mm}$	$r_y$	$= 2,71\text{ cm}$
$W$	$= 9,27\text{ kg/m}$	$r_x$	$= 7,77\text{ cm}$

### 7.4.1.2 Perhitungan Beban



**Gambar 7.32** Perhitungan Beban pada Gording

#### 1. Beban Mati (qDL)

- Berat atap ( $q \times b$ ) = 6,5 kg/m
- Berat gording = 9,27 kg/m +
- qDL = 15,77 kg/m
- Berat lain-lain (10% x qDL) = 1,577 kg/m +
- qDL total = 17,347 kg/m

$$\begin{aligned} \text{qDL X} &= \text{qDL total} \times \cos \alpha \\ &= 17,347 \text{ kg/m} \times \cos 30^\circ \\ &= 15,02 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

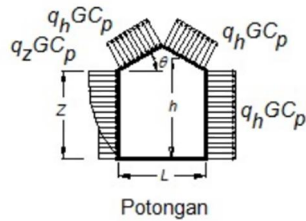
$$\begin{aligned} \text{qDL Y} &= \text{qDL total} \times \sin \alpha \\ &= 17,347 \text{ kg/m} \times \sin 30^\circ \\ &= 8,67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 2. Beban Hidup (qLL)

- Beban pekerja (terpusat)
- PL X =  $P_x = 1,33 \text{ kN} \times \cos \alpha$   
 $= 1,33 \text{ kN} \times \cos 30^\circ = 1,152 \text{ kN}$   
 $= 115,2 \text{ kg} = 11,52 \text{ N}$
- PL Y =  $P_y = 1,33 \text{ kN} \times \sin \alpha$   
 $= 1,33 \text{ kN} \times \sin 30^\circ = 0,665 \text{ kN}$   
 $= 66,5 \text{ kg} = 6,65 \text{ N}$

#### 3. Beban Angin (qW)

Untuk beban angin, diambil dari Bab 5 yang dimana didapatkan beban angin untuk atap adalah sebagai berikut:



**Gambar 7. 33** Pengaruh Beban Angin pada Atap

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin datang} &= q_z \cdot G \cdot C_p \\
 &= 30,8 \text{ N/m}^2 = 3,08 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 3,08 \text{ kg/m}^2 < 38 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka angin datang} = 38 \text{ kg.m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin pergi} &= q_h \cdot G \cdot C_p \\
 &= -46,2 \text{ N/m}^2 = -4,62 \text{ kg/m}^2 \\
 &= -4,62 \text{ kg/m}^2 < -38 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka angin pergi} = -38 \text{ kg/m}^2$$

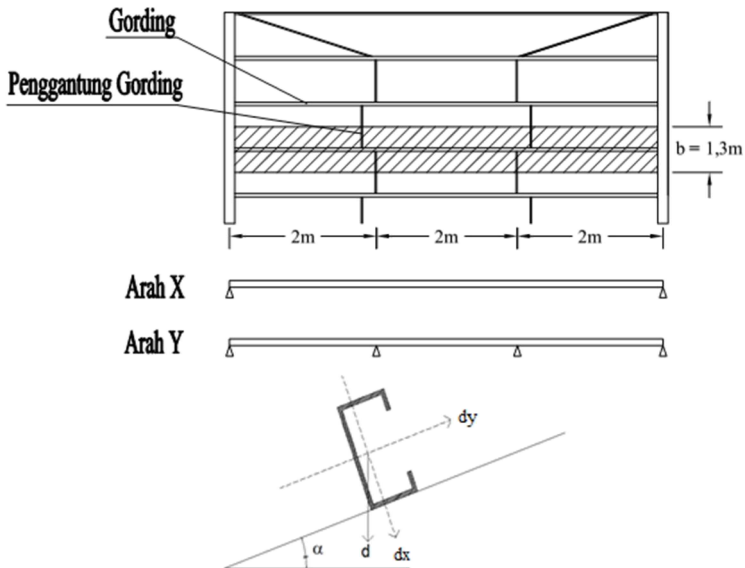
Maka dipakai beban angin terbesar yakni =  $38 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 qW &= \text{jarak gording} \times \text{beban angin} \\
 &= 1,3\text{m} \times 38 \text{ kg/m}^2 = 49,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qW X &= qW \cdot \cos \alpha = 49,4 \text{ kg/m} \cdot \cos 30^\circ \\
 &= 42,78 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qW Y &= qW \cdot \sin \alpha = 49,4 \text{ kg/m} \cdot \sin 30^\circ \\
 &= 24,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### 7.4.1.3 Perhitungan Momen yang Terjadi Akibat Beban



**Gambar 7. 34** Momen yang Terjadi Pada Gording

Untuk momen yang terjadi pada arah y, terdapat perletakan pada daerah kuda-kuda dan titik yang diberi penggantung gording, namun untuk arah x hanya ada perletakan pada kuda-kuda.

1. Momen akibat beban mati:

$$M_{DLX} = 1/8 \cdot qDL_X \cdot (L)^2 = 1/8 \cdot 15,02 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m})^2 = 67,6 \text{ kg.m}$$

$$M_{DLY} = 1/8 \cdot qDL_Y \cdot (L/3)^2 = 1/8 \cdot 8,67 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m} / 3)^2 = 4,34 \text{ kg.m}$$

2. Momen akibat beban hidup terpusat:

$$M_{LLX} = 1/4 \cdot PL_X \cdot L = 1/4 \cdot 115,2\text{kg} \cdot (6\text{m}) = 172,77 \text{ kg.m}$$

$$M_{LLY} = 1/4 \cdot PL_Y \cdot (L/3) = 1/4 \cdot 66,5 \text{ kg} \cdot (6\text{m} / 3) = 33,25 \text{ kg.m}$$

3. Momen akibat beban angin:

$$M_{WX} = 1/8 \cdot qW_X \cdot L^2 = 1/8 \cdot 42,78 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m})^2 \\ = 192,52 \text{ kg.m}$$

$$M_{WY} = 1/8 \cdot qW_Y \cdot (L/3)^2 = 1/8 \cdot 24,7 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m} / 3)^2 \\ = 12,35 \text{ kg.m}$$

#### 7.4.1.4 Perhitungan Beban Kombinasi

Untuk perhitungan beban ultimate yang terjadi pada gording, dihitung sebagai berikut:

1.  $M_u = 1,4 D$

$$\text{Arah X} \rightarrow M_{ux} = 1,4 (67,6 \text{ kg.m}) = 94,6 \text{ kg.m}$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow M_{uy} = 1,4 (4,34 \text{ kg.m}) = 6,1 \text{ kg.m}$$

2.  $M_u = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 W$

Arah X

$$M_{ux} = 1,2(94,6\text{kg.m}) + 1,6(172,77\text{kg.m}) + 0,5(192,52\text{kg.m}) \\ = 453,8 \text{ kg.m}$$

Arah Y

$$M_{uy} = 1,2(4,34\text{kg.m}) + 1,6(33,25 \text{ kg.m}) + 0,5(12,35 \text{ kg.m}) \\ = 64,6 \text{ kg.m}$$

Maka momen yang terjadi maksimum adalah:

Arah X,  $M_{ux} = 453,8 \text{ kg.m}$

Arah Y,  $M_{uy} = 64,6 \text{ kg.m}$

#### 7.4.1.5 Kontrol Momen Nominal

Diketahui momen maksimum:

$$M_{ux} = 453,8 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 64,6 \text{ kg.m}$$

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

- Untuk badan:

$$\frac{b}{t} = \frac{50\text{mm}}{3,2\text{mm}} = 15,63$$



$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 10,97$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 28,87$$

Karena nilai  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ , maka penampang ini memiliki **badan tidak kompak**

- Untuk sayap:

$$\frac{h}{t} = \frac{150 \text{ mm}}{3,2 \text{ mm}} = 46,88$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 108,54$$

$$\lambda_r = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 164,54$$

Karena nilai  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang ini memiliki **sayap kompak**.

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika terdapat satu nilai  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$  maka penampang yang dipakai termasuk **penampang non-kompak**.

Untuk profil berbentuk kanal, maka untuk momen nominal profil dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F3, yakni sebagai berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Untuk nilai  $Z_x$  adalah:

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot h_t \cdot t^2 + a \cdot t \cdot (h_t - a) + t \cdot (b - 2 \cdot t) \cdot (h_t - t)$$

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot 150 \text{ mm} \cdot (3,2 \text{ mm})^2 + 20 \text{ mm} \cdot 3,2 \text{ mm} \cdot (150 \text{ mm} - 20 \text{ mm}) + 3,2 \text{ mm} \cdot (50 \text{ mm} - 2 \cdot 3,2 \text{ mm}) \cdot (150 \text{ mm} - 3,2 \text{ mm})$$

$$Z_x = 29.185,54 \text{ mm}^3$$

Maka:

$$M_n = 240 \text{ Mpa} \cdot 29.185,54 \text{ mm}^3 = 7.004.529 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 700,45 \text{ kg.m}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral

Diketahui, panjang antar pengaku  $L_b = 6000 \text{ mm}$

Menghitung nilai  $L_p$ :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 27,1 \text{ mm} \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 1376,86 \text{ mm}$$

Menghitung nilai  $L_r$ :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot f_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h}\right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E}\right)^2}}$$

Konstanta warping:

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = \frac{87.500 \text{ mm}^4 \cdot (146,8 \text{ mm})^2}{4} = 4,71 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{87.500 \text{ mm}^4 \cdot 4,71 \times 10^9 \text{ mm}^6}}{72.100 \text{ mm}^3} = 809,78 \text{ mm}^2$$

$$r_{ts} = \sqrt{809,78 \text{ mm}^2} = 29,85 \text{ mm}$$

Menghitung konstanta torsi:

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t^3 + (h - t_f) \cdot t^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 50 \text{ mm} \cdot (3,2 \text{ mm})^3 + (150 \text{ mm} - 3,2 \text{ mm}) \cdot (3,2 \text{ mm})^3}{3}$$

$$J = 2695,71 \text{ mm}^4$$

Menghitung koefisien c:

$$c = \frac{h}{2} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} = \frac{150 \text{ mm}}{2} \cdot \sqrt{\frac{87.500 \text{ mm}^4}{4,71 \times 10^9 \text{ mm}^6}} = 1,02$$

$$L_r = 1,95 \cdot 29,85 \cdot \frac{200.000}{0,7 \cdot 240} \cdot \sqrt{\frac{2695,71 \cdot 1,02}{72.100 \cdot 150} + \sqrt{\left(\frac{2695,71 \cdot 1,02}{37.400 \cdot 150}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 240}{200.000}\right)^2}}$$

$$L_r = 3436,21 \text{ mm}$$

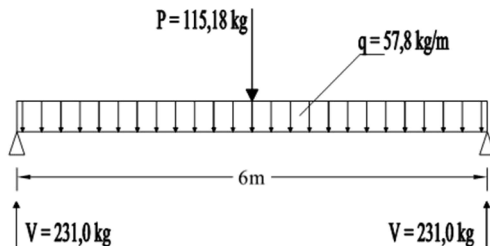
Karena nilai  $L_b > L_r \rightarrow 6000 \text{ mm} > 3436,21 \text{ mm}$

Maka berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2:

$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_o} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{MAX}}{2,5M_{MAX} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$



**Gambar 7.35** Beban dan Reaksi pada Gording

$M_A =$  Momen pada  $\frac{1}{4} L$

$$= 231,0 \text{ kg} \cdot 6\text{m}/4 - 0,5 \cdot 57,8 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m}/4)^2$$

$$= 281,48 \text{ kg.m}$$

$M_B =$  Momen pada  $\frac{1}{2} L$

$$= 231,0 \text{ kg} \cdot 6\text{m}/2 - 0,5 \cdot 57,8 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m}/2)^2$$

$$= 432,89 \text{ kg.m}$$

MC = Momen pada  $\frac{1}{4}$  L

$$= 231,0 \text{ kg} \cdot 6\text{m}/4 - 0,5 \cdot 57,8\text{kg/m} \cdot (6\text{m}/4)^2$$

$$= 281,48 \text{ kg.m}$$

Mmaks = 432,89 kg.m

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 432,89\text{kg.m}}{2,5 \cdot 432,89\text{kg.m} + 3 \cdot 281,48\text{kg.m} + 4 \cdot 432,89\text{kg.m} + 3 \cdot 281,48\text{kg.m}}$$

$$C_b = 1,2$$

$$F_{cr} = \frac{1,2 \cdot \pi^2 \cdot 200.000}{\left(\frac{6000}{29,85}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{2695,71 \cdot 1,02}{72.100 \cdot 146,8} \cdot \left(\frac{6000}{29,85}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 79,19 \text{ Mpa}$$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$M_n = 79,19 \text{ Mpa} \cdot 72,100 \text{ mm}^3 = 5.709.936,73 \text{ N.mm} \leq M_p$$

$$M_n = 570,99 \text{ kg.m} \leq 700,45 \text{ kg.m}$$

### 3. Menghitung momen nominal akibat tekuk lokal sayap tekan

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \cdot \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)$$

$$M_n = 7.261.070 - (7.261.070 - 0,7 \cdot 240 \cdot 72.100) \cdot \left( \frac{15,63 - 10,97}{28,87 - 10,97} \right)$$

$$M_n = 8.333.221,97 \text{ N.mm} = 833,32 \text{ kg.m}$$

Untuk momen nominal, diambil yang paling kecil diantara  $M_n$  akibat pelelehan,  $M_n$  akibat tekuk torsi lateral dan  $M_n$  akibat tekuk lokal sayap tekan, sehingga didapatkan nilai  $M_n$ :

$$M_n = 570,99 \text{ kg.m}$$

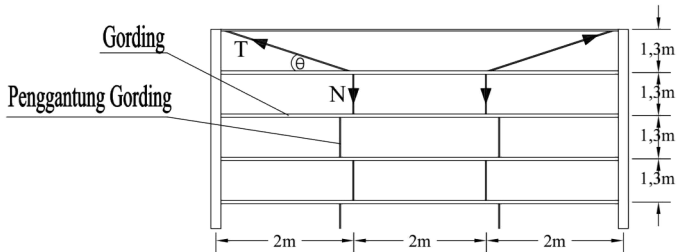
Maka:

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 570,99 \text{ kg.m} \geq 453,8 \text{ kg.m}$$

$$513,89 \text{ kg.m} \geq 453,8 \text{ kg.m (OK!)}$$

## 7.4.2 Perhitungan Penggantung Gording



**Gambar 7. 36** Penggantung Gording

### 7.4.2.1 Data Perencanaan

Untuk data-data yang diketahui adalah sebagai berikut:

Jumlah penggantung gording = 2 buah

Jarak penggantung gording ( $\ell$ ) = 2 m

Jarak antar gording ( $b$ ) = 1,3 m

Jumlah gording yang ditumpu ( $N$ ) = 8 buah

$f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 370 \text{ Mpa} = 3700 \text{ kg/cm}^2$

Beban mati pada gording (arah X) = 15,02 kg/m

Beban hidup pada gording (arah X) = 66,5 kg

Beban angin pada gording (arah X) = 42,78 kg/m

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{b}{\ell}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1,3\text{m}}{2\text{m}}\right) = 33,02^\circ$$

### 7.4.2.2 Perhitungan Pembebanan

1. Beban mati

$$Q_d = \ell l \cdot q_D \cdot N = 2\text{m} \cdot 15,02 \text{ kg/m} \cdot 8 = 240,37 \text{ kg}$$

$$N_d = Q_d \sin \alpha = 240,37 \text{ kg} \cdot \sin 30^\circ = 120,18 \text{ kg}$$

2. Beban hidup

$$Q_L = P_L \cdot N = 66,5 \text{ kg/m} \cdot 8 = 532 \text{ kg}$$

$$N_L = Q_L \cdot \sin \alpha = 532 \text{ kg} \cdot \sin 30^\circ = 266 \text{ kg}$$

3. Beban angin

$$Q_W = \ell l \cdot q_W \cdot N = 2\text{m} \cdot 42,78 \text{ kg/m} \cdot 8 = 684,51 \text{ kg}$$

$$NW = QW \sin \alpha = 684,51 \text{ kg} \cdot \sin 30^\circ = 342,25 \text{ kg}$$

#### 7.4.2.3 Kombinasi Pembebanan

Untuk kombinasi pembebanannya adalah:

$$N = 1,4D = 1,4 (120,18\text{kg}) = 168,26 \text{ kg}$$

$$N = 1,2D + 1,6L + 0,5W$$

$$= 1,2 (120,18\text{kg}) + 1,6 (266\text{kg}) + 0,5 (342,25 \text{ kg}) = 740,95 \text{ kg}$$

Maka dipakai yang paling besar yakni  $N = 740,95 \text{ kg}$

#### 7.4.2.4 Perencanaan Dimensi Penggantung Gording

Gaya yang disalurkan ke kuda-kuda:

$$\sum V = 0$$

$$T \sin \theta - N = 0$$

$$T = \frac{N}{\sin \theta} = \frac{740,95\text{kg}}{\sin 33,02^\circ} = 1359,56 \text{ kg} = 13.595,65 \text{ N}$$

$$\text{Luas pengg. gording (A)} = \frac{T}{f_y} = \frac{13.595,65\text{N}}{240\text{N} / \text{mm}^2} = 56,65 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai penggantung gording  $\emptyset 10$ , dengan  $A_g$  yakni:

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10\text{mm})^2 = 78,54 \text{ mm}^2 > 56,65 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

#### 7.4.2.5 Kontrol Kekuatan Tarik Nominal

Gaya tarik ultimate terjadi:  $T_u = T = 13.595,65 \text{ N}$

Gaya tarik nominal tulangan (SNI 03-1729-2015 Pasal D2) :

- Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 78,54 \text{ mm}^2 \\ = 16.965,6 \text{ N} > 13.595,65 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap putus

$$P_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$\text{Dimana: } A_e = A_n \cdot U$$

Untuk nilai faktor shear lag,  $U = 1,0$  (SNI 03-1729-2015 Tabel D3.1)

$$\text{Untuk nilai } A_n = A_g = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_e = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 1,0 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 0,75 \cdot 370 \text{ Mpa} \cdot 78,54 \text{ mm}^2 = 21.794,8 \text{ N} > 13.595,65 \text{ N}$$

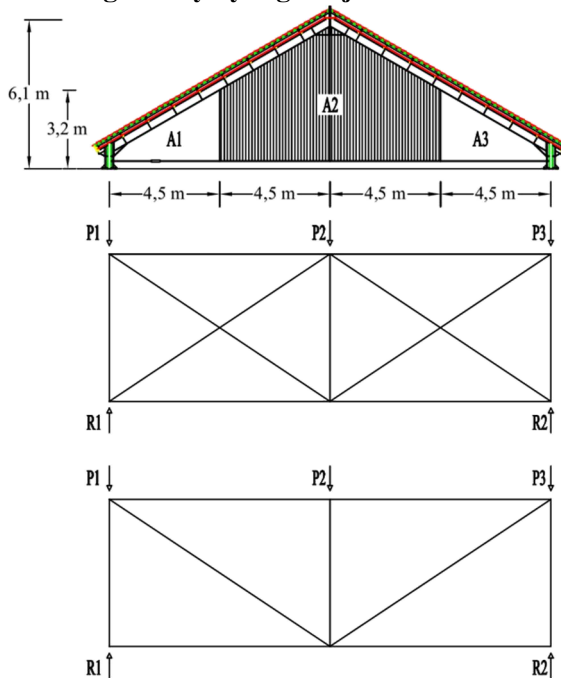
Karena nilai  $P_n > P_u$ , maka untuk penggantung gording dipakai tulangan  $\varnothing 10$ .

### 7.4.3 Perhitungan Ikatan Angin

#### 7.4.3.1 Data Perencanaan

Jarak antar gording (b)	= 1,3 m
Sudut kemiringan	= $30^\circ$
Pengaruh angin pada dinding (W)	= $38,0 \text{ kg/m}^2$ (Tabel 5.4)
Pengaruh angin sisi datang pd dinding (C)	= 0,8

#### 7.4.3.2 Perhitungan Gaya yang Terjadi



**Gambar 7.37** Gaya yang Terjadi pada Ikatan Angin

## 1. Menghitung luas dinding

a. Luas  $A1 = A3$ 

$$A1 = A3 = \frac{3,2m \cdot 4,5m}{2} = 7,2 \text{ m}^2$$

b. Luas  $A2$ 

$$A2 = 2 \times \left[ \frac{(6,1m + 3,2m) \cdot 4,5m}{2} \right] = 41,85 \text{ m}^2$$

## 2. Perhitungan gaya

$$P1 = A1 \cdot W \cdot C$$

$$P1 = 7,2 \text{ m}^2 \cdot 38,0 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,8 = 218,88 \text{ kg}$$

$$P1 = P3 = 218,88 \text{ kg/m}$$

$$P2 = A2 \cdot W \cdot C$$

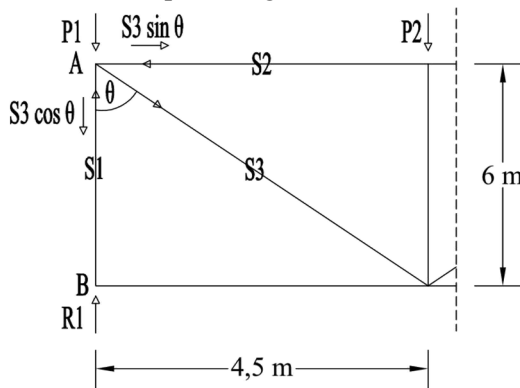
$$P2 = 41,85 \text{ m}^2 \cdot 38,0 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,8 = 1272,2 \text{ kg}$$

$$R1 = P1 + 0,5 P2$$

$$R1 = 218,88 \text{ kg} + 0,5 \cdot 1491,2 \text{ kg} = 855,0 \text{ kg}$$

$$R1 = R2 = 855,0 \text{ kg}$$

Dikarenakan bagian kiri dengan bagian kanan simetris, maka hanya perlu dilakukan perhitungan dari salah satu arah saja.





**Gambar 7. 38** Gaya yang Terjadi Dihitung Menggunakan Metode Ritter

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4,5m}{6m}\right) = 36,87^\circ$$

Ditinjau pada titik simpul A:

$$V = 0$$

$$R1 + S1 - S3 \cos \theta = -P1$$

$$H = 0$$

$$S2 = 0$$

Ditinjau pada titik simpul B:

$$V = 0$$

$$R1 - S1 = 0$$

$$R1 = S1$$

$$S1 = 855,0 \text{ kg}$$

Sehingga didapatkan yakni:

$$R1 + S1 - S3 \cos \theta = -P1$$

$$855,0 \text{ kg} + 855,0 \text{ kg} - S3 \cos \theta = -218,88 \text{ kg}$$

$$S3 \cos \theta = 1928,88 \text{ kg}$$

$$S3 = \frac{1928,88 \text{ kg}}{\cos \theta} = 2411,1 \text{ kg (Tarik)}$$

### 7.4.3.3 Perencanaan Batang Tarik untuk Ikatan Angin

Gaya yang terjadi pada ikatan angin adalah:

$$S3 = 2411,1 \text{ kg} = 24.111 \text{ N}$$

$$\text{Luas ikatan angin (A)} = \frac{S3}{f_y} = \frac{24.111 \text{ N}}{240 \text{ Mpa}} = 100,5 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai ikatan  $\emptyset 16$ , dengan  $A_g$  yakni:

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 = 201,06 \text{ mm}^2 > 100,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

### 7.4.3.4 Kontrol Tegangan Ikatan Angin

Gaya tarik ultimate terjadi:  $S_3 = 24.111 \text{ N}$

Gaya tarik nominal tulangan (SNI 03-1729-2015 Pasal D2) :

- Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 100,5 \text{ mm}^2 \\ = 43.429,37 \text{ N} > 24.111 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap putus

$$P_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$\text{Dimana: } A_e = A_n \cdot U$$

Untuk nilai faktor shear lag,  $U = 1,0$  (SNI 03-1729-2015 Tabel D3.1)

$$\text{Untuk nilai } A_n = A_g = 100,5 \text{ mm}^2$$

$$A_e = 100,5 \text{ mm}^2 \cdot 1,0 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 0,75 \cdot 370 \text{ Mpa} \cdot 100,5 \text{ mm}^2 = 32.572,03 \text{ N} > 24.111 \text{ N}$$

Karena nilai  $P_n > P_u$ , maka untuk penggantung gording dipakai tulangan  $\emptyset 16$ .

## 7.4.4 Perhitungan Kuda-kuda

### 7.4.4.1 Data Perencanaan

Diketahui data-data sebagai berikut:

Jarak antar kuda-kuda = 6 m

Jarak antar gording = 1,3 m

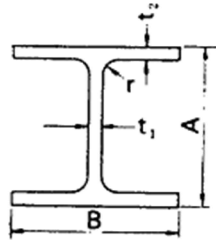
Bentang kuda-kuda = 18 m

Sudut kemiringan atap =  $30^\circ$

Panjang miring kuda-kuda =  $\frac{18 \text{ m} / 2}{\cos 30^\circ} = 10,4 \text{ m}$

Berat penutup atap = 5 kg/m

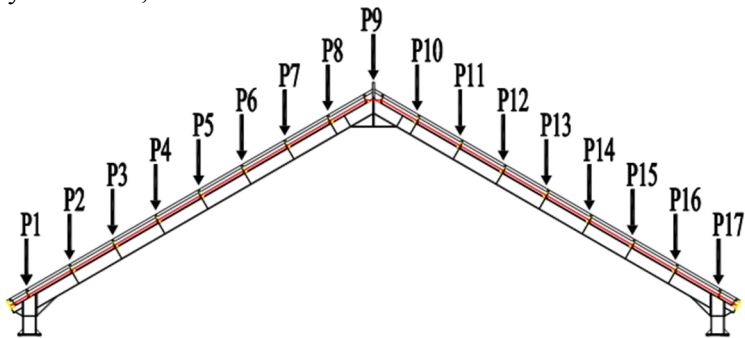
Berat gording = 9,27 kg/m



**Gambar 7. 39** Penampang Profil WF

Apabila direncanakan profil kuda-kuda WF 300.150.6,5.9

W	= 36,7 kg/m	Ag	= 46,78 mm <sup>2</sup>
A	= 300 mm	Ix	= 7210 cm <sup>4</sup>
B	= 150 mm	Iy	= 508 cm <sup>4</sup>
tw	= 6,5 mm	ix	= 12,4 cm
tf	= 9 mm	iy	= 3,29 cm
Sx	= 481 cm <sup>3</sup>	r	= 13 mm
Sy	= 67,7 cm <sup>3</sup>		



**Gambar 7. 40** Gaya yang Terjadi pada Kuda-kuda

#### 7.4.4.2 Perhitungan Pembebanan

##### 1. Beban mati

- Untuk nilai pada P2 – P16

$$\text{Berat penutup atap} = 5 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 39,0 \text{ kg}$$

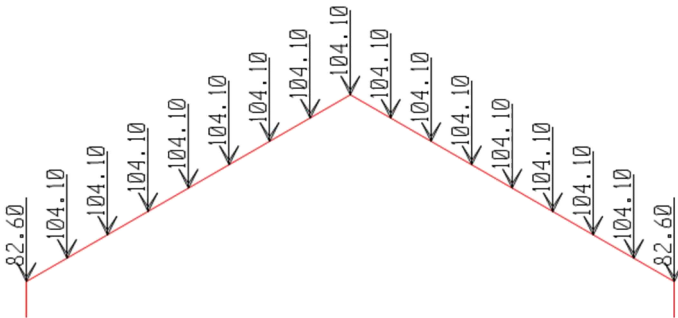
$$\text{Berat sendiri gording} = 9,27 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} = \underline{55,62 \text{ kg} +}$$

$$\text{Qd} = 94,6 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat lain-lain (10\% . Qd)} &= 9,462 \text{ kg} + \\ \text{Qd tot} &= 104,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

• Untuk nilai pada P1 dan P17

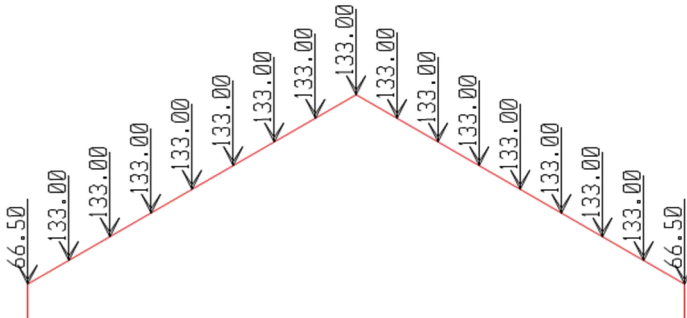
$$\begin{aligned} \text{Berat penutup atap} &= 5 \text{ kg/m}^2 \times 1,3\text{m}/2 \times 6 \text{ m} = 19,5 \text{ kg} \\ \text{Berat sendiri gording} &= 9,27 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} = 55,62 \text{ kg} + \\ \text{Qd} &= 75,1 \text{ kg} \\ \text{Berat lain-lain (10\% . Qd)} &= 7,512 \text{ kg} + \\ \text{Qd tot} &= 82,6 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 7. 41** Input Beban Mati Kuda-kuda pada SAP 2000 v.14

## 2. Beban hidup

Untuk beban hidup yang ada, yakni beban hidup pekerja sebesar  $1,33 \text{ kN} = 133 \text{ kg}$



**Gambar 7. 42** Input Beban Hidup Kuda-kuda pada SAP 2000 v.14

### 3. Beban angin

Didapatkan dari Tabel 5.3, untuk beban angin pada atap didapatkan yakni sebagai berikut:

Beban angin pada arah datang =  $38,0 \text{ kg/m}^2$

Beban angin pada arah pergi =  $-38,0 \text{ kg/m}^2$

#### a. Arah angin datang

- Untuk nilai pada P9 – P16

$$\text{Angin datang} = 38,0 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 296,4 \text{ kg}$$

- Untuk nilai pada P17

$$\text{Angin datang} = 38,0 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m}/2 \times 6 \text{ m} = 148,2 \text{ kg}$$

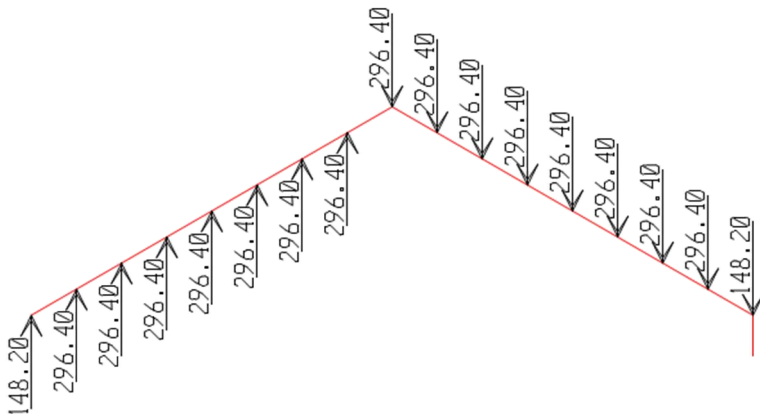
#### b. Arah angin pergi

- Untuk nilai pada P2 – P8

$$\text{Angin pergi} = -38,0 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = -296,4 \text{ kg}$$

- Untuk nilai pada P1

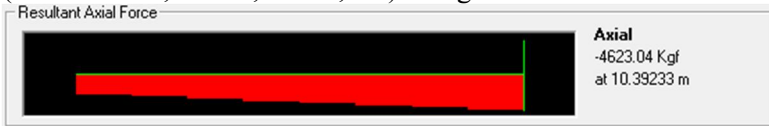
$$\text{Angin pergi} = -38,0 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m}/2 \times 6 \text{ m} = -148,2 \text{ kg}$$



**Gambar 7. 43** Input Beban Angin Kuda-kuda pada SAP 2000 v.14

#### 7.4.4.3 Gaya yang Terjadi pada Kuda-kuda

Untuk mendapatkan gaya yang terjadi pada kuda-kuda, digunakan SAP 2000 v.14, yang didapatkan gaya-gaya pada frame 626 (Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5W) sebagai berikut:



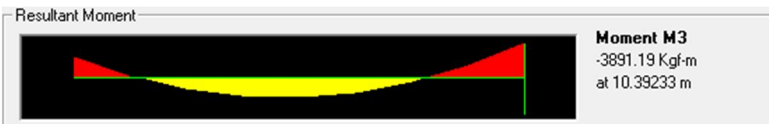
**Gambar 7. 44** Aksial yang Terjadi pada Kuda-kuda

- Didapatkan  $P_u = 4623,04$  kg



**Gambar 7. 45** Geser yang Terjadi pada Kuda-kuda

- Didapatkan  $V_u = 1968,97$  kg



**Gambar 7. 46** Momen yang Terjadi pada Kuda-kuda

- Didapatkan  $M_u = 3891,19$  kg.m

#### 7.4.4.4 Perhitungan Tekan Nominal

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= 4623,04 \text{ kg} \\
 A_g &= 46,78 \text{ cm}^2 \\
 f_y &= 240 \text{ Mpa} \\
 \text{Panjang antar pengaku lateral} &= \text{jarak antar gording} \\
 &= 1,3 \text{ m} = 1300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot tf} = \frac{150mm}{2 \cdot 9mm} = 8,3$$

$$\lambda_r = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200.000Mpa}{240Mpa}} = 16,2$$

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika nilai  $\lambda < \lambda_r$  maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 03-1729-2015 Pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

1. Ke arah sumbu-X

a. Hitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif,  $k = 1,0$  (sendi-sendii)

$$k \cdot L = 1,0 \cdot 1300 \text{ mm} = 1300 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot L}{rx} = \frac{1300mm}{124mm} = 10,48 < 200 \text{ (OK!)}$$

b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

Untuk perhitungan nominal terfaktor batang tekan elemen non-langsing berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal E3:

$$4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200.000Mpa}{240Mpa}} = 135,97$$

Karena nilai  $\frac{k \cdot L}{rx} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$ , maka untuk nilai  $F_{cr}$

dipakai:

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \cdot f_y$$

$$\text{Dengan nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{k \cdot L}{r_x} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200.000 \text{ Mpa}}{(10,48)^2}$$

$$f_e = 17.959,18 \text{ Mpa}$$

Sehingga:

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{\frac{240 \text{ Mpa}}{17.959,18 \text{ Mpa}}} \right] \cdot 240 \text{ Mpa} = 238,66 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 238,66 \text{ Mpa} \cdot 4678 \text{ mm}^2 = 1.116.457,76 \text{ N}$$

$$P_n = 111.645,78 \text{ kg}$$

## 2. Ke arah sumbu-Y

### a. Hitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif,  $k = 1,0$  (sendi-sendi)

$$k \cdot L = 1,0 \cdot 1300 \text{ mm} = 1300 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot L}{r_y} = \frac{1300 \text{ mm}}{32,9 \text{ mm}} = 39,51 < 200 \text{ (OK!)}$$

### b. Kekuatan nominal batang tekan

Untuk perhitungan nominal terfaktor batang tekan elemen non-langsing berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal E3:

$$4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 135,97$$

Karena nilai  $\frac{k \cdot L}{r_x} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ , maka untuk nilai  $F_{cr}$  dipakai:



$$F_{cr} = \left[ 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \cdot f_y$$

$$\text{Dengan nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{k \cdot L}{r_x} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200.000 \text{ Mpa}}{(39,51)^2}$$

$$f_e = 1264,26 \text{ Mpa}$$

Sehingga:

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{\frac{240 \text{ Mpa}}{1264,26 \text{ Mpa}}} \right] \cdot 240 \text{ Mpa} = 221,67 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 221,67 \text{ Mpa} \cdot 4678 \text{ mm}^2 = 1.036.965,63 \text{ N}$$

$$P_n = 103.696,56 \text{ kg}$$

Maka untuk kuat tekan nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$P_n = 103.696,56 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot P_n = 0,9 \cdot 103.696,56 \text{ kg} = 93.326,91 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot P_n = 93.326,91 \text{ kg} > P_u = 4623,04 \text{ kg (OK!)}$$

#### 7.4.4.5 Perhitungan Momen Nominal

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$M_{max} = 3891,19 \text{ kg.m}$$

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

- Untuk badan:

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{150 \text{ mm}}{2 \cdot 9 \text{ mm}} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 10,97$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 28,87$$

Karena nilai  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang ini memiliki **badan kompak**.

- Untuk sayap:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300 \text{ mm}}{6,5 \text{ mm}} = 46,15$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 108,54$$

$$\lambda_p = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 164,54$$

Karena nilai  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang ini memiliki **sayap kompak**.

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika semua nilai  $\lambda < \lambda_p$  maka penampang yang dipakai termasuk **penampang kompak**.

Untuk profil WF, maka untuk perhitungan momen nominal profil dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2, yakni sebagai berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Untuk nilai  $Z_x$  adalah:

$$Z_x = \frac{t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^2}{4} + (h - t_f) \cdot t_f \cdot b_f$$

$$Z_x = \frac{6,5 \text{ mm} \cdot (300 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \text{ mm})^2}{4} + (300 \text{ mm} - 9 \text{ mm}) \cdot 9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$Z_x = 522.076,5 \text{ mm}^3$$

Maka:

$$M_n = 240 \text{ Mpa} \cdot 522.076,5 \text{ mm}^3 = 12.529,84 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 12.529,84 \text{ kg.m}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral

Diketahui, panjang antar pengaku  $L_b = 10.400 \text{ mm}$

Menghitung nilai  $L_p$ :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 32,9 \text{ mm} \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 1671,54 \text{ mm}$$

Menghitung nilai  $L_r$ :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot f_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h}\right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E}\right)^2}}$$

Konstanta warping:

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = \frac{5.080.000 \text{ mm}^4 \cdot (300 \text{ mm})^2}{4}$$

$$C_w = 1,14 \times 10^{11} \text{ mm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{5.080.000 \text{ mm}^4 \cdot 1,14 \times 10^{11} \text{ mm}^6}}{481.000 \text{ mm}^3} = 1584,2 \text{ mm}^2$$

$$r_{ts} = \sqrt{1584,2 \text{ mm}^2} = 39,8 \text{ mm}$$

Menghitung konstanta torsi:

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t_f^3 + (h - t_f) \cdot t_w^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 150 \text{ mm} \cdot (9 \text{ mm})^3 + (300 \text{ mm} - 9 \text{ mm}) \cdot (6,5 \text{ mm})^3}{3}$$

$$J = 99.538,63 \text{ mm}^4$$

Untuk koefisien  $c = 1$  (SNI 03-1729-2015 Pasal F2-8a)

$$L_r = 1,95 \cdot 39,8 \cdot \frac{200.000}{0,7 \cdot 240} \cdot \sqrt{\frac{99.538,63 \cdot 1,0}{481.000 \cdot 300} + \sqrt{\left(\frac{99.538,63 \cdot 1,0}{481.000 \cdot 300}\right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 240}{200.000}\right)^2}}$$

$$L_r = 5044,05 \text{ mm}$$

Karena nilai  $L_b > L_r \rightarrow 10.400 \text{ mm} > 5044,05 \text{ mm}$

Maka:

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_o} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{MAX}}{2,5 M_{MAX} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan untuk nilai momen sebagai berikut:

MA = Momen pada  $\frac{1}{4} L = 1198,51 \text{ kg.m}$

MB = Momen pada  $\frac{1}{2} L = 2120,81 \text{ kg.m}$

MC = Momen pada  $\frac{3}{4} L = 420,41 \text{ kg.m}$

Mmaks = 3891,19 kg.m

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 1198,51}{2,5 \cdot 3891,19 + 3 \cdot 1198,51 + 4 \cdot 2120,81 + 3 \cdot 420,41}$$

$$C_b = 2,11$$

$$F_{cr} = \frac{2,11 \cdot \pi^2 \cdot 200.000}{\left(\frac{10.400}{39,8}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{99.538,63 \cdot 1,0}{481.000 \cdot 300} \cdot \left(\frac{10.400}{39,8}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 131,91 \text{ Mpa}$$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$M_n = 131,91 \text{ Mpa} \cdot 481.000 \text{ mm}^3 = 63.447.001,77 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 6344,7 \text{ kg.m} \leq 12.529,84 \text{ kg.m}$$

Untuk momen nominal, diambil yang paling kecil diantara  $M_n$  akibat pelelehan dan momen akibat tekuk torsi lateral, sehingga diambil nilai  $M_n = 6344,7 \text{ kg.m}$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 6344,7 \text{ kg.m} \geq 3891,19 \text{ kg.m}$$

$$5710,23 \text{ kg.m} \geq 3891,19 \text{ kg.m (OK!)}$$

#### 7.4.4.6 Perhitungan Geser Nominal

Diketahui geser maksimum:

$$V_{max} = 1968,97 \text{ kg}$$

Cek kebutuhan pengaku transversal:

Pengaku transversal tidak diperlukan bila  $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$$\frac{h}{tw} = \frac{300 \text{ mm}}{6,5 \text{ mm}} = 46,15$$

$$2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,46 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 71,01$$

Dikarenakan nilai  $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ , maka komponen struktur

tidak memerlukan pengaku transversal.

Maka untuk komponen struktur dengan badan tidak diperkaku, maka perhitungan kekuatan geser berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal G2.1.(a):

$$\frac{h}{tw} = \frac{300\text{mm}}{6,5\text{mm}} = 46,15$$

$$2,24 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,24 \cdot \sqrt{\frac{200.000\text{Mpa}}{240\text{Mpa}}} = 64,66$$

Karena nilai  $\frac{h}{tw} < 2,24 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$ , maka didapatkan:

$$\phi = 1,0 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$A_w = h \cdot tw = 300 \text{ mm} \cdot 6,5 \text{ mm} = 1950 \text{ mm}^2$$

Maka untuk kuat gesernya adalah:

$$V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w \cdot C_v$$

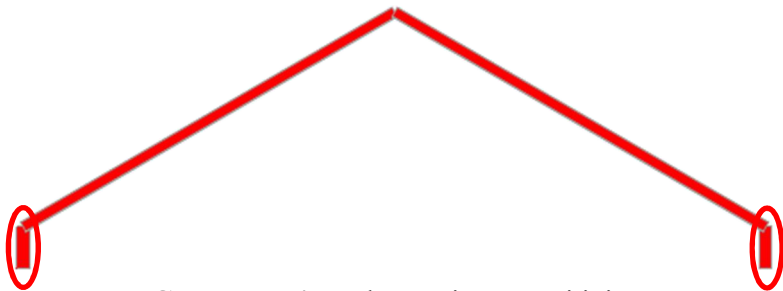
$$V_n = 0,6 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 1950 \text{ mm}^2 \cdot 1,0 = 280.800 \text{ N} = 28.080 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$1,0 \cdot 28.080 \text{ kg} \geq 1968,97 \text{ kg}$$

$$28.080 \text{ kg} \geq 1968,97 \text{ kg (OK!)}$$

#### 7.4.5 Perhitungan Kolom Baja



**Gambar 7. 47** Kolom Baja yang Ditinjau

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$L = 1,0 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

Apabila direncanakan profil kolom baja WF 250.250.14.14

W	= 82,2 kg/m	Ag	= 104,7 mm <sup>2</sup>
A	= 250 mm	Ix	= 11.500 cm <sup>4</sup>
B	= 250 mm	Iy	= 3880 cm <sup>4</sup>
tw	= 14 mm	ix	= 10.5 cm
tf	= 14 mm	iy	= 6.09 cm
Sx	= 919 cm <sup>3</sup>	r	= 16 mm
Sy	= 304 cm <sup>3</sup>		

#### 7.4.5.1 Gaya yang Terjadi pada Kolom Baja

Untuk mendapatkan gaya yang terjadi pada kuda-kuda, digunakan SAP 2000 v.14, yang didapatkan gaya-gaya pada frame 624 (kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5 W) sebagai berikut:



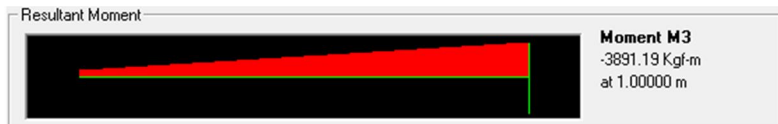
**Gambar 7. 48** Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Baja

- Didapatkan  $P_u = 4374,2$  kg



**Gambar 7. 49** Gaya Geser yang Terjadi pada Kolom Baja

- Didapatkan  $V_u = 3018,93$  kg



**Gambar 7. 50** Gaya Momen yang Terjadi pada Kolom Baja

- Didapatkan  $M_u = 3891,19$  kg.m

### 7.4.5.2 Perhitungan Tekan Nominal

Diketahui data-data sebagai berikut:

$P_{max}$	= 4374,2 kg
$A_g$	= 104,7 cm <sup>2</sup> = 10.470 mm <sup>2</sup>
$f_y$	= 240 Mpa
Panjang kolom	= 1,0 m = 1000 mm

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{250mm}{2 \cdot 14mm} = 8,9$$

$$\lambda_r = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200.000Mpa}{240Mpa}} = 16,2$$

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika nilai  $\lambda < \lambda_r$  maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 03-1729-2015 Pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

#### 1. Ke arah sumbu-X

##### a. Hitung kelangsingan batang

Faktor panjang tekuk,  $k = 1,0$  (sendi-sendi)

$$L_k = k \cdot L = 1,0 \cdot 1000 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{r_x} = \frac{1000 \text{ mm}}{105 \text{ mm}} = 9,52 < 200 \text{ (OK!)}$$

##### b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200.000Mpa}{240Mpa}} = 135,97$$



Karena nilai  $\frac{k \cdot L}{rx} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$ , maka untuk nilai Fcr

dipakai:

$$Fcr = \left[ 0,658 \frac{fy}{fe} \right] \cdot fy$$

$$\text{Dengan nilai } Fe = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{k \cdot L}{rx} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200.000 \text{ Mpa}}{(9,52)^2}$$

$$Fe = 21.762,48 \text{ Mpa}$$

Sehingga:

$$Fcr = \left[ 0,658 \frac{240 \text{ Mpa}}{21.762,48 \text{ Mpa}} \right] \cdot 240 \text{ Mpa} = 238,89 \text{ Mpa}$$

$$Pn = Fcr \cdot Ag = 238,89 \text{ Mpa} \cdot 10.470 \text{ mm}^2$$

$$Pn = 2.501.228,05 \text{ N} = 250.122,8 \text{ kg}$$

## 2. Ke arah sumbu-Y

### a. Hitung kelangsingan batang

Faktor panjang tekuk,  $k = 1,0$  (sendi-send)

$$Lk = k \cdot L = 1,0 \cdot 1000 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{Lk}{ry} = \frac{1000 \text{ mm}}{60,9 \text{ mm}} = 16,42 < 200 \text{ (OK!)}$$

### b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 135,97$$

Karena nilai  $\frac{k \cdot L}{rx} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$ , maka untuk nilai Fcr

dipakai:

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \cdot f_y$$

$$\text{Dengan nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{k \cdot L}{r_y} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200.000 \text{ Mpa}}{(16,42)^2}$$

$$f_e = 7320,9 \text{ Mpa}$$

Sehingga:

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{\frac{240 \text{ Mpa}}{7320,9 \text{ Mpa}}} \right] \cdot 240 \text{ Mpa} = 236,73 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 236,73 \text{ Mpa} \cdot 10.470 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 2.478.556,6 \text{ N} = 247.855,6 \text{ kg}$$

Maka untuk kuat tekan nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$P_n = 247.855,66 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot P_n = 0,9 \cdot 247.855,66 \text{ kg} = 223.070, \text{ kg}$$

$$\phi \cdot P_n = 223.070,1 \text{ kg} > P_{max} = 4374,2 \text{ kg (OK!)}$$

### 7.4.5.3 Perhitungan Momen Nominal

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$M_{max} = 3891,19 \text{ kg.m}$$

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

- Untuk badan:

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{250 \text{ mm}}{2 \cdot 14 \text{ mm}} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 10,97$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 28,87$$

Karena nilai  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang ini memiliki **badan kompak**.

- Untuk sayap:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{250 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 17,86$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 108,54$$

$$\lambda_p = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 164,54$$

Karena nilai  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang ini memiliki **sayap kompak**.

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika semua nilai  $\lambda < \lambda_p$  maka penampang yang dipakai termasuk **penampang kompak**.

Untuk profil WF, maka untuk perhitungan momen nominal profil dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2, yakni sebagai berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Untuk nilai  $Z_x$  adalah:

$$Z_x = \frac{t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^2}{4} + (h - t_f) \cdot t_f \cdot b_f$$

$$Z_x = \frac{14 \text{ mm} \cdot (250 \text{ mm} - 2 \cdot 14 \text{ mm})^2}{4} + (250 \text{ mm} - 14 \text{ mm}) \cdot 14 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}$$

$$Z_x = 998.494 \text{ mm}^3$$

Maka:

$$M_n = 240 \text{ Mpa} \cdot 998.494 \text{ mm}^3 = 239.638.560 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 23.963,86 \text{ kg.m}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral

Diketahui, panjang antar pengaku  $L_b = 1000 \text{ mm}$

Menghitung nilai  $L_p$ :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 60,9 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 3094,14 \text{ mm}$$

Karena nilai  $L_b < L_p \rightarrow 1000 \text{ mm} < 3094,14 \text{ mm}$ , maka berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2.(a), untuk momen nominal akibat tekuk torsi lateral dapat diabaikan

Untuk momen nominal, diambil nilai  $M_n = 23.963,86 \text{ kg.m}$

$\phi M_n \geq M_u$

$$0,9 \cdot 23.963,86 \text{ kg.m} \geq 3891,19 \text{ kg.m}$$

$$21.567,47 \text{ kg.m} \geq 3891,19 \text{ kg.m}$$

#### 7.4.5.4 Perhitungan Geser Nominal

Diketahui geser maksimum:

$$V_{\max} = 3018,93 \text{ kg}$$

Cek kebutuhan pengaku transversal:

Pengaku transversal tidak diperlukan bila  $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$$\frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 17,86$$

$$2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,46 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 71,01$$

Dikarenakan nilai  $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ , maka komponen struktur

tidak memerlukan pengaku transversal.

Maka untuk komponen struktur dengan badan tidak diperkaku, maka perhitungan kekuatan geser berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal G2.1.(a):

$$\frac{h}{tw} = \frac{300 \text{ mm}}{6,5 \text{ mm}} = 46,15$$

$$2,24 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \cdot \sqrt{\frac{200.000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 64,66$$

Karena nilai  $\frac{h}{tw} < 2,24 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ , maka didapatkan:

$$\phi = 1,0 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$A_w = h \cdot tw = 250 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} = 3500 \text{ mm}^2$$

Maka untuk kuat gesernya adalah:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 0,6 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 3500 \text{ mm}^2 \cdot 1,0 = 540.000 \text{ N} = 50.400 \text{ kg}$$

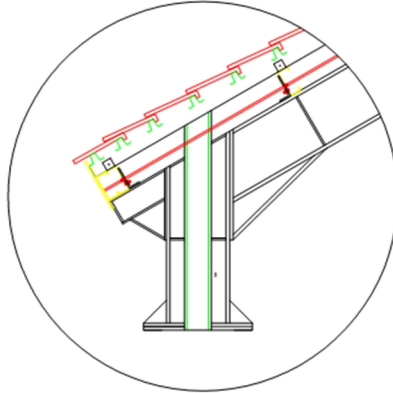
$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$1,0 \cdot 50.400 \text{ kg} \geq 3018,93 \text{ kg}$$

$$50.400 \text{ kg} \geq 3018,93 \text{ kg (OK!)}$$

## 7.4.6 Perhitungan Sambungan

### 7.4.6.1 Sambungan A (Kuda-kuda dengan Kolom)



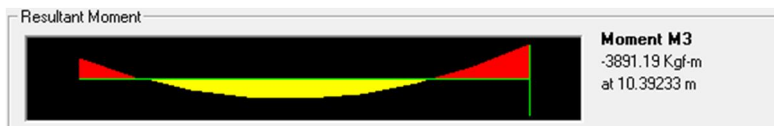
**Gambar 7. 51** Sambungan Kuda-kuda dengan Kolom

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:



**Gambar 7. 52** Geser yang Terjadi pada Sambungan A

- $V_u = 1968,97 \text{ kg}$



**Gambar 7. 53** Momen yang Terjadi pada Sambungan A

- $M_u = 3891,19 \text{ kg.m}$

## 1. Perencanaan sambungan baut

Apabila direncanakan:

Type	=	A325 (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.2)
$f_{nt}$	=	620 Mpa
$f_{nv}$	=	372 Mpa
Diameter baut, $d_b$	=	16 mm
Diameter lubang, $d_o$	=	18 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.3.M)
Jumlah baut	=	8 buah
Mutu plat sambung	=	BJ 41
$F_y$	=	250 Mpa
$F_u$	=	410 Mpa
Tebal plat sambung, $t_p$	=	8 mm
Tinggi plat tambah	=	150 mm

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2,67 d_b$  dan tidak boleh lebih dari  $15 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi 305mm, sehingga:

$$2,67 \cdot 16 \text{ mm} < S < 16 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$42,7 \text{ mm} < S < 192 \text{ mm}$$

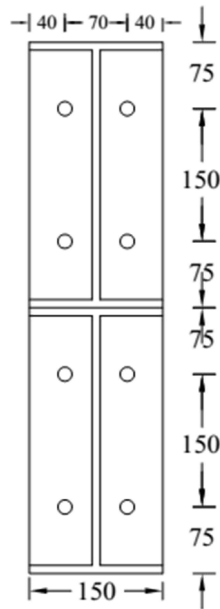
Sehingga diambil nilai  $S = 150 \text{ mm}$

Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan Pasal J3.5, dimana untuk baut ukuran 16 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 22 mm dan untuk jarak maksimum diambil sebesar  $12 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi dari 150 mm, sehingga:

$$22 \text{ mm} < S_1 < 12 \cdot t_p$$

$$22 \text{ mm} < S_1 < 96 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S_1 = 40 \text{ mm}$



**Gambar 7. 54** Konfigurasi Baut pada Sambungan A

a. Perhitungan akibat geser pada baut

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 74.795,04 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_n = 1,2 \cdot \ell_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 70 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \leq 2,4 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}$$

$$= 295.200 \text{ N} \leq 74.795,04 \text{ N}$$

Maka dipakai  $R_n = 74.795,04 \text{ N}$



Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni  $R_n = 74.795,04 \text{ N} = 7479,5 \text{ kg}$

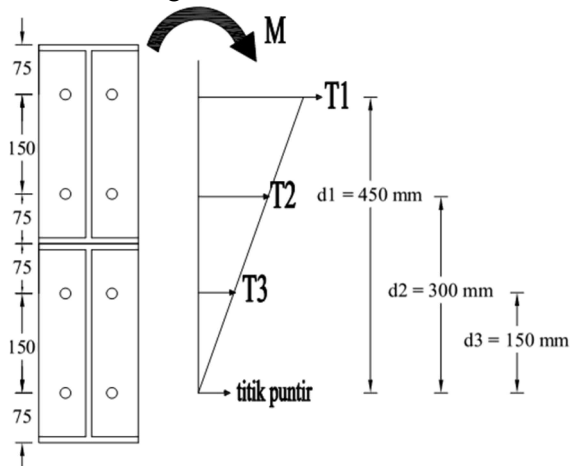
$\emptyset \cdot R_n \geq V_u$

$0.75 \cdot 7479,5 \text{ kg} \geq 1968,97 \text{ kg}$

$5609,63 \text{ kg} \geq 1968,97 \text{ kg}$  (OK!)

b. Perhitungan akibat gaya momen:

$M_u = 3891,19 \text{ kg.m} = 38.911.900 \text{ N.mm}$



**Gambar 7.55** Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut

Menghitung gaya tarik akibat momen ( $T_u$ ):

$$\sum d_n^2 = (450\text{mm})^2 + (300\text{mm})^2 + (150\text{mm})^2$$

$$\sum d_n^2 = 315.000 \text{ mm}^2$$

• Untuk  $T_1$ , maka:

$$T_1 = \frac{M \cdot d_1}{\sum d_n^2} = \frac{38.911.900 \text{ N.mm} \cdot 450 \text{ mm}}{315.000 \text{ mm}^2}$$

$$T_1 = 55.588,43 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka:

$$T2 = \frac{M \cdot d_2}{\sum d_n^2} = \frac{38.911.900 N \cdot mm \cdot 300 mm}{315.000 mm^2}$$

$$T2 = 37.058,95 \text{ N}$$

- Untuk T3, maka:

$$T3 = \frac{M \cdot d_3}{\sum d_n^2} = \frac{38.911.900 N \cdot mm \cdot 150 mm}{315.000 mm^2}$$

$$T3 = 18.529,48 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai T yang dipakai adalah yang terbesar, yakni  $T_u = 55.588,43 \text{ N} = 5558,84 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$R_n = F_{nt} \cdot A_b$$

$$= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 124.658,4 \text{ N}$$

$$= 12.465,83 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot R_n \geq T_u$$

$$0,75 \cdot 12.465,83 \text{ kg} \geq 5558,84 \text{ kg}$$

$$9349,37 \text{ kg} \geq 5558,84 \text{ kg (OK!)}$$

## 2. Perencanaan sambungan las sudut

Apabila direncanakan:

$$\text{Tebal plat} = 8 \text{ mm}$$

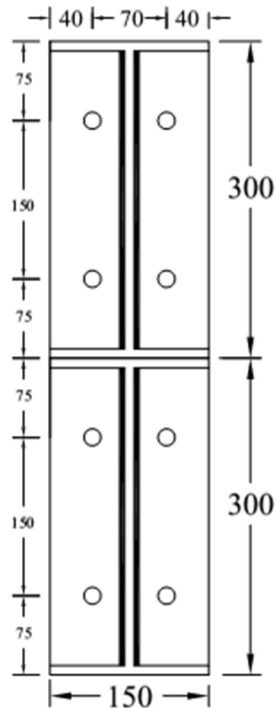
Sambungan las dengan:

$$\text{Mutu logam pengisi} = \text{FE60xx}$$

$$F_{EXX} = 4826,3 \text{ kg/cm}^2 = 482,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal minimum las sudut} = 5 \text{ mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)}$$

tebal maksimum las sudut =  $8 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$   
 (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)  
 diambil tebal las pakai =  $6 \text{ mm}$   
 Profil yang di las WF 300.150.6,5.9



**Gambar 7. 56** Panjang Las pada Sambungan A

Menghitung panjang las ( $L_w$ ):

$$L_w = 2 \times (300 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \text{ mm}) + 2 \times (300 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \text{ mm})$$

$$L_w = 1120 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif ( $A_{we}$ ):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las}$$

$$A_{we} = 1120 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} = 6720 \text{ mm}^2$$

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot Awe$$

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 482,63 \text{ N/mm}^2 \cdot 6720 \text{ mm}^2 \\ = 1.459.473,12 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar:

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot fu \cdot Awe$$

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 6720 \text{ mm}^2 \\ = 1.239.840 \text{ N}$$

Sehingga dipakai nilai  $\emptyset.Rn$  terkecil yakni = 1.239.840 N = 123.984 kg

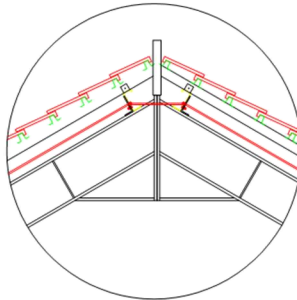
Kontrol:

$$\emptyset.Rn > Vu$$

$$123.984 \text{ kg} > 1968,97 \text{ kg (OK!)}$$

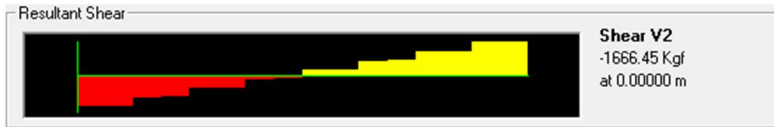
**(Catatan:** Terdapat revisi sambungan pada bagian Lampiran 3)

#### 7.4.6.2 Sambungan B (Antar Kuda-kuda)



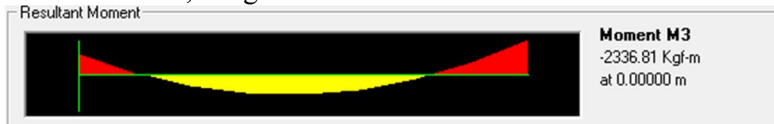
**Gambar 7. 57** Sambungan Kuda-kuda dengan Kuda-kuda

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:



**Gambar 7. 58** Gaya yang Terjadi pada Sambungan B

- $V_u = 1666,45 \text{ kg}$



**Gambar 7. 59** Gaya yang Terjadi pada Sambungan B

- $M_u = 2336,81 \text{ kg.m}$

#### 1. Perencanaan sambungan baut

Apabila direncanakan:

Tipe	=	A325 (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.2)
$f_{nt}$	=	620 Mpa
$f_{nv}$	=	372 Mpa
Diameter baut, $d_b$	=	16 mm
Diameter lubang, $d_o$	=	18 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.3.M)
Jumlah baut	=	8 buah
Mutu plat sambung	=	BJ 41
$F_y$	=	250 Mpa
$F_u$	=	410 Mpa
Tebal plat sambung, $t_p$	=	8 mm
Tinggi plat tambah	=	150 mm

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2,67 d_b$  dan tidak boleh lebih dari  $15 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi 305mm, sehingga:

$$2,67 \cdot 16 \text{ mm} < S < 16 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$42,7 \text{ mm} < S < 192 \text{ mm}$$

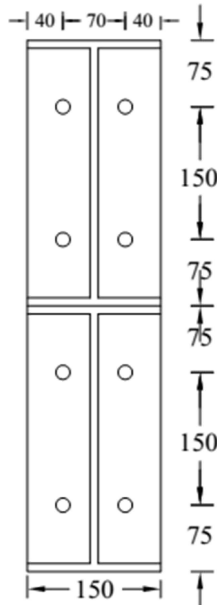
Sehingga diambil nilai  $S = 150 \text{ mm}$

Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5, dimana untuk baut ukuran 16 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 22 mm dan untuk jarak maksimum diambil sebesar 12 tp namun tidak boleh diambil melebihi dari 150 mm, sehingga:

$$22 \text{ mm} < S1 < 12 \cdot tp$$

$$22 \text{ mm} < S1 < 96 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S1 = 40 \text{ mm}$



**Gambar 7. 60** Konfigurasi Baut pada Sambungan A

a. Perhitungan akibat geser pada baut:

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 74795,04 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \cdot \ell_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u \\ &= 1,2 \cdot 70 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \leq 2,4 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \\ &= 590.400 \text{ N} \leq 125.952 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $R_n = 125.952 \text{ N}$

Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni  $R_n = 74.795,04 \text{ N} = 7479,5 \text{ kg}$

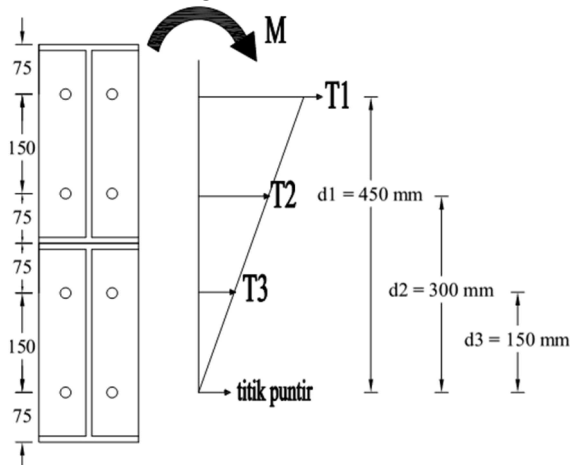
$\emptyset \cdot R_n \geq V_u$

$$0,75 \cdot 7479,5 \text{ kg} \geq 1666,45 \text{ kg}$$

$$5609,63 \text{ kg} \geq 1666,45 \text{ kg (OK!)}$$

- b. Perhitungan akibat gaya momen:

$$M_u = 2336,81 \text{ kg.m} = 23.368.100 \text{ N.mm}$$



**Gambar 7. 61** Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut

Menghitung gaya tarik akibat momen (Tu):

$$\sum d_n^2 = (450\text{mm})^2 + (300\text{mm})^2 + (150\text{mm})^2$$

$$\sum d_n^2 = 315.000 \text{ mm}^2$$

- Untuk T1, maka:

$$T1 = \frac{M \cdot d_1}{\sum d_n^2} = \frac{23.368.100\text{N}\cdot\text{mm} \cdot 450\text{mm}}{315.000\text{mm}^2}$$

$$T1 = 33.383,0 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka:

$$T2 = \frac{M \cdot d_2}{\sum d_n^2} = \frac{23.368.100\text{N}\cdot\text{mm} \cdot 300\text{mm}}{315.000\text{mm}^2}$$

$$T2 = 22.255,33 \text{ N}$$

- Untuk T3, maka:

$$T3 = \frac{M \cdot d_3}{\sum d_n^2} = \frac{23.368.100\text{N}\cdot\text{mm} \cdot 150\text{mm}}{315.000\text{mm}^2}$$

$$T3 = 11.127,67 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai Tn yang dipakai adalah yang terbesar, yakni  $Tu = 33.383,0 \text{ N} = 3338,3 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$Rn = Fnt \cdot Ab$$

$$= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \right) = 124.658,4 \text{ N}$$

$$= 12.465,83 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot Rn \geq Tu$$

$$0,75 \cdot 12.465,83 \text{ kg} \geq 3338,3 \text{ kg}$$

$$9349,37 \text{ kg} \geq 3338,3 \text{ kg (OK!)}$$



## 2. Perencanaan sambungan las sudut

Apabila direncanakan:

Tebal plat = 8 mm

Sambungan las dengan:

Mutu logam pengisi = FE60xx

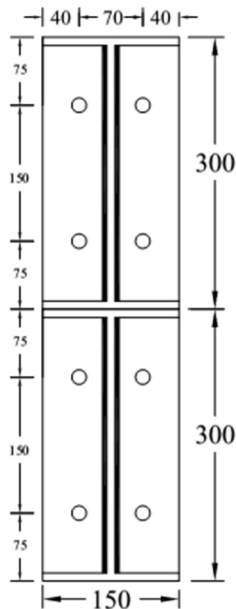
$F_{EXX} = 4826,3 \text{ kg/cm}^2 = 482,63 \text{ N/mm}^2$

tebal minimum las sudut = 5 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = 8 mm – 2 mm = 6 mm  
(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)

diambil tebal las pakai = 6 mm

Profil yang di las WF 300.150.6,5.9



**Gambar 7. 62** Panjang Las pada Sambungan A

Menghitung panjang las ( $L_w$ ):

$$L_w = 2 \times (300\text{mm} - 2 \cdot 9\text{mm}) + 2 \times (300\text{mm} - 2 \cdot 11\text{mm})$$

$$L_w = 1120\text{ mm}$$

Menghitung luas efektif ( $A_{we}$ ):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las}$$

$$A_{we} = 1120\text{ mm} \cdot 6\text{ mm} = 6720\text{ mm}^2$$

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we}$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 482,63\text{ N/mm}^2 \cdot 6720\text{ mm}^2$$

$$= 1.459.473,12\text{ N}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar:

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410\text{ Mpa} \cdot 6720\text{ mm}^2$$

$$= 1.239.480\text{ N}$$

Sehingga dipakai nilai  $\phi \cdot R_n$  terkecil yakni = 1.239.480 N = 123.984 kg

Kontrol:

$$\phi \cdot R_n > V_u$$

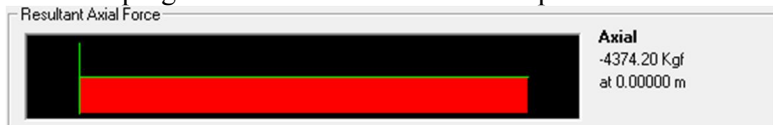
$$123.984\text{ kg} > 1666,45\text{ kg (OK!)}$$

#### 7.4.6.3 Sambungan C (Kolom dengan Plat Landas)

Diketahui data-data sebagai berikut:

Dimensi kolom baja WF 250.250.14.14

Beban yang terjadi pada ujung kolom (frame 624) berdasarkan hasil dari program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan:



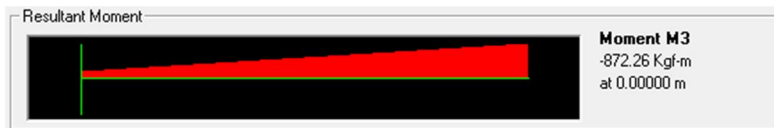
**Gambar 7. 63** Gaya yang Terjadi pada Sambungan C

- $P_u = 4374,2 \text{ kg} = 43.742,0 \text{ N}$



**Gambar 7. 64** Gaya yang Terjadi pada Sambungan C

- $V_u = 3018,93 \text{ kg} = 30.189,3 \text{ N}$



**Gambar 7. 65** Gaya yang Terjadi pada Sambungan C

- $M_u = 872,26 \text{ kg.m} = 8.722.600 \text{ N.mm}$

Kolom beton yang dipakai = 600 mm x 600 mm  
 $f_c'$  = 35 Mpa

Baut pada angkur:

Tipe baut angkut = A-325

Diameter baut = 16 mm

$f_{nt}$  = 620 Mpa

$f_{nv}$  = 372 Mpa

1. Perencanaan dimensi plat landas:

Mencari luas perlu, A:

$$F_c' \geq P_u / A$$

$$35 \text{ Mpa} \geq (35.218,4 \text{ N}) / A$$

$$A \geq 1006,24 \text{ mm}^2$$

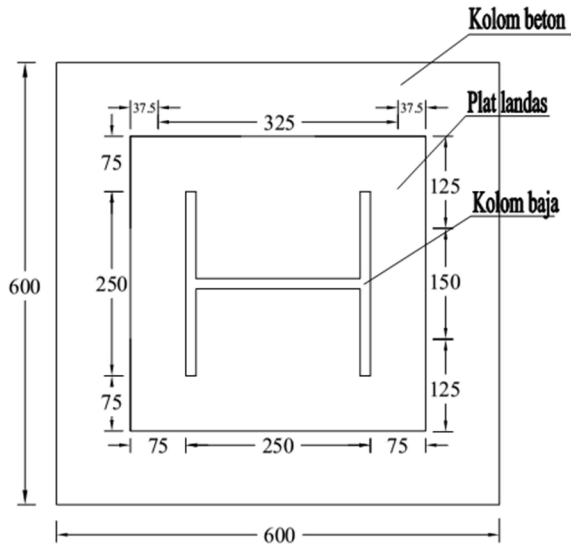
Apabila direncanakan:

b plat = 400 mm

h plat = 400 mm

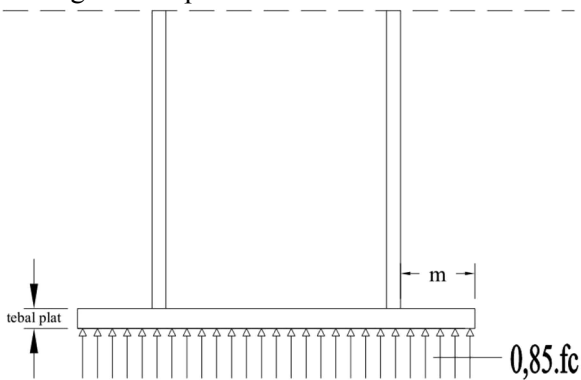
$$b \times h = 400 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} = 160.000 \text{ mm}^2 > 1006,24 \text{ mm}^2$$

(OK!)



**Gambar 7. 66** Rencana Dimensi Plat Landas

## 2. Perhitungan tebal plat landas:



**Gambar 7. 67** Gaya yang Terjadi pada Plat Landas

Tegangan yang terjadi dibawah plat landas,  $f_{pu}$ :  
 $f_{pu} = 0,85 \cdot f_c' = 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} = 29,75 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \text{Modulus penampang, } S &= 1/6 \cdot b \cdot t_p^2 \\ &= 1/6 \cdot 400 \text{ mm} \cdot t_p^2 \\ &= 66,67 \text{ mm} \cdot t_p^2 \end{aligned}$$

Sehingga tebal penampang yang dibutuhkan adalah:

$$f_y \geq \frac{M}{S}$$

$$f_y \geq \frac{1/2 \cdot f_{pu} \cdot m^2}{S}$$

$$240 \text{ Mpa} \geq \frac{1/2 \cdot 29,75 \text{ Mpa} \cdot (75 \text{ mm})^2}{66,67 \text{ mm} \cdot t_p^2}$$

$$t_p \geq \sqrt{\frac{1/2 \cdot 29,75 \text{ Mpa} \cdot (75 \text{ mm})^2}{66,67 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}}}$$

$$t_p \geq 2,287 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

Sehingga tebal plat landas yang dipakai adalah tebal 5 mm

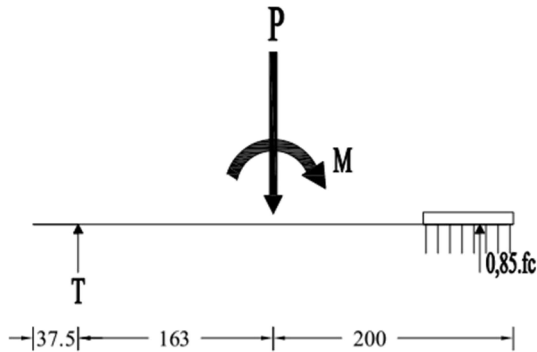
### 3. Perhitungan jumlah angkur pada plat landas:

Data-data angkur:

$$\text{Diameter angkur} = 13 \text{ mm}$$

$$f_{nt} = 620 \text{ Mpa}$$

$$f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$$



**Gambar 7. 68** Tegangan Angkur Akibat Reaksi Plat Landas

$$\Sigma V = 0$$

$$T - P - 0,85 \cdot fc \cdot b \cdot a = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

$$P \cdot 163 \text{ mm} + M - 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b = 0$$

$$43.742,0 \text{ N} \cdot 163 \text{ mm} + 8.722.600 \text{ N}\cdot\text{mm} - 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot a \cdot 400 \text{ mm} \cdot (363 \text{ mm} - \frac{1}{2} a) = 0$$

$$15.852.546 \text{ N}\cdot\text{mm} - (4.319.700 \text{ N}) a + (5950 \text{ N/mm}) a^2 = 0$$

$$2664,29 \text{ N}\cdot\text{mm} - (726 \text{ N}) a + a^2 = 0$$

Persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus ABC:

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$a_{1,2} = \frac{-(-726) \pm \sqrt{(-726)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2664,29}}{2 \cdot 1}$$

$$a_1 = 722,31 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3,68 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, yang dipakai adalah nilai  $a = 8,08 \text{ mm}$ , sehingga:

$$T - P - 0,85 \cdot fc \cdot b \cdot a = 0$$

$$T = P + 0,85 \cdot fc \cdot b \cdot a = 0$$

$$T = 43.742,0 \text{ N} + (0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 8,08 \text{ mm})$$

$$T = 87.635,94 \text{ N} = 8763,59 \text{ kg}$$

Didapatkan nilai tegangan tarik yang terjadi pada angker sebesar 8763,59 kg

Untuk kuat tarik satu baut adalah:

$$\begin{aligned} \phi T_n &= F_{nt} \cdot A_b \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 124.658, \text{ N} = 12.465,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga untuk jumlah angker yang dibutuhkan adalah:

$$N = \frac{T_u}{\phi \cdot T_n} = \frac{8763,59 \text{ kg}}{12.465,84 \text{ kg}} = 0,7 \approx 2 \text{ buah}$$

Didapatkan total kebutuhan angkur yang dipasang untuk setiap sisinya adalah 2, sehingga untuk kebutuhan keseluruhan adalah 4 angkur.

Perhitungan angkur terhadap gaya geser  $V_u = 27.757,4 \text{ N}$

Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nv} \cdot A_b \\ &= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 74.795,0 \text{ N} \end{aligned}$$

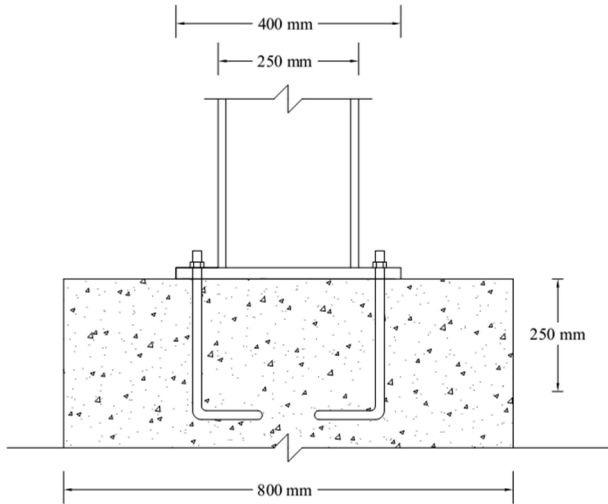
Dikarenakan 4 angkur, maka total kuat geser angkur:

$$4 \times 74.795,0 \text{ N} = 299.180,15 \text{ N} > 74.795,0 \text{ N} \text{ (OK!)}$$

4. Panjang penyaluran angkur:

$$L_h = \frac{T_u}{n \cdot 0,75 \cdot f_c' \cdot d_b} = \frac{87.635,94}{4 \cdot 0,75 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 16 \text{ mm}} = 208,65 \text{ mm}$$

Maka diambil panjang penyaluran sepanjang = 250 mm



**Gambar 7. 69** Panjang Penyaluran Angkur

5. Perencanaan sambungan las sudut:

Apabila direncanakan:

Tebal plat = 5 mm

Sambungan las dengan:

Mutu logam pengisi = FE60xx

$F_{EXX} = 4826,3 \text{ kg/cm}^2 = 482,63 \text{ N/mm}^2$

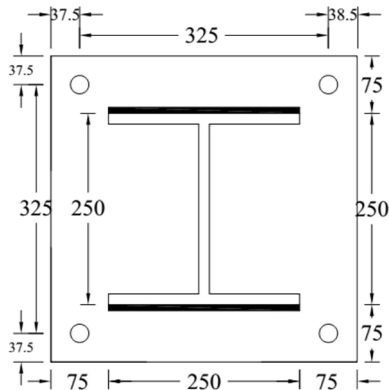
tebal minimum las sudut = 3 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = 5 mm – 2 mm = 3 mm  
(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)

diambil tebal las pakai = 3 mm

Profil yang di las WF 250.250.14.14





**Gambar 7. 70** Panjang Las pada Sambungan C

Menghitung panjang las ( $L_w$ ):

$$L_w = 2 \times 250 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif ( $A_{we}$ ):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las} = 500 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}^2$$

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:
 
$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we} \\ \emptyset.R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4826,3 \text{ N/mm}^2 \cdot 1500 \text{ mm}^2 \\ &= 325.775,25 \text{ N} \end{aligned}$$
- Ketahanan terhadap bahan dasar:
 
$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we} \\ \emptyset.R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 1500 \text{ mm}^2 \\ &= 276.750 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai nilai  $\emptyset.R_n$  terkecil yakni = 276.750 N = 27.675 kg

Kontrol:

$$\emptyset.R_n > V_u$$

$$27.675 \text{ kg} > 1249,77 \text{ kg (OK!)}$$

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

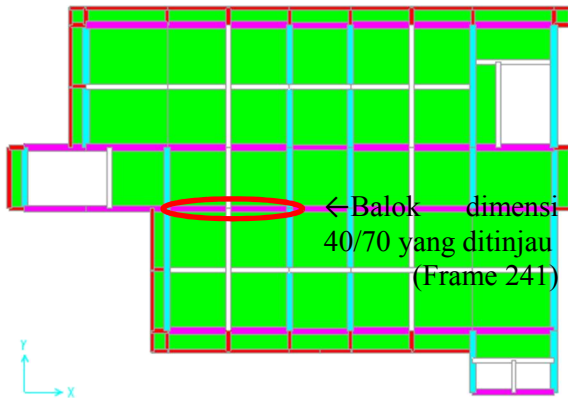


## 8.2 Desain Struktur Balok

Pada perhitungan penulangan balok, balok yang dihitung secara manual adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

### 8.2.1 Perhitungan Balok Ukuran 40/70 (Frame 500)

Dari perhitungan program bantu SAP 2000 v.14, untuk gaya paling besar yang terjadi pada balok induk dimensi 40/70 terdapat pada frame 241.



**Gambar 8.3** Balok yang Ditinjau dalam Perhitungan

#### 8.2.1.1 Data Perencanaan

Mutu beton  $f'_c$  = 35 Mpa

Dimensi balok induk = 400 x 700 mm

Bentang balok (L) = 7200 mm

Bentang bersih balok ( $L_n$ ) =  $(7200 - 800/2 - 800/2)$  mm  
= 6400 mm

Cover (t) = 40 mm

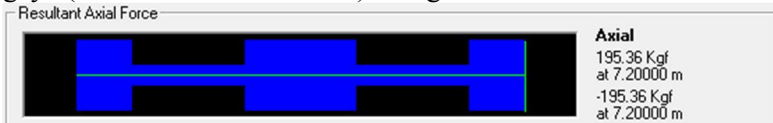
Diameter tulangan lentur = 25 mm,  $f_y = 400$  Mpa

Diameter tulangan geser = 13 mm,  $f_y = 400$  Mpa

$\beta_1$  =  $0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$

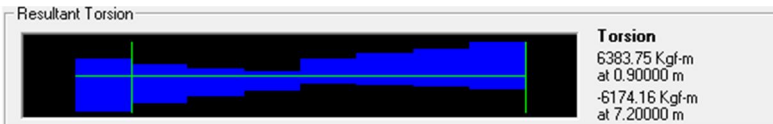
### 8.2.1.2 Gaya yang Terjadi Pada Balok

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok, nantinya dilihat menggunakan program bantu SAP 2000 v.14. Didapatkan gaya gaya (kombinasi ENVELOPE) sebagai berikut:



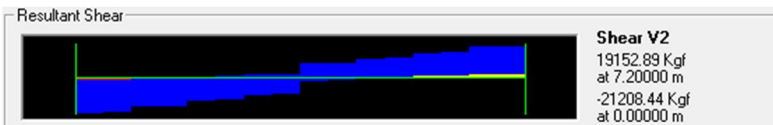
**Gambar 8. 4** Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan nilai  $P_u = 195,36$  kg



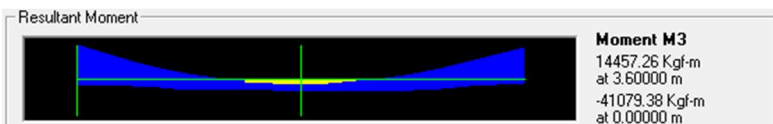
**Gambar 8. 5** Gaya Torsi yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan nilai  $T_u = 6383,75$  kg.m



**Gambar 8. 6** Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan nilai  $V_u = 21.208,44$  kg



**Gambar 8. 7** Gaya Momen yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

**Tabel 8. 1** Tabel Gaya Akibat Gaya Gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan	Kanan	-381.24
2	Tumpuan Kanan	Kiri	53.98
3	Tumpuan Kiri	Kiri	-410.79
4	Tumpuan Kiri	Kanan	68.11
5	Lapangan	Kanan & Kiri	144.57

### 8.2.1.3 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum  $0,1 A_g \cdot f_c'$   
 $0,1 A_g \cdot f_c' = 0,1 \times 400 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa} = 980 \text{ kN}$   
 Dari program bantu SAP 2000 v.14. didapatkan:  
 $P_u = 1,95 \text{ kN} < 980 \text{ kN}$  (OK!)
- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2)  
 $L_n = 6400 \text{ mm}$   
 $d = h_{\text{balok}} - t - \text{sengkang} - d. \text{lentur} - (d. \text{lentur} / 2)$   
 $d = 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (25\text{mm}/2)$   
 $d = 634,5 \text{ mm}$  (asumsi terdapat 1 lapis tulangan lentur)  
 $4d = 4 \cdot (634,5 \text{ mm}) = 2538 \text{ mm} < 6400 \text{ mm}$   
 $4d < L_d$  (OK!)
- Lebar komponen tidak boleh kurang dari  $0,3h$  dan  $250 \text{ mm}$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3)  
 $b/h = 400 \text{ mm} / 700 \text{ mm} = 0,57 > 0,3$  (OK!)  
 $400 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$  (OK!)

### 8.2.1.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

1. **Kondisi 1** (Momen tumpuan kanan dengan momen negatif yakni  $M_u = -381,24 \text{ kN.m}$ )  
 Cek momen nominal aktual:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{381,24 \text{ kN.m}}{0,9} = 423,6 \text{ kN.m}$$

Jika diambil harga  $X_r \leq 0,75 X_b$  untuk mencari titik berat, sehingga:

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 634,5 \text{ mm} = 380,7 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,625 \times 380,7 \text{ mm} = 237,93 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai  $X_r = 200 \text{ mm}$

$$d' = t + d. \text{ sengkang} + d. \text{ lentur} / 2 = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm} / 2$$

$$d' = 65,5 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} = 4760 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{f_y} \right)$$

$$M_{nc} = 4760 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{0,8 \cdot 200 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$M_{nc} = 1.207.326.400 \text{ N.mm} = 1.207,33 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 423,6 \text{ kN.m} - 1.207,33 \text{ kN.m} = -783,73 \text{ kN.m}$$

Karena nilai  $M_n - M_{nc} < 0$  maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan tulangan tunggal.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{423.601.222 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (634,5 \text{ mm})^2} = 2,63 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 2,63 N / mm^2}{400 Mpa}} \right)$$

$$\rho = 0,0068$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 Mpa} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,022 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Karena  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ , maka dipakai  $\rho = 0,0068$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0068 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 1750,17 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 4-D25 dengan  $\text{As} = 1963,49 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (4 \times 25 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$s = 64,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK!)}$$

Cek batas jarak antar tulangan untuk membatasi retak yang terjadi di daerah tarik:

$$s_{\max} = 380 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

$$\text{Dengan } C_c = t + d.\text{senggang} = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} = 53 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \cdot \left( \frac{280}{0,67 \cdot 400 Mpa} \right) - 2,5 \cdot 53 \text{ mm} = 264,51 \text{ mm}$$

$$s = 64,67 \text{ mm} < 264,51 \text{ mm (OK!)}$$

2. **Kondisi 3** (Momen tumpuan kiri dengan momen negatif terbesar yakni  $M_u = -410,79 \text{ kN.m}$ )

Cek momen nominal aktual:



$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{410,79 \text{ kN.m}}{0,9} = 456,43 \text{ kN.m}$$

Jika diambil harga  $Xr \leq 0,75 Xb$  untuk mencari titik berat, sehingga:

$$Xb = \frac{600}{600 + fy} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 634,5 \text{ mm} = 380,7 \text{ mm}$$

$$Xr = 0,625 \times 380,7 \text{ mm} = 237,93 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai  $Xr = 200 \text{ mm}$

$$d' = t + d. \text{ sengkang} + d. \text{ lentur}/2 = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm}/2$$

$$d' = 65,5 \text{ mm}$$

$$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot b \cdot Xr}{fy}$$

$$Asc = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} = 4760 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot Xr}{fy} \right)$$

$$Mnc = 4760 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{0,8 \cdot 200 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$Mnc = 1.207.326.400 \text{ N.mm} = 1.207,33 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc = 456,43 \text{ kN.m} - 1.207,33 \text{ kN.m} = -750,89 \text{ kN.m}$$

Karena nilai  $Mn - Mnc < 0$  maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan tulangan tunggal.

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{456.437.556 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (634,5 \text{ mm})^2} = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 2,83N / mm^2}{400Mpa}} \right)$$

$$\rho = 0,0074$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400Mpa} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,022 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Karena  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ , maka dipakai  $\rho = 0,0074$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0074 \cdot 400mm \cdot 634,5mm$$

$$As_{\text{perlu}} = 1893,37 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 4-D25 dengan  $As = 1963,49 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.lentur)}{n - 1}$$

$$s = \frac{400mm - 2 \cdot 40mm - 2 \cdot 13mm - (4 \times 25mm)}{4 - 1}$$

$$s = 64,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK!)}$$

Cek batas jarak antar tulangan untuk membatasi retak yang terjadi di daerah tarik:

$$s_{\max} = 380 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot Cc$$

$$\text{Dengan } Cc = t + d. \text{ senggang} = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} = 53 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \cdot \left( \frac{280}{0,67 \cdot 400Mpa} \right) - 2,5 \cdot 53mm = 264,51 \text{ mm}$$

$$s = 64,67 \text{ mm} < 264,51 \text{ mm (OK!)}$$

3. **Kondisi 2** (Momen tumpuan kanan dengan momen positif yakni  $M_u = 53,98 \text{ kN.m}$ )

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{53,98 \text{ kN.m}}{0,9} = 59,98 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{59.975.444 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (634,5 \text{ mm})^2} = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,37 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,001$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Karena  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 888,3 \text{ mm}^2$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.*

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{1}{2} \cdot \text{As perlu tul. negatif tumpuan kanan} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1750,17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As min} = 875,08 \text{ mm}^2$$

Karena  $888,3 \text{ mm}^2 > 875,08 \text{ mm}^2$  maka yang dipakai adalah

$$\text{As perlu} = 888,3 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 2-D25 dengan  $\text{As} = 981,74 \text{ mm}^2$

4. **Kondisi 4** (Momen tumpuan kiri dengan momen positif yakni  $M_u = 68,11 \text{ kN.m}$ )

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{68,11 \text{ kN.m}}{0,9} = 75,68 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{75.677.556 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (634,5 \text{ mm})^2} = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,46 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,001$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Karena  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 888,3 \text{ mm}^2$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.*

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{1}{2} \cdot \text{As perlu tul. negatif tumpuan kiri} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1893,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As min} = 946,68 \text{ mm}^2$$

Karena  $888,3 \text{ mm}^2 < 946,68 \text{ mm}^2$  maka yang dipakai adalah

$$\text{As perlu} = 946,68 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 2-D25 dengan  $\text{As} = 981,74 \text{ mm}^2$

5. **Kondisi 5** (Momen lapangan sebesar  $M_u = 144,57 \text{ kN.m}$ )

$$Mn_1 = \frac{M_u}{\phi} = \frac{144,57 \text{ kN.m}}{0,9} = 160,63 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{160.636.222 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (634,5 \text{ mm})^2} = 0,99 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,99 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0025$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Karena  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 888,3 \text{ mm}^2$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.*

$$\text{As min} = \frac{1}{4} \cdot \text{As perlu terbesar}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 1893,4 \text{ mm}^2 = 473,35 \text{ mm}^2$$

Karena  $888,3 \text{ mm}^2 > 473,35 \text{ mm}^2$  maka yang dipakai adalah nilai  $\text{As perlu} = 888,3 \text{ mm}^2$

Maka dipakai tulangan 2-D25 dengan  $\text{As} = 981,74 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{sengkan} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{400\text{ mm} - 2 \cdot 40\text{ mm} - 2 \cdot 13\text{ mm} - (2 \times 25\text{ mm})}{2 - 1}$$

$$s = 244,0\text{ mm} > 25\text{ mm (OK!)}$$

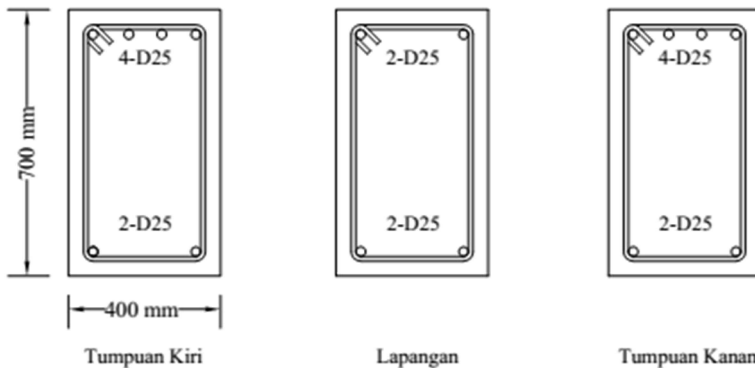
Cek batas jarak antar tulangan untuk membatasi retak yang terjadi di daerah tarik:

$$s_{\text{max}} = 264,51\text{ mm}$$

$$s = 244,0\text{ mm} < 264,51\text{ mm (OK!)}$$

Untuk tulangan tekan pada daerah lapangan mengikuti SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1 bahwa *mengharuskan sekurang-kurangnya ada 2 tulangan yang dibuat menerus pada kedua sisi atas dan bawah*, sehingga digunakan **2-D25** untuk tulangan tekan.

Sehingga untuk penulangan longitudinal pada balok dimensi 40/70 adalah seperti pada gambar berikut:



**Gambar 8. 8** Konfigurasi Penulangan Penampang-penampang Kritis pada Balok 40/70

### 8.2.1.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

#### 1. Menghitung *Probable Moment Capacities* (Mpr)

##### a. Mpr apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (4D25,  $A_s = 1963,5 \text{ mm}^2$ )

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-1} = 82,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot 1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{82,5 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 582.421.920,24 \text{ N.mm} = 582,42 \text{ kN.m}$$

Kondisi 4 (2D25,  $A_s = 981,75 \text{ mm}^2$ )

$$a_{pr-4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-4} = 41,24 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a_{pr-4}}{2} \right)$$

$$M_{pr-4} = 1,25 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{41,24 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr-4} = 301.335.209,65 \text{ N.mm} = 301,34 \text{ kN.m}$$

##### b. Mpr apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 3 (4D25,  $A_s = 1963,49 \text{ mm}^2$ )

$$a_{pr-3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-3} = 82,49 \text{ mm}$$

$$M_{pr\_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a_{pr\_3}}{2} \right)$$

$$M_{pr\_3} = 1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{82,49 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr\_3} = 582.421.920,24 \text{ N.mm} = 582,42 \text{ kN.m}$$

Kondisi 2 (2D25 =,  $A_s = 981,74 \text{ mm}^2$ )

$$a_{pr\_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 981,74 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr\_2} = 41,24 \text{ mm}$$

$$M_{pr\_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a_{pr\_2}}{2} \right)$$

$$M_{pr\_2} = 1,25 \cdot 981,74 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{41,24 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr\_2} = 301.335.209,65 \text{ N.mm} = 301,34 \text{ kN.m}$$

## 2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Dalam mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.

Untuk gaya gravitasi dengan kombinasi 1,2D + 1,0L didapatkan pada program bantu SAP 2000 v.14 adalah sebagai berikut:



**Gambar 8. 9** Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1,0L pada Balok yang Ditinjau



Didapatkan  $V_g = 12.853,32 \text{ kg} = 128,53 \text{ kN}$

$$\text{Maka: } \omega u = \frac{V_g \cdot 2}{\ell n} = \frac{12.853,2 \text{ kg} \cdot 2}{6,4 \text{ m}} = 4016,66 \text{ kg/m}$$

$$\omega u = 40,16 \text{ kN/m}$$

a. Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan:

- Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr\_3} + M_{pr\_2}}{\ell n} = \frac{582,42 \text{ kN} \cdot \text{m} + 301,34 \text{ kN} \cdot \text{m}}{6,4 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sway}} = 138,09 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok:

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{\text{sway}}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 128,53 \text{ kN} - 138,09 \text{ kN} = -9,55 \text{ kN}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 128,53 \text{ kN} + 138,09 \text{ kN} = 266,62 \text{ kN}$$

- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr\_1} + M_{pr\_4}}{\ell n} = \frac{582,42 \text{ kN} \cdot \text{m} + 301,34 \text{ kN} \cdot \text{m}}{6,4 \text{ m}}$$

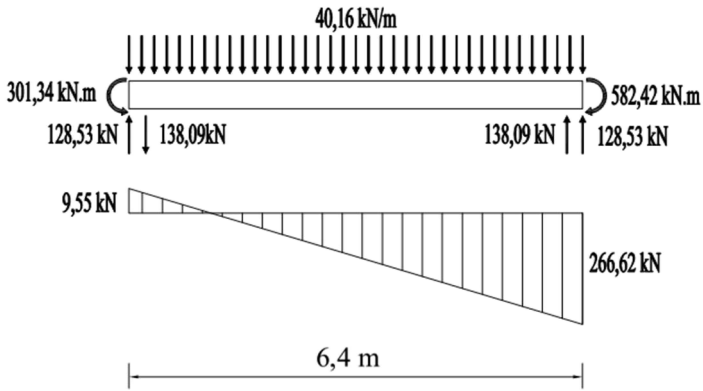
$$V_{\text{sway}} = 138,09 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok:

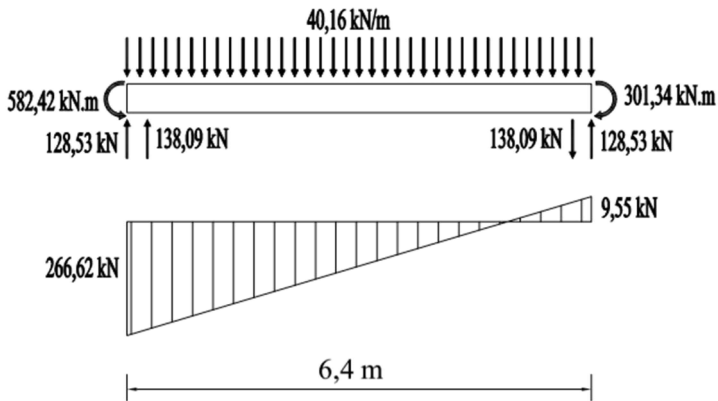
$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{\text{sway}}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 128,53 \text{ kN} + 138,09 \text{ kN} = 266,62 \text{ kN}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 128,53 \text{ kN} - 138,09 \text{ kN} = -9,55 \text{ kN}$$



Goyangan ke Kanan

**Gambar 8. 10** Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kanan

Goyangan ke Kiri

**Gambar 8. 11** Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri

3. Perhitungan Kebutuhan Sengkang untuk Gaya Geser  
SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu  $V_c = 0$  pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser  $V_{sway}$  akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum,  $V_u$  di sepanjang bentang.

**Tabel 8. 2** Cek Nilai  $V_{sway}$  dan  $V_u$

Arah Gerakan Gempa	$V_{sway}$	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat
		$V_u$	$0,5 V_u$	$V_u$	$0,5 V_u$	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{sway} > 0,5 V_u$
Kanan	128.53	9.55	4.78	266.62	133.31	OK
Kiri	128.53	266.62	133.31	9.55	4.78	OK

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi  $< \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$ . Apabila diketahui  $P_u = 1,95 \text{ kN}$  dan  $\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = (400 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa}) / 20 = 490.000 \text{ N} = 490 \text{ kN}$   
 $1,95 \text{ kN} < 490 \text{ kN}$  (OK!)

Dikarenakan semua nilai terpenuhi, maka nilai  $V_c = 0$ .

- a. **Muka kolom kiri** (Diambil nilai  $V_u$  terbesar = 266,62 kN)

$$V_c = 0$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{266,62 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 355,49 \text{ kN}$$

$$V_s = 355.494 \text{ N}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum  $V_s$  adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 10.001.001 \text{ N} = 1001,0 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_s = 355,49 \text{ kN} < 1001,0 \text{ kN}$  – OK!

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki

$$(A_v = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right)) = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 634,5 \text{ mm}}{355.494 \text{ N}}$$

$$s = 189,52 \text{ mm},$$

sehingga digunakan sengkang **2 kaki D13-150**

Syarat spasi maksimum tul. geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

- $d/4 = 634,5 \text{ mm} / 4 = 158,63 \text{ mm}$
- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yakni:

$$s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$$

Jarak sengkang  $150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$  (OK!)

∴ Dipasang sengkang **2 kaki D13-150** disepanjang sejarak  $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$  dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang  $50 \text{ mm}$  dari muka kolom.

b. **Muka kolom kanan** (Diambil nilai  $V_u$  terbesar =  $266,62 \text{ kN}$ )

$$V_c = 0$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{266,62 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 355,49 \text{ kN}$$

$$V_s = 355.494 \text{ N}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum  $V_s$  adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1.001.001 \text{ N} = 1001,0 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_s = 355,49 \text{ kN} < 1001,0 \text{ kN}$  – OK!

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki

$$(A_v = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right)) = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 634,5 \text{ mm}}{355.494 \text{ N}}$$

$$s = 189,52 \text{ mm},$$

sehingga digunakan sengkang **2 kaki D13-150**

Syarat spasi maksimum tul. geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

- $d/4 = 634,5 \text{ mm} / 4 = 158,63 \text{ mm}$
- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yakni:

$$s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$$

Jarak sengkang  $150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$  (OK!)

∴ Dipasang sengkang **2 kaki D13-150** disepanjang sejarak  $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$  dari muka kolom kanan, dimana tulangan geser pertama dipasang  $50 \text{ mm}$  dari muka kolom.

c. **Ujung zona sendi plastis (daerah lapangan):**

Gaya geser maksimum  $V_u$  di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak  $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$  dari muka kolom adalah  $266,62 \text{ kN} - (2h \cdot w_u) = 266,62 \text{ kN} - (1,4 \text{ m} \times 40,17 \text{ kN/m}) = 210,39 \text{ kN}$

Pada daerah ini nilai  $V_c$  dapat diperhitungkan, sehingga:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 250.250,2 \text{ N} = 250,25 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{210,39 \text{ kN}}{0,75} - 250,25 \text{ kN} = 30,26 \text{ kN}$$

$$V_s = 30.265,79 \text{ N}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum  $V_s$  adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 634,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1.001.001 \text{ N} = 1001,0 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_s = 30,26 \text{ kN} < 1001,0 \text{ kN}$  – OK!

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{264,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 634,5 \text{ mm}}{30.265,79 \text{ N}}$$

$$s = 2226,1 \text{ mm}$$

sehingga digunakan sengkang **2 kaki D13-150**

Syarat spasi maksimum tul. geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

- $d/4 = 634,5 \text{ mm} / 4 = 158,63 \text{ mm}$
- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yakni:

$$s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$$

Jarak sengkang  $150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$  (OK!)

### 8.2.1.6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi:

Torsi maksimum terjadi:

$$T_u = 6383,75 \text{ kg.m} = 63.873.500 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi (hasil analisis struktur):

$$V_u = 212,08 \text{ kN} = 212.084,4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} b_h &= b - 2 \cdot t - d.\text{sengkan} \\ &= 400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_h &= h - 2 \cdot t - d.\text{sengkan} \\ &= 700\text{mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 607 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (307\text{mm} + 607\text{mm}) = 1828 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \cdot h_h = 307\text{mm} \times 607\text{mm} = 186.349 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 400\text{mm} \cdot 634,5\text{mm}$$

$$V_c = 250.250,17 \text{ N}$$

Maka:

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\left(\frac{212.084,4\text{N}}{400\text{mm} \cdot 634,5\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{63.837,500\text{N.mm} \cdot 1828\text{mm}}{1,7 \cdot (186.349\text{mm}^2)}\right)^2} \\ &= 2,14 \text{ Mpa} \\ &= 0,75 \cdot \left(\frac{250.250,17\text{N}}{400\text{mm} \cdot 634,5\text{mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}\right) = 3,66 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Karena nilai  $2,14 \text{ Mpa} \leq 3,66 \text{ Mpa}$  maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$A_{cp}$  = Luas penampang keseluruhan

$P_{cp}$  = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda$  = 1 (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)

$\phi$  = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \cdot h = 400 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 280.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (400\text{mm} + 700\text{mm}) = 2200 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai  $T_{u_{\min}}$ :

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot \left( \frac{(280.000\text{mm}^2)^2}{2200\text{mm}} \right) \\ &= 13.124.016 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$T_u = 63.837.500 \text{ N.mm} \geq T_{u_{\min}} = 13.124.016 \text{ N.mm}$ , maka diperlukan tulangan torsi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2, untuk nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$= \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$



$$= 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot \left( \frac{(280.000\text{mm}^2)^2}{2200\text{mm}} \right)$$

$$= 52.179.824 \text{ N.mm}$$

Karena nilai  $T_u \geq \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$ , maka untuk nilai  $T_u$  dipakai = 52.179.824 N.mm

3. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi:  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan 0,8  $A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$   
 $A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 186.349 \text{ mm}^2 = 158.396,65 \text{ mm}^2$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{52.179.824 \text{ N.mm}}{0,75 \cdot 2 \cdot 158.396,65 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,549 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Pada daerah tumpuan:

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{355.493,67 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 634,5 \text{ mm}} = 1,4 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = (1,4 + 2 \cdot 0,549) \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

$$\frac{Avt}{s} = 2,499 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2 kaki D13 – 100**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2}{100\text{mm}} = 2,655 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{Av_{pakai}}{s} \geq \frac{Avt}{s}$ , maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

- Pada daerah lapangan:

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{30.265,79\text{N}}{400\text{Mpa} \cdot 634,5\text{mm}} = 0,12 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = (0,12 + 2 \cdot 0,549) \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

$$\frac{Avt}{s} = 1,217 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2 kaki D13 – 150**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2}{150\text{mm}} = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai  $\frac{Av_{pakai}}{s} \geq \frac{Avt}{s}$ , maka tulangan sengkang yang dipasang setelah ditambah gaya torsi adalah **2 kaki D13 – 150**

4. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi:  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_l = \frac{At}{s} \cdot p_h \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga:

$$A_l = 0,549 \text{ mm}^2 / \text{mm} \cdot 1828 \text{ mm} \cdot \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 1003,64 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 4D19, maka:

$$= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 = 1134,11 \text{ mm}^2 > 1003,64 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

Jadi, digunakan tulangan **4D19** di setiap sisi samping kiri dan kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan.

### 8.2.1.7 Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan tarik:
  - a. Tulangan diteruskan sejauh  $d$ ,  $12d_b$ , atau  $\ell_n/16$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3 dan 12.10.4):
    - $d = 634,5 \text{ mm}$
    - $12d_b = 12 \times 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
    - $\ell_n/16 = 6400 \text{ mm} / 16 = 400 \text{ mm}$

Diambil nilai terbesar yakni  $634,5 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$

b. Mencari nilai  $\ell d$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

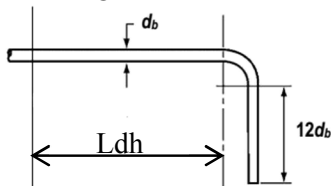
$$\begin{aligned} \text{Diketahui nilai: } d_b &= 25 \text{ mm} & \psi_s &= 1,0 \\ \psi_t & & &= 1,0 & \lambda &= 1,0 \\ \psi_e &= 1,0 \end{aligned}$$

$$\ell d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left( \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 994,29 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $\ell d = 1000 \text{ mm}$

2. Panjang penyaluran tulangan berkait:

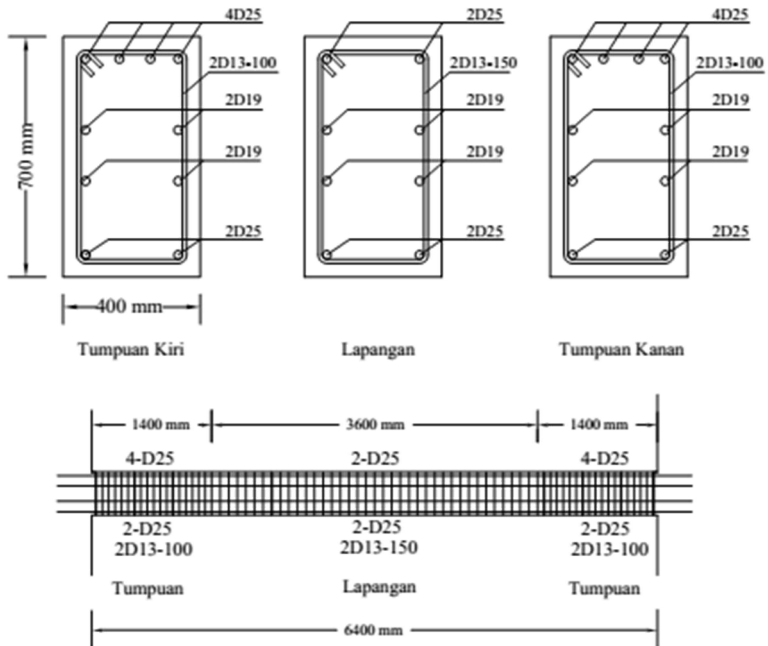


**Gambar 8. 12** Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

$$\ell dh = \left( \frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell dh = \left( \frac{0,24 \cdot 1,0 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 405,67 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

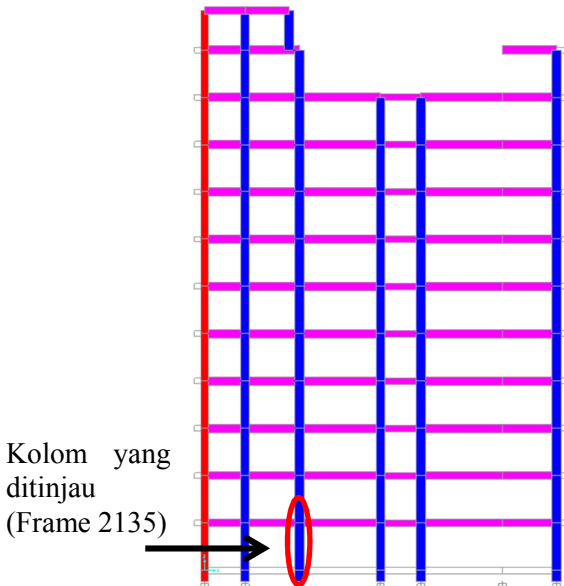
Panjang kait =  $12 \cdot d_b = 12 \cdot 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$



**Gambar 8. 13** Detail Penulangan Balok B2 40/70

### 8.3 Desain Struktur Kolom

Pada perhitungan penulangan kolom, kolom yang dihitung merupakan kolom yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14, dengan gaya aksial paling besar yang terjadi pada kolom terjadi pada frame 2135.



**Gambar 8. 14** Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan

#### 8.3.1 Data Perencanaan

Mutu beton  $f'_c = 35 \text{ Mpa}$

Tinggi kolom =  $4,2 \text{ m} = 4200 \text{ mm}$

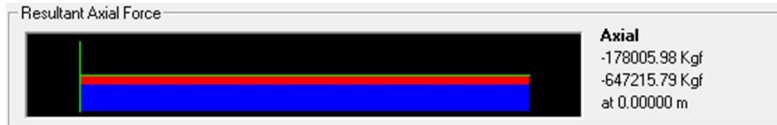
Dimensi kolom =  $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$

Cover (t) =  $40 \text{ mm}$

Diameter tul. memanjang =  $25\text{mm}$ ,  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

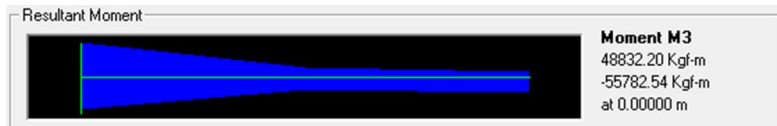
Diameter tul. sengkang =  $13\text{mm}$ ,  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom (kombinasi ENVELOPE) adalah sebagai berikut:



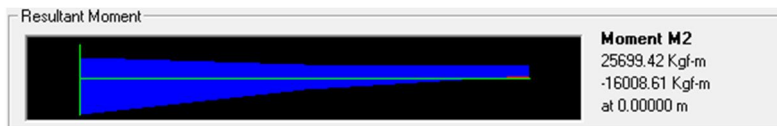
**Gambar 8. 15** Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan:  $P_u \text{ Bawah} = 647.215,79 \text{ kg} = 6472,15 \text{ kN}$



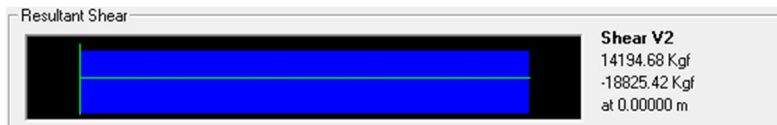
**Gambar 8. 16** Gaya  $M_x$  yang didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan:  $M_{ux} = 55.782,54 \text{ kg.m} = 557,83 \text{ kN.m}$



**Gambar 8. 17** Gaya  $M_y$  yang didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan:  $M_{uy} = 25.699,42 \text{ kg.m} = 256,99 \text{ kN.m}$



**Gambar 8. 18** Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan:  $V_u = 18.825,42 \text{ kg} = 188,25 \text{ kN}$

### 8.3.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus

melebihi  $\frac{Ag \cdot fc'}{10}$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

$$\frac{(800\text{mm} \times 800\text{mm}) \cdot 35\text{Mpa}}{10} = 2.240.000 \text{ N} = 224.000 \text{ kg}$$

$P_u = 647.215,8 \text{ kg} > 224.000 \text{ kg}$  (OK!)

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1)

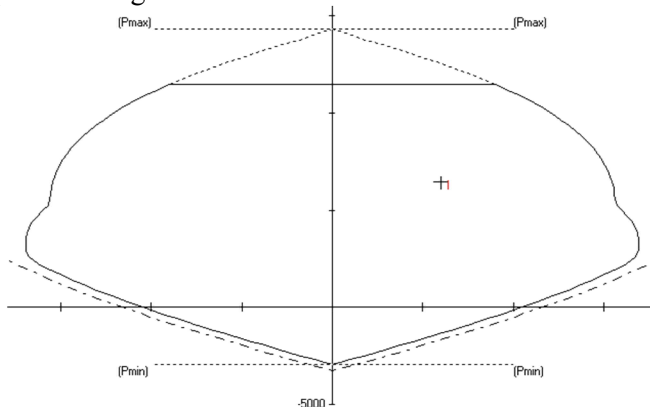
Sisi terpendek kolom = 800 mm > 300 mm (OK!)

- Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.2)

Rasio antara b dan h = 800mm / 800 mm = 1 > 0,4 (OK!)

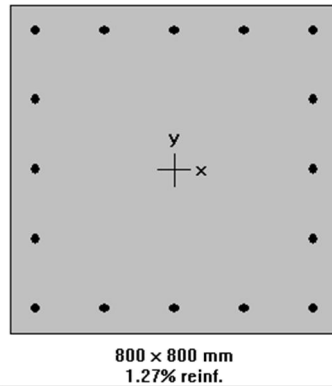
### 8.3.3 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi yakni tidak boleh kurang dari 0,01Ag atau lebih dari 0,06Ag. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu *pcaColoumn* dan didapatkan sebagai berikut:



**Gambar 8. 19** Diagram Interaksi P-M pada Program *pcaColoumn*





**Gambar 8. 20** Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColumn

Dengan memasukkan gaya-gaya yang ada pada kolom, didapatkan konfigurasi penulangan 16-D25 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan  $\rho = 1,27\%$  atau 0,0127 sehingga nilai  $0,01 < \rho < 0,06$  telah terpenuhi.

#### 8.3.4 Cek Syarat "Strong Column Weak Beam"

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai  $\sum M_c \geq 1,2 \cdot \sum M_g$ , dimana:

$\sum M_c$  = Jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join

$\sum M_g$  = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di join (termasuk sumbangan tulangan plat di selebar efektif plat lantai).

Untuk perhitungannya sebagai berikut:

a. Menentukan nilai  $\sum M_g$  :

$$\text{As tul. lentur atas balok} = 5D25 = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$\text{As tul. lentur bawah balok} = 3D25 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

$$d = 634,5 \text{ mm}$$

- Menentukan  $M_g^+$  dan  $M_g^-$

$$\alpha^+ = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 66,0 \text{ mm}$$

$$M_g^+ = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$M_g^+ = 0,9 \cdot 1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 634,5 \text{ mm} - \frac{66,0 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_g^+ = 590.521.320 \text{ N.mm} = 590,52 \text{ kN.m}$$

$$\alpha^- = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 32,99 \text{ mm}$$

$$M_g^- = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$M_g^- = 0,9 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left( 610,33 \text{ mm} - \frac{32,99 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_g^- = 303.360.060 \text{ N.mm} = 303,36 \text{ kN.m}$$

$$\text{Maka } \sum M_g = M_g^+ + M_g^- = 590,52 \text{ kN.m} + 303,36 \text{ kN.m}$$

$$\sum M_g = 893,88 \text{ kN.m}$$

$$1,2 \cdot \sum M_g = 1,2 \times 893,88 \text{ kN.m} = 1072,66 \text{ kN.m}$$

- b. Menentukan nilai  $\sum M_c$  :

Untuk menentukan nilai  $M_c$ , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah / kolom desain dengan program bantu *pcaColoumn*. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom atas (frame 2136) adalah sebagai berikut:



**Gambar 8. 21** Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Atas

Didapatkan:  $P \text{ maks} = 586.495,93 \text{ kg} = 5864,95 \text{ kN}$

Dari diagram interaksi kolom atas dan bawah didapatkan:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm
1	6472.15	0.00	0.00	1649.53	0.00

**Gambar 8. 22** Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Bawah

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm
1	5864.95	0.00	0.00	1682.57	0.00

**Gambar 8. 23** Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas

Dari gambar diatas, didapatkan nilai  $M_C$  kolom bawah dan  $M_C$  kolom atas yakni:

$$M_C \text{ kolom bawah} = 1649,53 \text{ kN.m}$$

$$M_C \text{ kolom atas} = 1682,57 \text{ kN.m}$$

$$\sum M_c = M_{c\_bawah} + M_{c\_atas}$$

$$\sum M_{nc} = 1649,53 \text{ kN.m} + 1682,57 \text{ kN.m} = 3332,1 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat  $\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$

$$3332,1 \text{ kN.m} \geq 1072,66 \text{ kN.m (OK!)}$$

Maka syarat “*strong coloumn weak beam*” telah terpenuhi.

### 8.3.5 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang  $\ell_0$  dari ujung-ujung kolom dengan  $\ell_0$  merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint,  $h = 800$  mm
- 1/6 bentang bersih komponen struktur kolom:

$$\frac{1}{6} \cdot \ell_n = \frac{1}{6} \cdot (4200\text{mm} - 700\text{mm}) = 583,33 \text{ mm}$$

- 450mm

Maka digunakan yang paling besar, yakni  $\ell_0 = 800$  mm

- b. Tentukan spasi maksimum *hoop*,  $s_{\max}$  pada daerah sepanjang  $\ell_0$  dari ujung-ujung kolom. Nilai  $s_{\max}$  merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3:

- $\frac{1}{4}$  dimensi komponen struktur minimum:

$$\frac{1}{4} \cdot 800 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

- $6 \times db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- Nilai  $s_0$ , dimana:  $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = (800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}) / 3 = 223,33 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left( \frac{350 - 0,5 \cdot 223,33\text{mm}}{3} \right) = 179,44 \text{ mm}$$

Namun, nilai  $s_0$  tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Sehingga  $s_0 = 150$  mm

Maka coba diambil spasi *hoop* sepanjang  $\ell_0$  dari muka kolom sebesar  $s = 100$  mm.

- c. Penentuan luas tulangan *confinement*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang  $\ell_0$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left( \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \cdot \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$b_c$  = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= b_w - 2 \times (t + 0,5 \cdot d_b)$$

$$= 800 - 2 \times (40\text{mm} + 0,5 \cdot 13\text{mm}) = 707 \text{ mm}$$

$A_{ch}$  = luas penampang inti beton

$$= (b_w - 2 \cdot t) \times (b_w - 2 \cdot t)$$

$$= (800 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm}) \times (800 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm})$$

$$= 518.400 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left( \frac{100\text{mm} \cdot 707\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} \right) \cdot \left( \frac{800\text{mm} \cdot 800\text{mm}}{518.400\text{mm}^2} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 435,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 707\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} = 556,76 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni  $A_{sh} = 556,76 \text{ mm}^2$

Digunakan sengkang (*hoop*) **5 kaki D13** disepanjang  $\ell_0$  :

$$A_{sh} = 5 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \right) = 663,66 \text{ mm}^2 > 556,76 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

Sehingga, untuk daerah sejarak  $\ell_0$  dari muka kolom, menggunakan tulangan *hoop* **5 kaki D13 – 100**.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $\ell_0$  di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yakni:

- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yakni  $s = 150$  mm

Sehingga digunakan spasi **5 kaki D13 – 150** untuk daerah diluar  $\ell_0$ .

### 8.3.6 Perhitungan Gaya Geser Desain, $V_e$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut:

$$V_{sway} = \frac{M_{prb\_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb\_bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell n}$$

Namun, tidak boleh lebih dari dari hasil  $V_u$  hasil analisis struktur

a. Hitung  $V_{sway}$

$$V_{sway} = \frac{M_{prb\_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb\_bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell n}$$

Dimana:

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

Karena kolom di lantai atas dan lantai bawah mempunyai kekakuan yang sama maka, DF atas = DF bawah = 0,5

Untuk  $M_{pr}$  atas dan  $M_{pr}$  bawah adalah penjumlahan  $M_{pr}$  untuk masing-masing balok di lantai atas dan dilantai bawah di muka kolom interior.

$$V_{sway} = \frac{(582,42 + 301,34)kN.m \cdot 0,5 + (582,42 + 301,34)kN.m \cdot 0,5}{3,5m}$$

$$V_{sway} = 252,5 \text{ kN}$$

b. Hitung  $V_u$  akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu SAP 2000 v.14).

Dari program SAP 2000 v.14, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:

$$V_u = 18.825,42 \text{ kg} = 188,25 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_{sway} = 252,5 \text{ kN.m} > V_u = 188,25 \text{ kN}$ , maka dipakai nilai  $V_u = 252,5 \text{ kN.m}$

- c. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser,  $V_c$   
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai  $V_e > \frac{1}{2} V_u$

$$252,5 \text{ kN} > \frac{188,25 \text{ kN}}{2}$$

$$252,5 \text{ kN} > 94,12 \text{ (OK!)}$$

- Apabila  $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$

$$\frac{(800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm}) \cdot 35 \text{ Mpa}}{10} = 2240 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Dari SAP 2000 v.14 didapatkan } P_u &= 646.056,8 \text{ kg} \\ &= 6472,15 \text{ kN} > 2240 \text{ kN (NO OK!)} \end{aligned}$$

Karena terdapat nilai yang tidak memenuhi, maka kontribusi  $V_c$  dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm}/2 = 734,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} = 579.381,4 \text{ N}$$

$$= 579,38 \text{ kN}$$

- d. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{252,5 \text{ kN}}{0,75} = 336,66 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{579,38 \text{ kN}}{2} = 289,69 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}, \text{ maka perlu tulangan geser.}$$

Pengecekan apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{V_u}{\phi} = 336,66 \text{ kN}$$

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 579,38 \text{ kN} + \frac{800 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}}{3 \cdot 1000}$$

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 775,24 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d, \text{ sehingga hanya diperlukan tulangan}$$

geser minimum. Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement **5 kaki D13 – 100**, sehingga:

$$A_{v-\text{min}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

$$A_{v-\text{min}} = \frac{800 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}}{3 \cdot 400 \text{ Mpa}} = 66,66 \text{ mm}^2$$

Sementara itu, Ash untuk 5 kaki D13 = 663,66 mm<sup>2</sup>

Ash > A<sub>v-min</sub> (OK!)

Untuk daerah di luar  $\ell_0$ , SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2 memberikan harga  $V_c$  bila ada gaya aksial yang bekerja, yakni:

$$V_c = 0,17 \cdot \left( 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.14, didapatkan nilai  $P_u = 647.215,79 \text{ kg} = 6.472.157,9 \text{ N}$



$$\frac{Nu}{Ag} = \frac{6.472.157,9N}{800mm \cdot 800mm} = 10,11 \text{ Mpa}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{10,11Mpa}{14}\right) \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35Mpa} \cdot 800mm \cdot 734,5mm$$

$$V_c = 1.017.849,05 \text{ N} = 1017,84 \text{ kN}$$

Karena nilai  $\frac{Vu}{\phi} < V_c$ , maka untuk bentang kolom di luar  $\ell_0$ ,

maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk *confinement*.

### 8.3.7 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah  $1,3 \cdot \ell d$ . Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2 dimana  $\ell d = 48 \cdot d_b$ :

Diketahui nilai:  $d_b = 25 \text{ mm}$

Maka  $1,3 \cdot \ell d = 1,3 \cdot 48 \cdot 25 \text{ mm} = 1.560 \text{ mm}$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.17.2.4, nilai  $1,3 \ell d$  dapat dikurangi dengan dikalikan 0,83, jika *confinement* di sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari  $0,0015 h \times s$ :

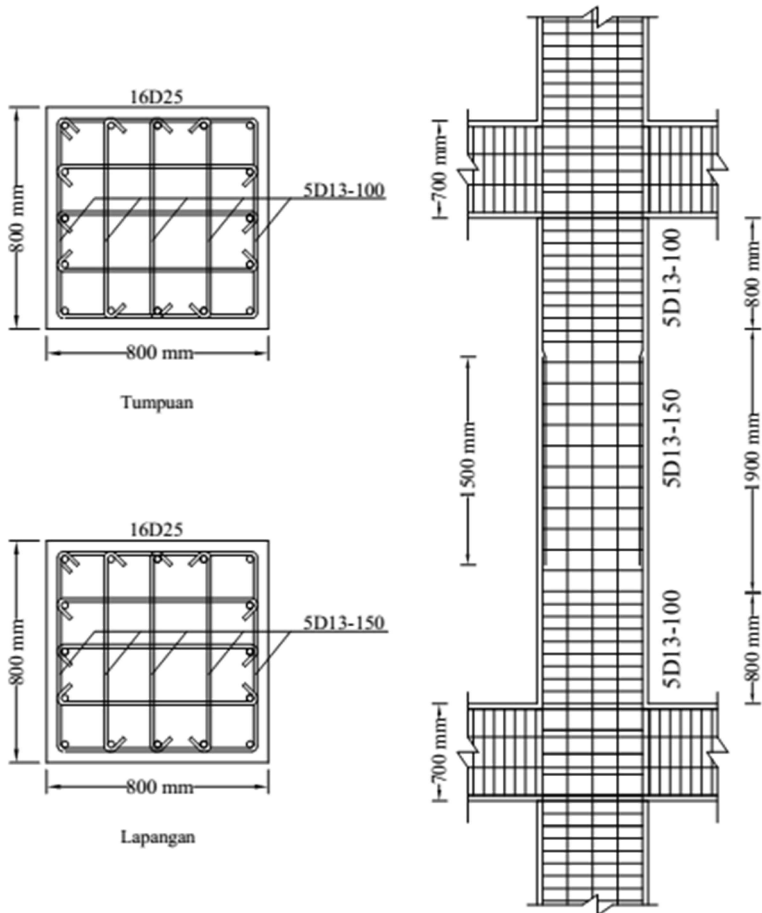
Untuk  $s = 150 \text{ mm}$ , maka:

Area efektif =  $0,0015 \times 800 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 135 \text{ mm}^2$

Area hoops =  $530,92 \text{ mm}^2$

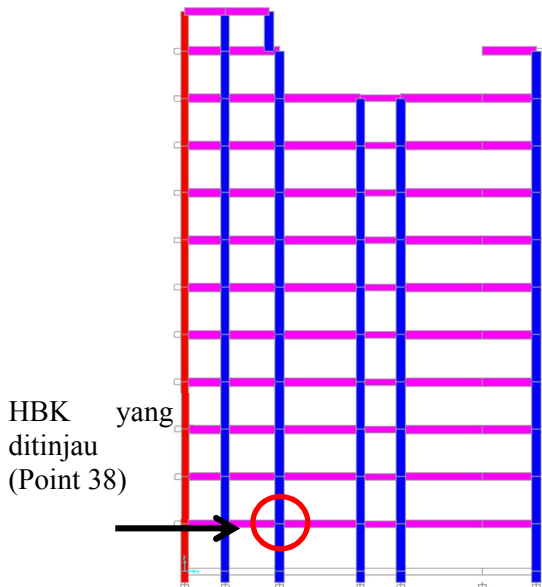
Sehingga, lap splices menjadi =  $0,83 \times 1560 \text{ mm} = 1295 \text{ mm}$

Diambil nilai lap splices = **1300 mm**.



**Gambar 8. 24** Detail Penulangan Kolom Interior 80/80

#### 8.4 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)



**Gambar 8. 25** Hubungan Balok-Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan

Pada penulisan perhitungan desain dan detail penulisan hubungan balok-kolom, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah di desain sebelumnya.

a. Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3)

$$b = h = 800 \text{ mm}$$

$$20 \cdot d_b = 20 \cdot 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 800 \text{ mm (OK!)}$$

- b. Tentukan luas efektif joint,  $A_j$

$A_j$  merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1:

Lebar balok,  $b = 400 \text{ mm}$

Tinggi kolom,  $h = 800 \text{ mm}$

$x = (800\text{mm} - 400\text{mm})/2 = 200 \text{ mm}$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom,  $h = 800 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

- $b + h = 400 \text{ mm} + 800 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$

- $b + 2x = 400 + 2 \cdot 200 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$

Maka lebar efektif joint dipakai sebesar  $b = 800 \text{ mm}$

Maka  $A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint}$

$$A_j = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$$

- c. Hitung tulangan transversal untuk *confinement*

Untuk joint interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2, spasi vertikal tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ joint} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 0,5 \cdot \frac{501,1\text{mm}^2}{90\text{mm}}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 2,78 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh} = 2,78\text{mm}^2 / \text{mm} \cdot s = 2,78\text{mm}^2 / \text{m} \cdot 150\text{mm}$$

$$A_{sh} = 381,0 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 4 kaki D13 = 530,9 mm<sup>2</sup>

- d. Hitung gaya geser pada joint

- Hitung  $M_e$

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr}^+ = 715,37 \text{ kN.m}$$

$$Mpr^- = 444,41 \text{ kN.m}$$

Karena kekakuan antara kolom atas dengan bawah sama, maka nilai DF adalah sama yakni  $DF = 0,5$ . Sehingga:

$$Me = 0,5 \times (715,37 \text{ kN.m} + 444,41 \text{ kN.m}) = 579,89 \text{ kN.m}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{Me + Me}{lu} = \frac{579,89 \text{ kN.m} + 579,89 \text{ kN.m}}{3,5 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 331,4 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

1. Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

$$\text{Jika terdapat tul. tarik } 5D25 = A_s = 2454,36 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 1.227.185,63 \text{ N} = 1227,2 \text{ kN}$$

2. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1227,2 \text{ kN}$$

3. Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

$$\text{Jika terdapat tul. tarik } 5D25 = A_s = 2454,36 \text{ mm}^2$$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 1.227.184,63 \text{ N} = 1227,2 \text{ kN}$$

4. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan

$$C_2 = T_2 = 1227,2 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya geser pada joint

$$V_J = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$V_J = 331,4 \text{ kN} - 1227,2 \text{ kN} - 1227,2 \text{ kN} = 2123,0 \text{ kN}$$

- e. Cek kuat geser joint

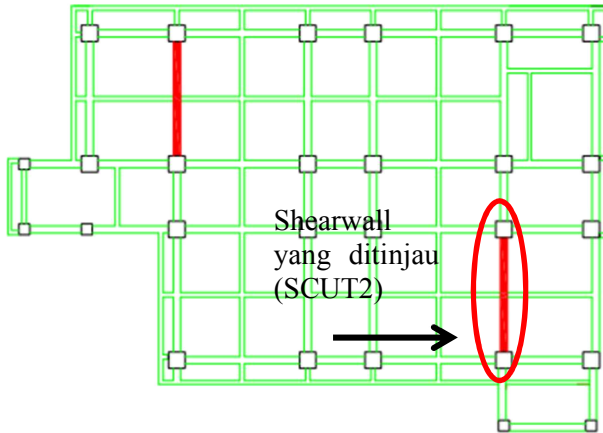
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, untuk kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J = 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 640.000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 6.436.694,8 \text{ N} = 6.436,69 \text{ kN} > 2123,0 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

### 8.5 Desain Struktur Shearwall

Pada bangunan yang ditinjau, terdapat 2 shearwall di bagian kiri dan kanan bangunan seperti pada denah berikut:



**Gambar 8. 26** Denah Lokasi Shearwall yang Ditinjau

#### 8.5.1 Data Perencanaan

Tebal dinding	= 250 mm
Panjang total	= 7800 mm
Panjang badan	= 7800 mm – 600 mm – 600 mm
	= 6600 mm
Tinggi total dinding	= 46.200 mm
Selimut beton	= 40 mm
Mutu beton $f_c'$	= 35 Mpa
Mutu baja $f_y$	= 400 Mpa
Tul. longitudinal pakai	= D16
Tul. geser pakai	= D16

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada shearwall (kombinasi ENVELOPE) adalah sebagai berikut:

**Tabel 8. 3** Hasil Perhitungan SAP 2000 v.14 pada SCUT2

TABLE: Section Cut Forces - Design							
SectionCut	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SCUT2	ENVELOPE	-10649.217	-68.187	-1164.877	-4.8999	21886.3195	-171.9769
SCUT2	ENVELOPE	-4008.7	56.192	1412.392	4.0276	-22505.1553	146.3854

Didapatkan dari tabel diatas yaitu:

$$P_u = 10.649,21 \text{ kN}$$

$$V_u = 1412.39 \text{ kN}$$

$$M_u = 22.505,15 \text{ kN}$$

### 8.5.2 Kontrol Ketebalan Terhadap Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi:

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

$$A_{cw} = \text{Luas penampang dinding yang ditinjau}$$

$$= \text{tebal dinding} \times (0,8 \text{ panjang badan})$$

$$= 250 \text{ mm} \times 0,8 \times 6600 \text{ mm} = 1.320.000 \text{ mm}^2$$

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,83 \cdot 1.320.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$= 6.481.657,01 \text{ N} = 6481,65 \text{ kN} > 1412,39 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

Maka, ketebalan *shearwall* mampu untuk menahan geser

### 8.5.3 Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

#### 1. Rasio tulangan minimum

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1, apabila nilai

$V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$ , maka  $\rho_{min}$  tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025

$A_{cv}$  = panjang badan x tebal dinding

$$= 6600 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 1.650.000 \text{ mm}^2$$

$\lambda = 1$  (untuk beton normal)

$$0,083 \cdot 1 \cdot 1.650.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 810.207,13 \text{ N}$$

$$= 810,21 \text{ kN} < 1412,39 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$ , maka untuk nilai:  
 $\rho_{\min} = 0,0025$

2. Cek kebutuhan lapis tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2, Apabila  $V_u > 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}$ , maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} = 0,17 \cdot 1.650.000 \text{ mm}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$= 1.659.460,4 \text{ N} = 1659,46 \text{ kN} > 1412,39 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_u < 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}$  maka perlu satu lapis tulangan.

3. Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimal tulangan per meter panjang:  
 $= 250 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 250.000 \text{ mm}^2$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_{s \min} = 0,0025 \cdot 250.000 \text{ mm}^2 = 625 \text{ mm}^2/\text{m} = 0,625 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 kaki D16 dengan  $A_s =$

$$2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{A_s}{A_{s \min}} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{0,625 \text{ mm}^2 / \text{mm}} = 643,39 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan **2D16 – 300** pada arah horizontal dan vertikal

### 8.5.4 Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:



$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \alpha_c &= 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5 \\ &= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0 \\ &= \text{variatif secara linier antara } 0,25 \text{ dan } 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \\ &\text{antara } 1,5 \text{ dan } 2,0 \end{aligned}$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = \frac{46.200 \text{ mm}}{6600 \text{ mm}} = 7,0$$

Karena nilai  $h_w/l_w > 2,0$  maka  $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D16-300**. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s \cdot t} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{300 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}} = 0,0054 > 0,0025 \text{ (OK!)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = 1.650.000 \text{ mm}^2 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} + 0,0054 \cdot 400 \text{ Mpa})$$

$$V_n = 5.198.150 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5.198.150 \text{ N} = 3.898.613 \text{ N} = 3898,61 \text{ kN}$$

Karena nilai  $V_u = 1412,39 \text{ kN} < \phi V_n = 3898,61 \text{ kN}$  (OK!)

Maka dinding cukup kuat menahan geser.

Namun, pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$V_n \text{ maks} = 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,83 \cdot 1.320.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$V_n \text{ maks} = 6.481.657 \text{ N} = 6481,65 \text{ kN}$$

Karena  $\phi V_n < V_n \text{-maks}$ , maka dipakai yang terkecil yakni = 3898,61 kN

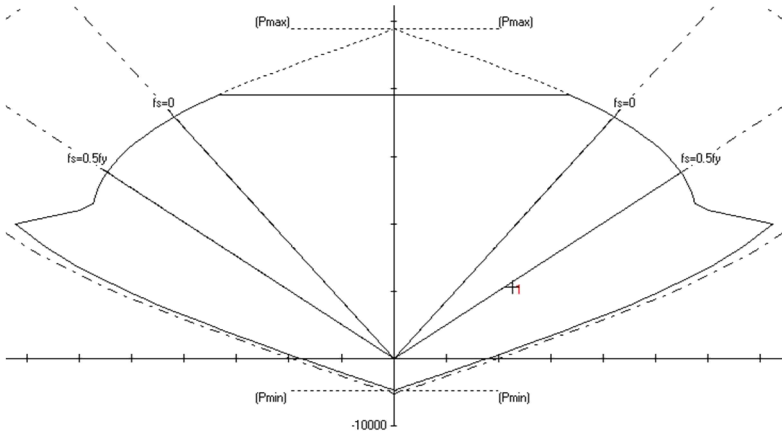
### 8.5.5 Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program

bantu pccoloumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 10.649,21 \text{ kN}$$

$$M_u = 22.505,15 \text{ kN}$$



**Gambar 8. 27** Diagram Interaksi Dinding Struktural

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **2D16-300**.

### 8.5.6 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

Luas dinding bruto:

$$A_g = (250 \text{ mm} \times 6600 \text{ mm}) + 2 \times (600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm})$$

$$A_g = 2.370.000 \text{ mm}^2 = 2,37 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 250 \text{ mm} \cdot (6600 \text{ mm})^3 = 5,98 \cdot 10^{12} \text{ mm}^4 = 4,5 \text{ m}^4$$

$y = \text{panjang badan} / 2 = 6600 \text{ mm} / 2 = 3300 \text{ mm} = 3,3 \text{ m}$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu \cdot y}{I_g} > 0,2 \cdot f_c'$$

$$\frac{10.649,21 \text{ kN}}{2,37 \text{ m}^2} + \frac{22.505,15 \text{ kN.m} \cdot 3,3 \text{ m}}{5,98 \text{ m}^4} > 0,2 \cdot 35 \text{ Mpa}$$

$$16,89 \text{ kN/m}^2 > 7 \text{ Mpa}$$

$$16,89 \text{ Mpa} > 7 \text{ Mpa}$$

Maka diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding.

### 8.5.7 Penentuan Panjang *Special Boundary Element*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4, *special boundary element* harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada  $c - 0,1 \cdot \ell_w$  dan  $c/2$ .

Untuk nilai  $c$  didapatkan dari *pcaColoumn* yakni sebesar:

Control Points:

Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kNm	Y-Moment kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
X @ Max compression	48990.7	0.00	-0.00	23280	7760	-0.00200	0.650
@ Allowable comp.	39192.6	33403.86	0.00	8563	7760	-0.00028	0.650
@ fs = 0.0	35901.4	41874.90	0.00	7760	7760	-0.00000	0.650
@ fs = 0.5*fy	27676.5	54738.07	0.00	5820	7760	0.00100	0.650
@ Balanced point	22401.2	52526.85	0.00	4556	7760	0.00200	0.650
@ Tension control	20086.0	72377.77	0.00	2910	7760	0.00500	0.900
@ Pure bending	0.0	17870.75	0.00	304	7760	0.07346	0.900
@ Max tension	-4728.2	0.00	0.00	0	7760	0.99999	0.900

**Gambar 8. 28** Hasil *Control Points* dari Program *pcaColoumn*

Digunakan interpolasi dari nilai aksial yang terjadi:

$$P = 20.086,0 \text{ kN} \rightarrow x = 2910 \text{ mm}$$

$$P = 0 \text{ kN} \rightarrow x = 304 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai  $P_u = 10.649,21 \text{ kN.m}$  adalah:

$$c = 2910 \text{ mm} - \frac{(20.086 \text{ kN.m} - 10,649,21 \text{ kN.m})}{(20.086 \text{ kN.m} - 0 \text{ kN.m})} \cdot (2910 \text{ mm} - 304 \text{ mm})$$

$$c = 1685,7 \text{ mm}$$

$$c - 0,1 \cdot \ell_w = 1685,7 \text{ mm} - 0,1 \cdot 7800 \text{ mm} = 905,65 \text{ mm}$$

$$c/2 = 1685,7 \text{ mm} / 2 = 842,82 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni = 905,65 mm

Sehingga panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 1000 mm

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4(b) mengisyaratkan bahwa untuk *shearwall* yang bersayap, komponen batas khususnya harus mencakup lebar efektif sayap pada zona tekan dan harus diperpanjang sedikitnya 300 mm ke dalam badan.

Karena dimensi sayap 600 mm sedangkan panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 1000 mm, maka zona tekan sudah masuk ke dalam daerah badan.

### 8.5.8 Tulangan *Confinement* untuk Dinding Struktural

#### 1. Tulangan longitudinal pada *special boundary element*

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan, pada *special boundary element* terdapat 16 D16, sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho = \frac{\left(16 \times \frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (16 \text{ mm})^2\right)}{(600 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm}) + (600 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm})} = 0,006$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah omponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0,005. Jadi, tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

#### 2. Tulangan *confinement* pada *special boundary element*

Apabila digunakan hoop berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $1/4$  panjang sisi terpendek =  $1/4 \cdot 250 \text{ mm} = 62,5 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- Nilai  $s_0$ , dimana:  $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = 250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 16 \text{ mm} = 138 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left( \frac{350 - 0,5 \cdot 138 \text{ mm}}{3} \right) = 193,6 \text{ mm}$$

Namun, nilai  $s_0$  tidak perlu diambil kurang dari 100 mm  
 Diambil nilai  $s$  max terkecil yakni = 100 mm  
 Maka nilai  $s = \mathbf{100 \text{ mm}}$ .

Karakteristik inti penampang:

$$\begin{aligned} bc &= \text{dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop} \\ &= 600 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 507 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan confinement yang dibutuhkan adalah:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 507 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 399,26 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 4 kaki D13 maka:

$$A_s = 4 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 530,93 \text{ mm}^2$$

Agar nilai  $A_s > A_{sh}$ , maka perlu dipasang **4 kaki D13 sejarak 100 mm** pada daerah *special boundary element*.

3. Tulangan *confinement* pada badan penampang dinding struktural

Untuk tulangan pada daerah badan dinding struktural, dicoba menggunakan tulangan berbentuk persegi dengan **D13**.

Mencari nilai  $s$  max:

- $1/4$  panjang sisi terpendek =  $1/4 \cdot 250 \text{ mm} = 62,5 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$

- Nilai  $s_0$ , dimana:  $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = 250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 144 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left( \frac{350 - 0,5 \cdot 144 \text{ mm}}{3} \right) = 192,67 \text{ mm}$$

Namun, nilai  $s_0$  tidak perlu diambil kurang dari 100 mm  
Diambil nilai  $s$  max terkecil yakni = 100 mm

Maka nilai  $s = \mathbf{100 \text{ mm}}$ .

- Untuk tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding struktural, digunakan D13-100

$b_c$  = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$b_c = 250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 157 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 157 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{40 \text{ Mpa}} = 123,64 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13, maka:

$$A_s = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 265,46 \text{ mm}^2 > 123,64 \text{ mm}^2$$

(OK!)

Jadi, sesuai perhitungan di atas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13 – 100**.

- Untuk tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding struktural digunakan D13-100

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 250 \text{ mm} + (2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 263 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_y t}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 263 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{40 \text{ Mpa}} = 207,11 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13, maka:

$$A_s = 2 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 265,46 \text{ mm}^2 > 207,11 \text{ mm}^2$$

(OK!)

Jadi, sesuai perhitungan di atas pada arah tegak lurus *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13 – 100**.

### 8.5.9 Panjang Penyaluran Tulangan

Untuk panjang penyaluran tulangan D16 yang dibutuhkan,  $\ell_d$ , diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.

Diketahui nilai:  $d_b = 16 \text{ mm}$

$$\psi_s = 1,0$$

$$\psi_t$$

$$= 1,3 \quad \lambda = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 16 \text{ mm} = 827,25 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.2(b) mengisyaratkan penulangan di daerah *special boundary element* harus menerus

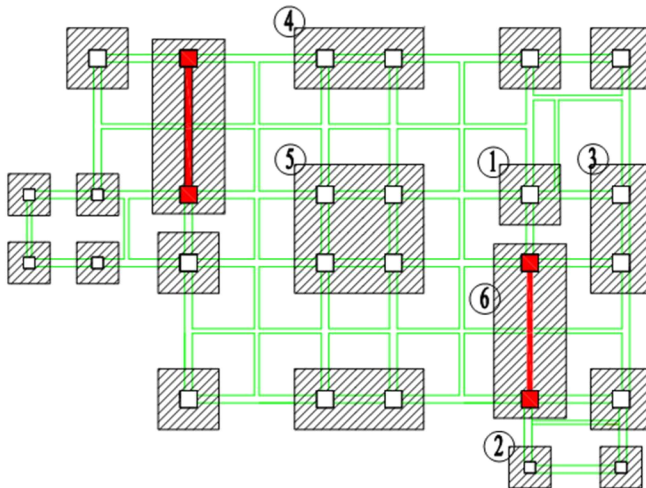




## BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI

### 9.1 Umum

Pada perhitungan struktur pondasi, dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk denah pondasi rencana adalah sebagai berikut:



**Gambar 9. 1** Denah Rencana Pondasi

### 9.2 Perhitungan Pondasi

#### 9.3.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

##### 1. Data Perencanaan

Apabila diketahui data-data sebagai berikut:

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kedalaman rencana} = 22 \text{ m}$$

$$\text{Diameter tiang pancang} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Luas tiang (A}_p\text{)} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,4\text{m})^2 = 0,13 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas selimut tiang (A}_s\text{)} = \pi \cdot 0,4\text{m} \cdot 12\text{m} = 15,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Safety factor} = 3$$

Untuk tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang WIKA BETON dengan tipe 400 mm – A2 dengan data sebagai berikut:

$$\text{Diameter} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Ketebalan dinding} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang} = 765,76 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inersia penampang} = 106.488,95 \text{ cm}^4$$

$$\text{P ijin bahan} = 121,1 \text{ ton}$$

## 2. Daya Dukung Tanah

Dari data tanah didapatkan sebagai berikut:

*Borehole, DB-1.*

Type : Precast Pile	(-)	(-)	(-)	(-)
Dimension s (m)	0.30	0.40	0.50	0.60
Depth, D (m)	22	22	22	22
Borehole	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1
Average of three N Values, N	28.33	28.33	28.33	28.33
Type of Soil	Sand	Sand	Sand	Sand
K	40	40	40	40
qp (t/m <sup>2</sup> ) = Np x K	1133.33	1133.33	1133.33	1133.33
Qp (ton) = A x qp	102.00	181.33	283.33	406.00
N average along shaft, N avg	13.70	13.70	13.70	13.70
qs (t/m <sup>2</sup> ) = (N avg / 3) + 1	5.57	5.57	5.57	5.57
Qs (ton) = As x qs	146.96	195.95	244.93	293.92
Qtot (on) = Qp + Qs	248.96	377.28	528.27	701.92
<b>Qall Tekan (ton) = Q tot / 3</b>	<b>82.99</b>	<b>125.76</b>	<b>176.09</b>	<b>233.97</b>
Qall Tarik (ton) = Qs x 0.7 / 3	34.29	45.72	57.15	68.58

**Gambar 9. 2** Daya Dukung Tanah

Didapatkan daya dukung untuk tiang pancang dengan kedalaman 22 m dan diameter tiang pancang 0,4 m adalah:

P ijin tanah = **125,76 ton.**

Namun, karena nilai P ijin bahan lebih kecil dari P ijin tanah, maka yg dipakai untuk perhitungan adalah **P ijin = 121,1 ton.**

### 9.3.2 Perhitungan Pondasi Tipe 1

#### 1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 100 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 100 \text{ cm} + 100 \text{ cm} + 60 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

Apabila  $b = h$ , maka  $h = 3,2 \text{ m}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal  $= 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$

#### 2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 2215 yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 428,66 \text{ ton}$$

$$M_x = 7,01 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,08 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,13 \text{ ton}$$

$$V_y = 9,45 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 7,01 \text{ ton.m} + 9,45 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 14,10 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 0,08 \text{ ton.m} + 0,13 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\
 &= 0,18 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

$$\begin{aligned}
 P &= 494,09 \text{ ton} \\
 M_x &= 14,2 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 40,01 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 14,11 \text{ ton} \\
 V_y &= 14,67 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 14,2 \text{ ton.m} + 14,67 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\
 &= 25,2 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 40,01 \text{ ton.m} + 14,11 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\
 &= 50,59 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

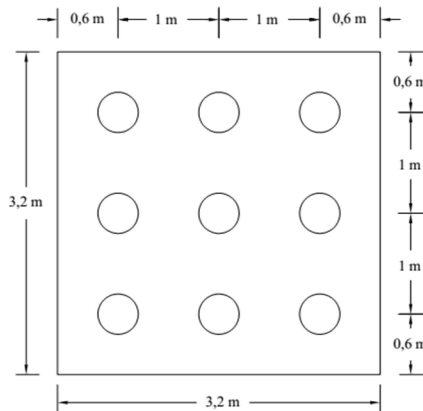
$$\begin{aligned}
 P &= 501,22 \text{ ton} \\
 M_x &= 36,60 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 14,41 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 5,16 \text{ ton} \\
 V_y &= 29,27 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 36,60 \text{ ton.m} + 29,27 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\
 &= 58,55 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 14,41 \text{ ton.m} + 5,16 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\
 &= 18,28 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “*Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2* (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



**Gambar 9.3** Pondasi Tipe 1

Dimana:

$m$  = banyaknya tiang dalam kolom = 3 buah

$n$  = banyaknya tiang dalam baris = 3 buah

$D$  = diameter tiang pancang = 0,4 m

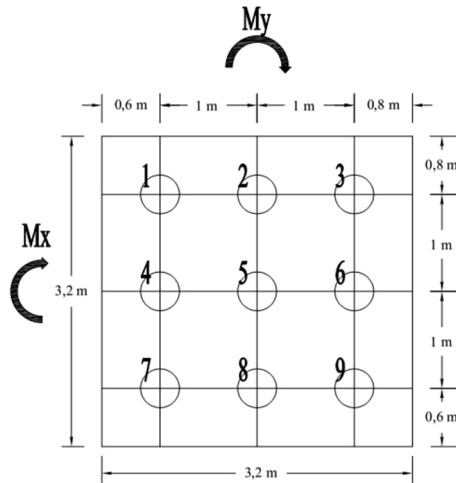
$S$  = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,0 m

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4m}{1,0m} \left[ \frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \right] = 0,67$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \\ &= 0,67 \times 121,1 \text{ ton} = 81,46 \text{ ton} \end{aligned}$$

## 4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



**Gambar 9. 4** Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang  
Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

**Tabel 9. 1** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	$x^2$	y	$y^2$
1	-1	1	-1	1
2	0	0	-1	1
3	1	1	-1	1
4	-1	1	0	0
5	0	0	0	0
6	1	1	0	0
7	-1	1	1	1
8	0	0	1	1
9	1	1	1	1
	$\Sigma x^2 =$	3	$\Sigma y^2 =$	3

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2}$$

$$P_1 = \frac{428,66\text{ton}}{9} - \frac{14,1\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} - \frac{0,18\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_1 = 42,87 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_2 = \frac{428,66\text{ton}}{9} + \frac{14,1\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} - \frac{0,18\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_2 = 52,27 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_3 = \frac{428,66\text{ton}}{9} - \frac{14,1\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} + \frac{0,18\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_3 = 42,99 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_4 = \frac{428,66\text{ton}}{9} + \frac{14,1\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} + \frac{0,18\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_4 = 52,39 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P_1 = \frac{494,09\text{ton}}{9} - \frac{25,2\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} - \frac{50,59\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_1 = 29,63 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_2 = \frac{494,09\text{ton}}{9} + \frac{25,2\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} - \frac{50,59\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_2 = 46,44 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_3 = \frac{494,09\text{ton}}{9} - \frac{25,2\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} + \frac{50,59\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_3 = 63,36 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_4 = \frac{494,09\text{ton}}{9} + \frac{25,2\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} + \frac{50,59\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P_4 = 80,16 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P1 = \frac{501,22\text{ton}}{9} - \frac{58,55\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2} - \frac{18,28\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,0\text{m}}{3\text{m}^2}$$

$$P1 = 30,08 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 =$$

$$P2 = 69,12 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

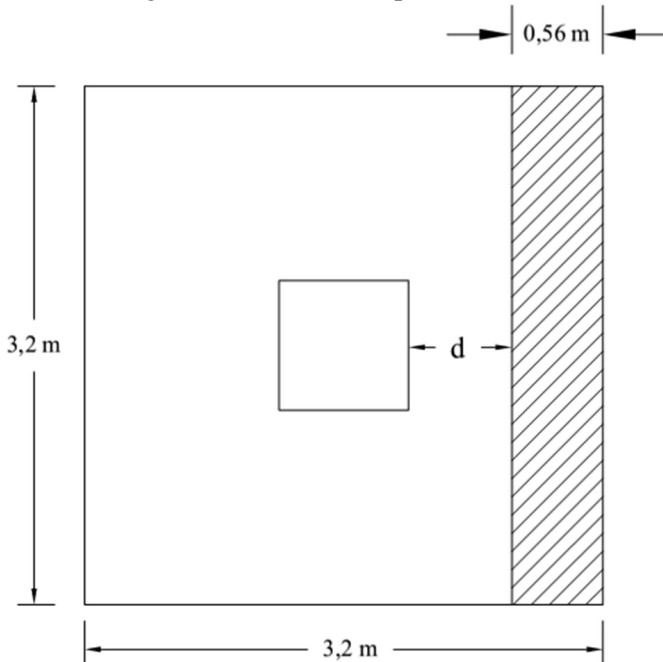
$$P3 =$$

$$P3 = 42,27 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 =$$

$$P4 = 81,30 \text{ ton} < 81,46 \text{ ton (OK!)}$$

5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



**Gambar 9.5** Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom



Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 750 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 637,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L):

$$P_u = 550,70 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{550,7 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 3,2 \text{ m}} = 53,78 \text{ ton/m}^2 = 0,538 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$\begin{aligned} L' &= (0,5 \cdot b \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d \\ &= (0,5 \cdot 3200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 800 \text{ mm}) - 637,5 \text{ mm} \\ &= 562,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,538 \text{ N/mm}^2 \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 562,5 \text{ mm} \\ &= 968.027,34 \text{ N} \end{aligned}$$

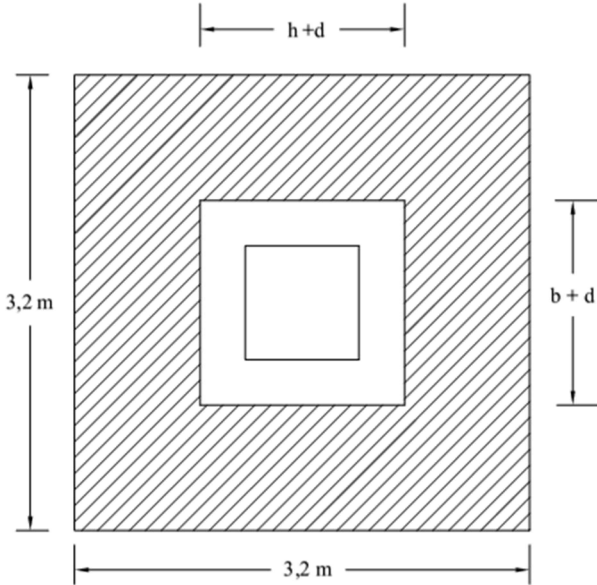
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton,  $V_c$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2.051.696,47 \text{ N} > V_u = 968.027,34 \text{ N} \text{ (OK!)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

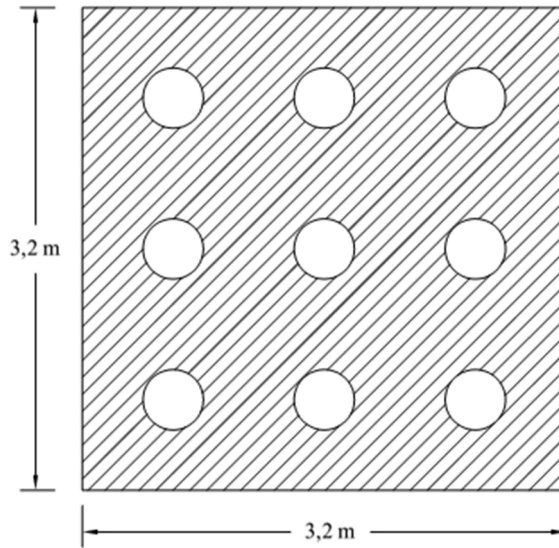


**Gambar 9. 6** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 3200 \text{ mm}) - [(800 \text{ mm} + 637,5 \text{ mm}) \times \\ &\quad (800 \text{ mm} + 637,5 \text{ mm})] \\ &= 9.323.593,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,538 \text{ N/mm}^2 \cdot 9.323.593,75 \text{ mm}^2 \\ &= 5.014.163,16 \text{ N} = 5,014 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 9. 7** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 501,22 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{501,22 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 3,2 \text{ m}} = 48,95 \text{ ton/m}^2 = 0,489 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 3200 \text{ mm}) - 9 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\ &= 9.109.026,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,489 \text{ N/mm}^2 \cdot 9.109.026,64 \text{ mm}^2 \\ &= 4.898.770,48 \text{ N} = 4.898,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat kolom dan  $V_u$  akibat tiang pancang, diambil  $V_u$  sebesar = 5014,16 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil:

- $$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 800 \text{ mm} / 800 \text{ mm} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 \cdot d$$

$$= 2 \cdot (800 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) + 4 \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$= 5750 \text{ mm}$$

$\lambda$  = 1 (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5750 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 11.059.926 \text{ N} = 11.059,93 \text{ kN}$$

- $$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s$  = 40 (untuk kolom tengah)

$\alpha_s$  = 30 (untuk kolom tepi)

$\alpha_s$  = 20 (untuk kolom sudut)

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left( \frac{40 \cdot 637,5 \text{ mm}}{5750 \text{ mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5750 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 11.582.279 \text{ N} = 11.582,28 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5750 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 7.156.423 \text{ N} = 7156,42 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai  $V_c = 7156,42 \text{ kN}$

$$V_u = 5014,16 \text{ kN} < V_c = 7156,42 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

## 7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

b poer = 3200 mm

h poer = 3200 mm

t poer = 750 mm

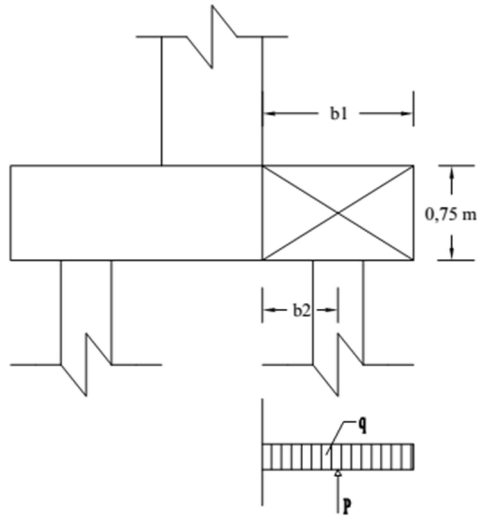
Selimut beton = 75 mm

Diameter tulangan lentur = 25 mm

$$dx = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 650,0 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 637,5 \text{ mm}$$

## a. Penulangan poer arah X

**Gambar 9. 8** Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,8 \text{ m})) = 1,2 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 1,2 \text{ m} / 2 = 0,6 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \\ = 6796,8 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 81,3 \text{ ton} = 81,301,9 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -Mq + Mp \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 6796,8 \text{ kg} \cdot (1,2 \text{ m})^2) + (81,301,9 \text{ kg} \cdot 0,6) \\ = 43.887,47 \text{ kg.m}$$

$$= 438.873.707 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{438.874.707 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 548.593.383,33 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{548.593.383,33 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (650 \text{ mm})^2} = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,3}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 650 \text{ mm}$$

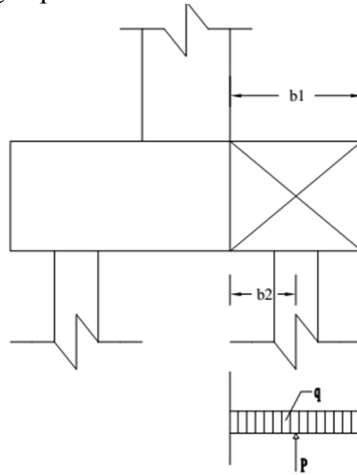
$$A_s \text{ perlu} = 2275,0 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)

## b. Penulangan poer arah Y

**Gambar 9. 9** Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,8 \text{ m})) = 1,2 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 1,2 \text{ m} / 2 = 0,6 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \\ = 6796,8 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 81,3 \text{ ton} = 81.301,9 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -M_q + M_p \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 6796,8 \text{ kg} \cdot (1,2 \text{ m})^2) + (81,301,9 \text{ kg} \cdot 0,6) \\ = 43.887,47 \text{ kg.m} \\ = 438.874.707 \text{ N.mm}$$



$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{438.874.707 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 548.593.383,33 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{548.593.383,33 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (637,5 \text{ mm})^2} = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,35}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho = \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2231,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai (OK!)}$$

## 8. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas kolom} = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 3200 \text{ mm} = 10.240.000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 501,22 \text{ ton} = 5012,2 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 640.000 \text{ mm}^2$$

$$N1 = 12.376.000 \text{ N} = 12.376 \text{ kN} > 5012,2 \text{ kN (OK!)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{10.240.000\text{mm}^2}{640.000\text{mm}^2}} = 4$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N2 = 2 \cdot N1 = 2 (12.376 \text{ kN})$$

$$N2 = 24.752 \text{ kN} > 5012,2 \text{ kN (OK!)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$As \text{ perlu} = 0,005 \cdot 800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 3200 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 12 D25, dengan  $As = 5890,49 \text{ mm}^2 > 3200 \text{ mm}^2$  (OK!)

#### 9. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400\text{Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \cdot 25\text{mm} = 405,67 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25\text{mm} \cdot 400\text{Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $\ell_{dc}$  terbesar = 430 mm  $\approx$  500 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400\text{Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \right) \cdot 25\text{mm} = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

### 9.3.3 Perhitungan Pondasi Tipe 2

#### 1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 100 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 100 \text{ cm} + 60 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 220 \text{ cm} = 2,2 \text{ m}$$

Apabila  $b = h$ , maka  $h = 2,2 \text{ m}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal  $= 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$

#### 2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 2215 yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 166,97 \text{ ton}$$

$$M_x = 0,3 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,97 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,5 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,66 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 0,3 \text{ ton.m} + 0,66 \text{ ton} \cdot 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,69 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 0,97 \text{ ton.m} + 0,5 \text{ ton} \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 1,27 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

$$\begin{aligned}
 P &= 309,72 \text{ ton} \\
 M_x &= 2,17 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 17,38 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 6,06 \text{ ton} \\
 V_y &= 0,34 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 2,17 \text{ ton.m} + 0,34 \text{ ton} \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 2,37 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 17,38 \text{ ton.m} + 6,06 \text{ ton} \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 21,01 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

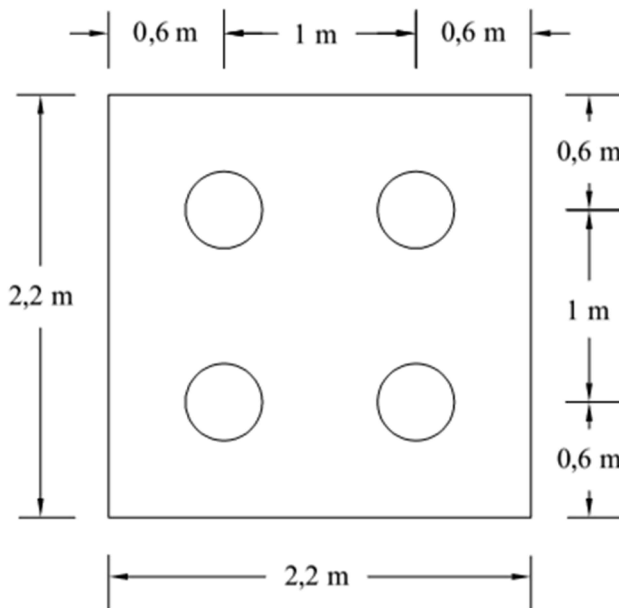
$$\begin{aligned}
 P &= 243,94 \text{ ton} \\
 M_x &= 7,48 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 6,85 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 2,5 \text{ ton} \\
 V_y &= 3,2 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 7,48 \text{ ton.m} + 3,2 \text{ ton} \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 9,4 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 6,85 \text{ ton.m} + 2,5 \text{ ton} \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 8,35 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “*Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2* (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



**Gambar 9. 10** Pondasi Tipe 2

Dimana:

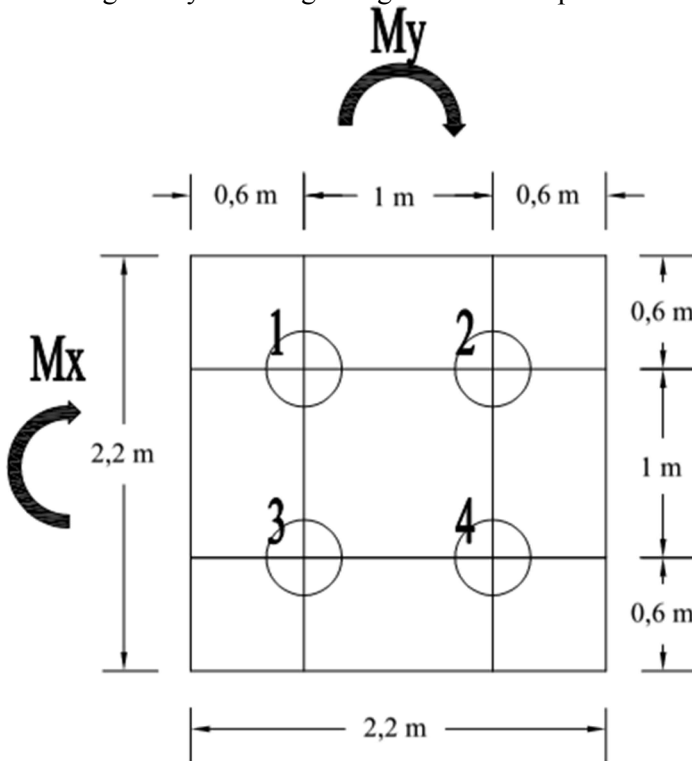
m	= banyaknya tiang dalam kolom	= 2 buah
n	= banyaknya tiang dalam baris	= 2 buah
D	= diameter tiang pancang	= 0,4 m
S	= jarak antar sumbu as tiang pancang	= 1,0 m

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4m}{1,0m} \left[ \frac{(2-1) \cdot 3 + (2-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \right] = 0,75$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \\ &= 0,75 \times 121,1 \text{ ton} = 90,9 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



**Gambar 9. 11** Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

**Tabel 9. 2** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	$x^2$	y	$y^2$
1	-0.5	0.25	0.5	0.25
2	0.5	0.25	0.5	0.25
3	-0.5	0.25	-0.5	0.25
4	0.5	0.25	-0.5	0.25
	$\Sigma x^2 =$	1	$\Sigma y^2 =$	1

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P_1 = \frac{166,97 \text{ ton}}{4} - \frac{0,70 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2} - \frac{1,27 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}$$

$$P_1 = 40,76 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_2 = \frac{166,97 \text{ ton}}{4} + \frac{0,70 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2} - \frac{1,27 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}$$

$$P_2 = 41,46 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_3 = \frac{166,97 \text{ ton}}{4} - \frac{0,70 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2} + \frac{1,27 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}$$

$$P_3 = 42,03 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_4 = \frac{166,97 \text{ ton}}{4} + \frac{0,70 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2} + \frac{1,27 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}$$

$$P_4 = 42,73 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P_1 = \frac{309,72 \text{ ton}}{4} - \frac{2,37 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2} - \frac{21,02 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}$$

$$P_1 = 65,74 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{309,72\text{ton}}{4} + \frac{2,37\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} - \frac{21,02\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

$$P2 = 68,11 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{309,72\text{ton}}{4} - \frac{2,37\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} + \frac{21,02\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

$$P3 = 86,75 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{309,72\text{ton}}{4} + \frac{2,37\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} + \frac{21,02\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

$$P4 = 89,13 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P1 = \frac{243,94\text{ton}}{4} - \frac{9,4\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} - \frac{8,35\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

$$P1 = 52,11 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{243,94\text{ton}}{4} + \frac{9,4\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} - \frac{8,35\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

$$P2 = 61,51 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{243,94\text{ton}}{4} - \frac{9,4\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} + \frac{8,35\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

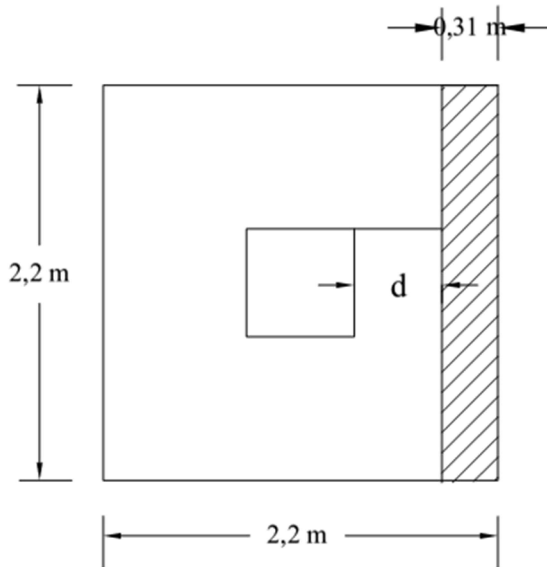
$$P3 = 60,46 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{243,94\text{ton}}{4} + \frac{9,4\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2} + \frac{8,35\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 0,5\text{m}}{1\text{m}^2}$$

$$P4 = 69,86 \text{ ton} < 90,9 \text{ ton (OK!)}$$

## 5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom





**Gambar 9. 12** Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 487,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor ( $1,2D + 1,6L$ ):

$$P_u = 208,49 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{208,49 \text{ ton}}{2,2 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m}} = 43,08 \text{ ton/m}^2 = 0,431 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$L' = (0,5 \cdot b \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d$$

$$= (0,5 \cdot 2200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 600 \text{ mm}) - 487,5 \text{ mm}$$

$$= 312,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,431 \text{ N/mm}^2 \cdot 2200 \text{ mm} \cdot 312,5 \text{ mm} \\ &= 296.150,57 \text{ N} \end{aligned}$$

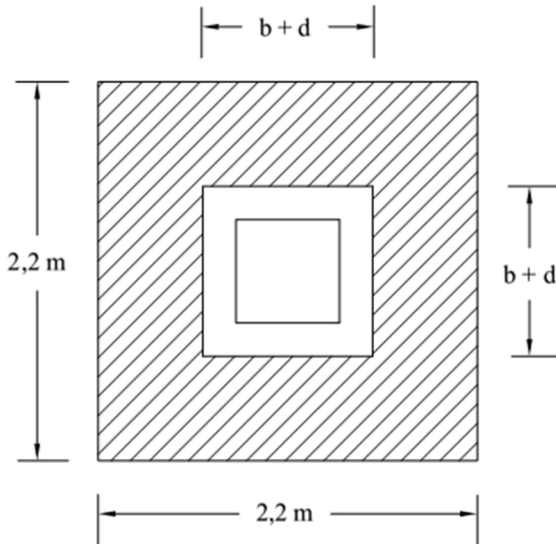
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton,  $V_c$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 2200 \text{ mm} \cdot 487,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 1.078.649,25 \text{ N} > V_u = 296.150,57 \text{ N} \text{ (OK!)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

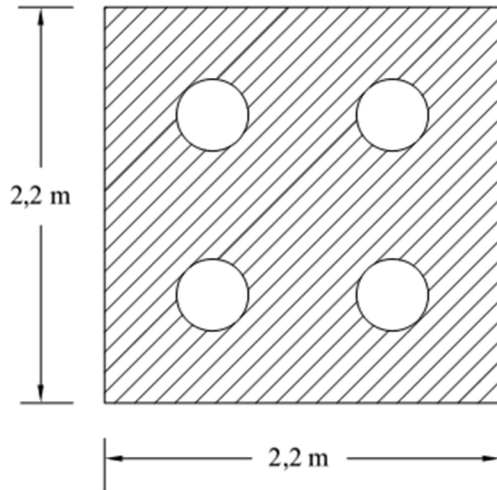


**Gambar 9.13** Bidang Kritis Geser Dua Arah

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\ &= (2200 \text{ mm} \cdot 2200 \text{ mm}) - [(600 \text{ mm} + 487,5 \text{ mm}) \times \\ &\quad (600 \text{ mm} + 487,5 \text{ mm})] \\ &= 3.657.343,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,431 \text{ N/mm}^2 \cdot 3.657.343,75 \text{ mm}^2 \\
 &= 1.575.453,72 \text{ N} = 1575,45 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 9. 14** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 309,72 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{309,72 \text{ ton}}{2,2 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m}} = 63,99 \text{ ton/m}^2 = 0,640 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\
 &= (2200 \text{ mm} \cdot 2200 \text{ mm}) - 4 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\
 &= 4.337.345,18 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,64 \text{ N/mm}^2 \cdot 4.337.345,18 \text{ mm}^2 \\
 &= 2.775.542,54 \text{ N} = 2775,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat kolom dan  $V_u$  akibat tiang pancang, diambil  $V_u$  sebesar = 2775,54 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil:

- $$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 600 \text{ mm} / 600 \text{ mm} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (600 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) + 4 \cdot 487,5 \text{ mm}$$

$$= 4350 \text{ mm}$$

$\lambda$  = 1 (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 4350 \text{ mm} \cdot 487,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 6.398.351 \text{ N} = 6398,35 \text{ kN}$$

- $$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s$  = 40 (untuk kolom tengah)

$\alpha_s$  = 30 (untuk kolom tepi)

$\alpha_s$  = 20 (untuk kolom sudut)

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left( \frac{40 \cdot 387,5 \text{ mm}}{3950 \text{ mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 4350 \text{ mm} \cdot 487,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 6.750.498 \text{ N} = 6750,5 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 4350 \text{ mm} \cdot 487,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 4.140.110 \text{ N} = 4140,11 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai  $V_c = 4140,11 \text{ kN}$

$$V_u = 2775,54 \text{ kN} < V_c = 4140,11 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

#### 7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebeani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b \text{ poer} = 2200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 2200 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 600 \text{ mm}$$

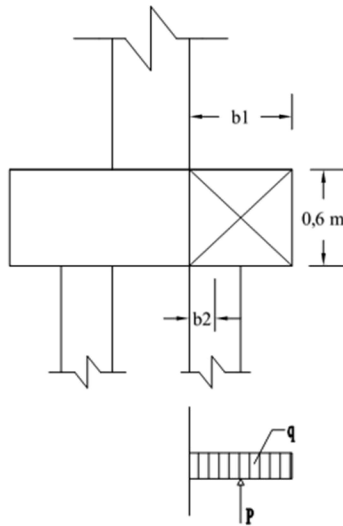
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_x = 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 500,0 \text{ mm}$$

$$d_y = 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 587,5 \text{ mm}$$

## a. Penulangan poer arah X

**Gambar 9. 15** Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (2,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 2,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,6 \text{ m})) = 0,8 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,8 \text{ m} / 2 = 0,4 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 0,8 \text{ m} \\ = 2492,16 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 88,13 \text{ ton} = 89.125,0 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -Mq + Mp \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 2492,16 \text{ kg} \cdot (0,8 \text{ m})^2) + (89.125,0 \text{ kg} \cdot 0,4)$$

$$\begin{aligned}
 &= 34.852,51 \text{ kg.m} \\
 &= 348.525,088 \text{ N.mm} \\
 M_n &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{348.525.088 \text{ N.mm}}{0,8} \\
 M_n &= 435.656.360 \text{ N.mm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{435.656.360 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^2} = 1,74 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44 \\
 \rho &= \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,74}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\
 \rho &= 0,0045 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $\rho > \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0045$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d = 0,0045 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}$

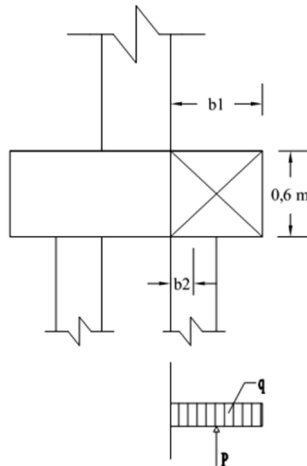
As perlu = 2246,1 mm<sup>2</sup>

Dipakai D25-200, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 2454,36 \text{ mm}^2$$

As perlu < As pakai (OK!)

## b. Penulangan poer arah Y

**Gambar 9. 16** Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (2,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 2,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,6 \text{ m})) = 0,8 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,8 \text{ m} / 2 = 0,4 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 0,8 \text{ m} \\ = 2492,16 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 89,13 \text{ ton} = 89.125,0 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -Mq + Mp \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 2492,16 \text{ kg} \cdot (0,8 \text{ m})^2) + (89.125,0 \text{ kg} \cdot 0,4) \\ = 34.852,51 \text{ kg.m} \\ = 348.525.088 \text{ N.mm}$$



$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{348.525.088 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 435.656.360 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{435.656.360 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487,5 \text{ mm})^2} = 1,83 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,83}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0047$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho > \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0047$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 487,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2307,56 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-200, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 2454,36 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)

## 8. Perhitungan Transfer Beban Kolom Ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 360.000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 2200 \text{ mm} \times 2200 \text{ mm} = 4.840.000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 309,72 \text{ ton} = 3097,2 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 360.000 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = 6.961.500 \text{ N} = 6962 \text{ kN} > 3097,2 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{4.840.000\text{mm}^2}{360.000\text{mm}^2}} = 3,67$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N2 = 2 \cdot N1 = 2 (6962 \text{ kN})$$

$$N2 = 13.923 \text{ kN} > 3097,2 \text{ kN (OK!)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$As \text{ perlu} = 0,005 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 8 D19, dengan  $As = 2268,23 \text{ mm}^2 > 1800 \text{ mm}^2$  (OK!)

#### 9. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400\text{Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \cdot 19\text{mm} = 308,31 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 19\text{mm} \cdot 400 \text{ Mpa} = 326,8 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $\ell_{dc}$  terbesar = 326,8 mm  $\approx$  400 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400\text{Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \right) \cdot 19\text{mm} = 755,67 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

### 9.3.4 Perhitungan Pondasi Tipe 3

#### 1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 100 \text{ cm}$  dan  $120 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 2 \times 100 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$h = 5 \times 120 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 720 \text{ cm} = 7,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal  $= 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$

#### 2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 2220 dan joint 2219 adalah sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

##### **Joint 2220:**

$$P = 368,64 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,27 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,38 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 3,68 \text{ ton}$$

$$V_y = 5,03 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 0,38 \text{ ton.m} + 5,03 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m}$$

$$= 6,3 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}\sum My &= My + Vx \cdot d \\ &= 0,38 \text{ ton.m} + 3,68 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 4,06 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

**Joint 2219:**

$$P = 294,1 \text{ ton}$$

$$Mx = 0,56 \text{ ton.m}$$

$$My = 0,57 \text{ ton.m}$$

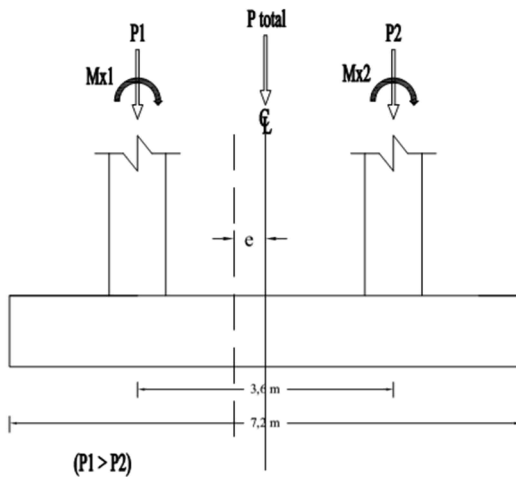
$$Vx = 0,41 \text{ ton}$$

$$Vy = 0,51 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}\sum Mx &= Mx + Vy \cdot d \\ &= 0,56 \text{ ton.m} + 0,51 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 1,07 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum My &= My + Vx \cdot d \\ &= 0,57 \text{ ton.m} + 0,41 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 0,99 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas:



**Gambar 9. 17** Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{294,1 \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(294,1 \text{ ton} + 368,64 \text{ ton})} = 1,6 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,6 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 662,74 \text{ ton}$$

$$V_x = 4,09 \text{ ton}$$

$$V_y = 5,54 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= 6,3 \text{ ton.m} + 1,07 \text{ ton.m} + 662,74 \text{ ton} \cdot 0,2 \text{ m} \\ &= 141,55 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\sum M_y = 4,06 \text{ ton.m} + 0,99 \text{ ton.m} = 5,05 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

**Joint 2220:**

$$P = 469,72 \text{ ton}$$

$$M_x = 5,88 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 41,36 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 14,55 \text{ ton}$$

$$V_y = 6,85 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 5,88 \text{ ton.m} + 6,85 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 12,73 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 41,36 \text{ ton.m} + 14,55 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 55,91 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

**Joint 2219:**

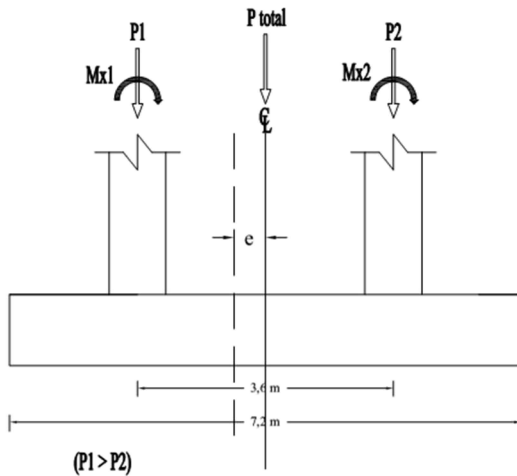
$$P = 345,8 \text{ ton}$$

$$M_x = 5,06 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 38,41 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}
 V_x &= 2,05 \text{ ton} \\
 V_y &= 8,22 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 5,06 \text{ ton.m} + 8,22 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 13,28 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 38,41 \text{ ton.m} + 2,05 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 40,46 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas:



**Gambar 9. 18** Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{345,8 \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(345,8 \text{ ton} + 469,72 \text{ ton})} = 1,5 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,5 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 815,52 \text{ ton}$$

$$V_x = 16,6 \text{ ton}$$

$$V_y = 15,07 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= 12,73 \text{ ton.m} + 13,28 \text{ ton.m} + 815,52 \text{ ton} \cdot 0,3 \text{ m} \\ &= 249,07 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\sum M_y = 55,91 \text{ ton.m} + 40,46 \text{ ton.m} = 96,37 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

**Joint 2220:**

$$P = 430,89 \text{ ton}$$

$$M_x = 18,35 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 15,09 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 7,6 \text{ ton}$$

$$V_y = 9,7 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 18,35 \text{ ton.m} + 9,7 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 28,05 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 15,09 \text{ ton.m} + 7,6 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\ &= 22,69 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

**Joint 2219:**

$$P = 318,1 \text{ ton}$$

$$M_x = 17,7 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 14,15 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 3,33 \text{ ton}$$

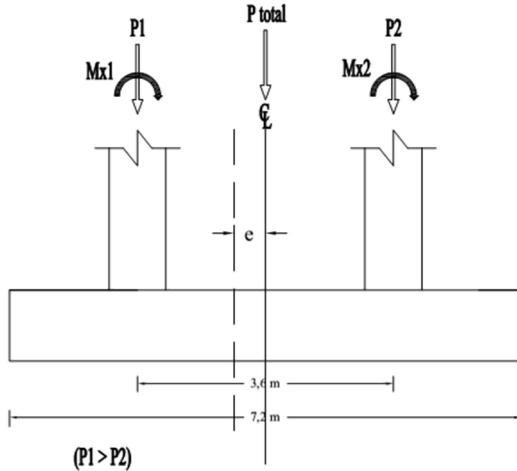
$$V_y = 5,67 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 17,7 \text{ ton.m} + 5,67 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 23,37 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 &= 14,15 \text{ ton.m} + 3,33 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 17,48 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas:



**Gambar 9. 19** Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{318,1 \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(318,1 \text{ ton} + 430,89 \text{ ton})} = 1,5 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,5 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 748,99 \text{ ton}$$

$$V_x = 10,93 \text{ ton}$$

$$V_y = 15,37 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \sum M_x &= 28,05 \text{ ton.m} + 23,37 \text{ ton.m} + 748,9 \text{ ton} \cdot 0,3 \text{ m} \\
 &= 254,44 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

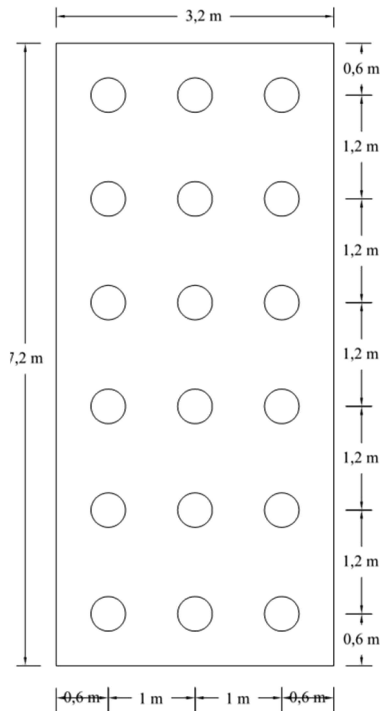


$$\sum My = 22,69 \text{ ton.m} + 17,48 \text{ ton.m} = 40,17 \text{ ton.m}$$

3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi  
 Berdasarkan “*Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2* (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung per berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converse-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



**Gambar 9. 20** Pondasi Tipe 3

Dimana:

m = banyaknya tiang dalam kolom = 3 buah

n = banyaknya tiang dalam baris = 6 buah

D = diameter tiang pancang = 0,4 m

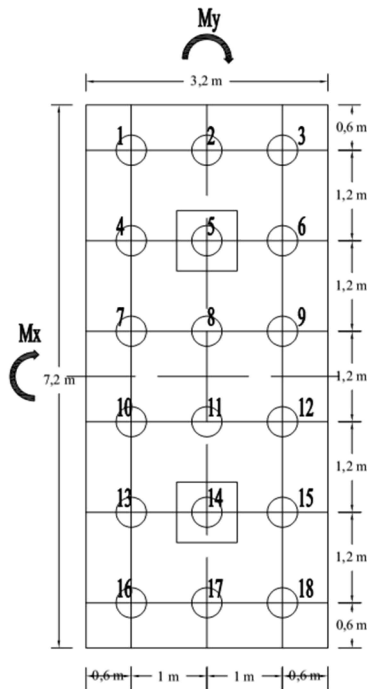
S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,0 m

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4m}{1,0m} \left[ \frac{(3-1) \cdot 6 + (6-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 6} \right] = 0,63$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \\ &= 0,63 \times 121,1 \text{ ton} = 76,91 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



**Gambar 9. 21** Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

a. Perhitungan akibat beban tetap:

**Tabel 9. 3** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	1	1	-2.8	7.8263	10	1	1	0.8	0.6439
2	0	0	-1.6	2.5522	11	0	0	2.0	4.0098
3	-1	1	-0.4	0.158	12	-1	1	3.2	10.256
4	1	1	0.8	0.6439	13	1	1	-2.8	7.8263
5	0	0	2.0	4.0098	14	0	0	-1.6	2.5522
6	-1	1	3.2	10.256	15	-1	1	-0.4	0.158
7	1	1	-2.8	7.8263	16	1	1	0.8	0.6439
8	0	0	-1.6	2.5522	17	0	0	2.0	4.0098
9	-1	1	-0.4	0.158	18	-1	1	3.2	10.256
$\Sigma x^2 =$				12	$\Sigma y^2 =$				76.338

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P1 = \frac{662,74 \text{ ton}}{18} - \frac{141,55 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 3,2 \text{ m}}{76,33 \text{ m}^2} - \frac{5,06 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 1,0 \text{ m}}{12 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 30,46 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{662,74 \text{ ton}}{18} + \frac{141,55 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 3,2 \text{ m}}{76,33 \text{ m}^2} - \frac{5,06 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 1,0 \text{ m}}{12 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 42,34 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{662,74 \text{ ton}}{18} - \frac{141,55 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 3,2 \text{ m}}{76,33 \text{ m}^2} + \frac{5,06 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 1,0 \text{ m}}{12 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 31,3 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{662,74 \text{ ton}}{18} + \frac{141,55 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 3,2 \text{ m}}{76,33 \text{ m}^2} + \frac{5,06 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 1,0 \text{ m}}{12 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 43,18 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

**Tabel 9. 4** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	1	1	-2.7	7.4337	10	1	1	0.9	0.763
2	0	0	-1.5	2.3302	11	0	0	2.1	4.2995
3	-1	1	-0.3	0.1066	12	-1	1	3.3	10.716
4	1	1	0.9	0.763	13	1	1	-2.7	7.4337
5	0	0	2.1	4.2995	14	0	0	-1.5	2.3302
6	-1	1	3.3	10.716	15	-1	1	-0.3	0.1066
7	1	1	-2.7	7.4337	16	1	1	0.9	0.763
8	0	0	-1.5	2.3302	17	0	0	2.1	4.2995
9	-1	1	-0.3	0.1066	18	-1	1	3.3	10.716
$\Sigma x^2 =$				12	$\Sigma y^2 =$				76.947

$$P1 = \frac{815,52\text{ton}}{18} - \frac{249,07\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,94\text{m}^2} - \frac{96,37\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P1 = 26,68 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{815,52\text{ton}}{18} + \frac{249,07\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,94\text{m}^2} - \frac{96,37\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P2 = 47,87 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{815,52\text{ton}}{18} - \frac{249,07\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,94\text{m}^2} + \frac{96,37\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P3 = 42,74 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{815,52\text{ton}}{18} + \frac{249,07\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,94\text{m}^2} + \frac{96,37\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P4 = 63,93 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

**Tabel 9. 5** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	1	1	-2.7	7.4471	10	1	1	0.9	0.7587
2	0	0	-1.5	2.3377	11	0	0	2.1	4.2893
3	-1	1	-0.3	0.1082	12	-1	1	3.3	10.7
4	1	1	0.9	0.7587	13	1	1	-2.7	7.4471
5	0	0	2.1	4.2893	14	0	0	-1.5	2.3377
6	-1	1	3.3	10.7	15	-1	1	-0.3	0.1082
7	1	1	-2.7	7.4471	16	1	1	0.9	0.7587
8	0	0	-1.5	2.3377	17	0	0	2.1	4.2893
9	-1	1	-0.3	0.1082	18	-1	1	3.3	10.7

$\Sigma x^2 =$	12	$\Sigma y^2 =$	76.923
----------------	----	----------------	--------

$$P1 = \frac{748,99\text{ton}}{18} - \frac{254,44\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,92\text{m}^2} - \frac{40,17\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P1 = 27,44 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{748,99\text{ton}}{18} + \frac{254,44\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,92\text{m}^2} - \frac{40,17\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P2 = 49,08 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

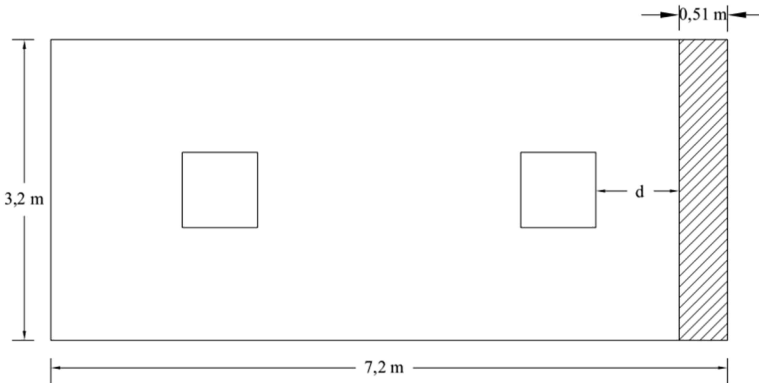
$$P3 = \frac{748,99\text{ton}}{18} - \frac{254,44\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,92\text{m}^2} + \frac{40,17\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P3 = 34,14 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{748,99\text{ton}}{18} + \frac{254,44\text{ton.m} \cdot 3,3\text{m}}{76,92\text{m}^2} + \frac{40,17\text{ton.m} \cdot 1,0\text{m}}{12\text{m}^2}$$

$$P4 = 55,78 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

## 5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



**Gambar 9. 22** Bidang Kritis Geser Satu Arah

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 887,5 \text{ mm}$$

Diketahui dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L):

$$P_u = 470,51 \text{ ton} + 376,51 \text{ ton} = 847,03 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{847,03 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 7,2 \text{ m}} = 36,76 \text{ ton/m}^2 = 0,368 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$\begin{aligned} L' &= (0,25 \cdot h \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d \\ &= (0,25 \cdot 7200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 800 \text{ mm}) - 887,5 \text{ mm} \\ &= 512,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,368 \text{ N/mm}^2 \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 521,5 \text{ mm} \\ &= 602.920,66 \text{ N} \end{aligned}$$

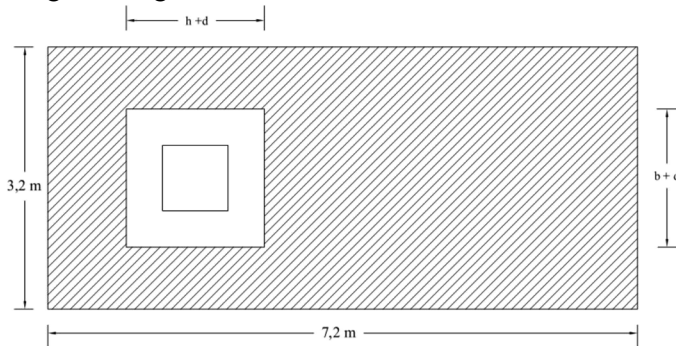
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton,  $V_c$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2.856.283,32 \text{ N} > V_u = 602.920,66 \text{ N (OK!)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

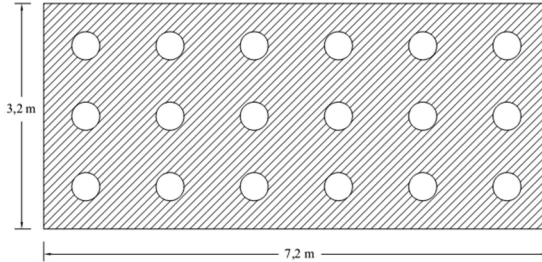


**Gambar 9. 23** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - [(800 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm}) \times \\ &\quad (800 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm})] \\ &= 20.192.343,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,368 \text{ N/mm}^2 \cdot 20.192.343,75 \text{ mm}^2 \\ &= 7.423.403,18 \text{ N} = 7.423,4 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 9. 24** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 815,52 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{815,52 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 7,2 \text{ m}} = 35,4 \text{ ton/m}^2 = 0,354 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - 18 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\ &= 20.192.343,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,354 \text{ N/mm}^2 \cdot 20.192.343,75 \text{ mm}^2 \\ &= 7.147.248,34 \text{ N} = 7147,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat kolom dan  $V_u$  akibat tiang pancang, diambil  $V_u$  sebesar = 7423,4 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil:

$$\bullet \quad V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$



Dimana:

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 800 \text{ mm} / 800 \text{ mm} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (800 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) + 4 \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$= 6750 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$  (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6750 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 18.074,91 \text{ N} = 18.074,92 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$  (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$  (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$  (untuk kolom sudut)

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 887,5 \text{ mm}}{6750 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6750 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 21.353,87 \text{ N} = 21.353,87 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6750 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 11.695,54 \text{ N} = 7423,4 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai  $V_c = 11.695,54 \text{ kN}$

$$V_u = 7423,4 \text{ kN} < V_c = 11.695,54 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

### 7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b \text{ poer} = 3200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 7200 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1000 \text{ mm}$$

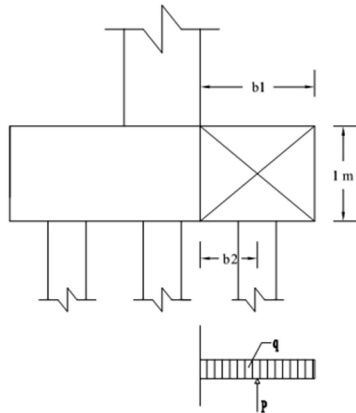
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 900,0 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 887,5 \text{ mm}$$

#### a. Penulangan poer arah X



**Gambar 9. 25** Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 800 \text{ m})) = 1,2 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi poer} \\ = 1,2 \text{ m} / 2 = 0,6 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 20.390,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 63.93 \text{ ton} = 63.933,4 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2) \\
 &= -(0,5 \cdot 63.933,4 \text{ kg} \cdot (1,2 \text{ m})^2) + (63.933,4 \text{ kg} \cdot 0,6) \\
 &= 23.678,97 \text{ kg.m} \\
 &= 236.789.736 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{236.789.736 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 295.987.169,41 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{295.987.169,41 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (900 \text{ mm})^2} = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,37}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0009$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 900 \text{ mm}$$

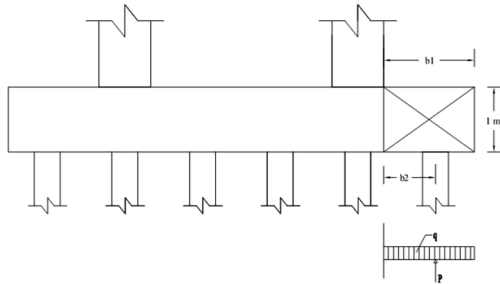
$$A_s \text{ perlu} = 3150,0 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150\text{mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

As perlu < As pakai (OK!)

b. Penulangan poer arah Y



**Gambar 9. 26** Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 1,4 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,8 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,4 \text{ m} \\ = 9062,4 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 63,93 \text{ ton} = 63.933,4 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2) \\ &= -(0,5 \cdot 9062,4 \text{ kg} \cdot (1,4 \text{ m})^2) + (63.933,4 \text{ kg} \cdot 0,8) \\ &= 42.265,4 \text{ kg.m} \\ &= 422.655.967 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{422.655.967 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 528.319.959,22 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{528.319.959,22 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (887,5 \text{ mm})^2} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,67}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0017$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 3106,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)

#### 8. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas kolom} = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 7200 \text{ mm} = 23.040.000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 469,72 \text{ ton} = 4697,2 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 640.000 \text{ mm}^2$$

$$N1 = 12.376.000 \text{ N} = 12.376 \text{ kN} > 4697,2 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{23.040.000\text{mm}^2}{640.000\text{mm}^2}} = 6$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N2 = 2 \cdot N1 = 2 (12.376 \text{ kN})$$

$$N2 = 24.752 \text{ kN} > 4697,2 \text{ kN (OK!)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$As \text{ perlu} = 0,005 \cdot 800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 3200 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 12 D25, dengan  $As = 5890,49 \text{ mm}^2 > 3200 \text{ mm}^2$  (OK!)

#### 9. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400\text{Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \cdot 25\text{mm} = 405,67 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25\text{mm} \cdot 400\text{Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $\ell_{dc}$  terbesar = 430 mm  $\approx$  500 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400\text{Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \right) \cdot 25\text{mm} = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

### 9.3.5 Perhitungan Pondasi Tipe 4

#### 1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 100 \text{ cm}$  dan  $120 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 2 \times 100 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$h = 5 \times 120 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 720 \text{ cm} = 7,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal  $= 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$

#### 2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 2233 dan joint 2327 adalah sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

##### **Joint 2233:**

$$P = 366,0 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,4 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,93 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,16 \text{ ton}$$

$$V_y = 1,22 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 1,4 \text{ ton.m} + 1,22 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m}$$

$$= 2,62 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}\sum My &= My + Vx \cdot d \\ &= 0,93 \text{ ton.m} + 0,16 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 1,09 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

**Joint 2327:**

$$P = 354,02 \text{ ton}$$

$$Mx = 1,76 \text{ ton.m}$$

$$My = 1,86 \text{ ton.m}$$

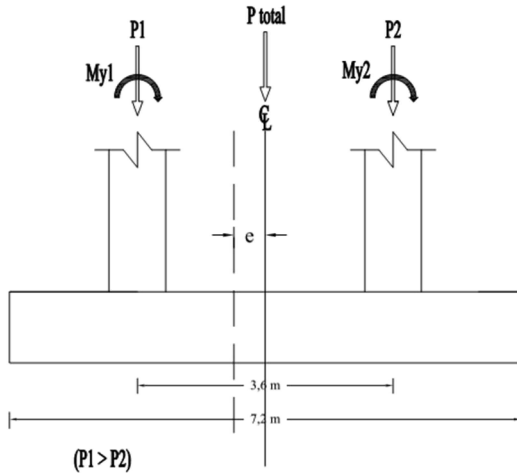
$$Vx = 0,28 \text{ ton}$$

$$Vy = 1,3 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}\sum Mx &= Mx + Vy \cdot d \\ &= 1,76 \text{ ton.m} + 1,3 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 3,06 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum My &= My + Vx \cdot d \\ &= 1,86 \text{ ton.m} + 0,28 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 2,14 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas:



**Gambar 9. 27** Eksentrisitas Pondasi Gabungan



Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{354,02\text{ton} \cdot 3,6\text{m}}{(354,02\text{ton} + 366,01\text{ton})} = 1,77 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6\text{m}}{2} - 1,77\text{m} = 0,03 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 720,03 \text{ ton}$$

$$V_x = 0,44 \text{ ton}$$

$$V_y = 2,52 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = 2,62 \text{ ton.m} + 3,06 \text{ ton.m} = 5,68 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= 1,09 \text{ ton.m} + 2,14 \text{ ton.m} + 720,03 \text{ ton} \cdot 0,03 \text{ m} \\ &= 24,81 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

**Joint 2233:**

$$P = 428,02 \text{ ton}$$

$$M_x = 5,86 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 39,92 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 11,1 \text{ ton}$$

$$V_y = 2,08 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 5,86 \text{ ton.m} + 2,08 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 7,94 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 39,92 \text{ ton.m} + 11,1 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 51,02 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

**Joint 2327:**

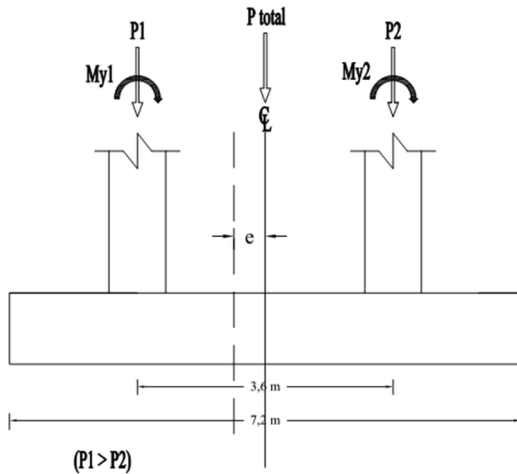
$$P = 393,77 \text{ ton}$$

$$M_x = 6,22 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 40,24 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}
 V_x &= 12,26 \text{ ton} \\
 V_y &= 2,16 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 6,22 \text{ ton.m} + 2,16 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 8,38 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 40,24 \text{ ton.m} + 12,26 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 52,5 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas:



**Gambar 9. 28** Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom =  $3,6 \text{ m}$

$$x = \frac{393,77 \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(393,77 \text{ ton} + 428,02 \text{ ton})} = 1,72 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,72 \text{ m} = 0,08 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned}
 P &= 821,79 \text{ ton} \\
 V_x &= 23,36 \text{ ton} \\
 V_y &= 4,24 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= 7,94 \text{ ton.m} + 8,38 \text{ ton.m} = 16,32 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= 51,02 \text{ ton.m} + 52,5 \text{ ton.m} + 821,79 \text{ ton} \cdot 0,08 \text{ m} \\
 &= 165,17 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

**Joint 2233:**

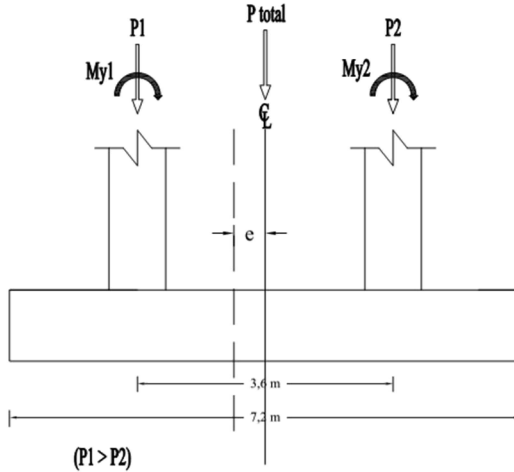
$$\begin{aligned}
 P &= 433,45 \text{ ton} \\
 M_x &= 18,63 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 14,71 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 4,17 \text{ ton} \\
 V_y &= 4,55 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 18,63 \text{ ton.m} + 4,55 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 23,18 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 14,71 \text{ ton.m} + 4,17 \text{ ton} \cdot 0,75 \text{ m} \\
 &= 18,88 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2327:**

$$\begin{aligned}
 P &= 399,39 \text{ ton} \\
 M_x &= 18,98 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 15,78 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 4,64 \text{ ton} \\
 V_y &= 4,63 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 18,98 \text{ ton.m} + 4,63 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 23,61 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 15,78 \text{ ton.m} + 4,64 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 20,42 \text{ ton.m}$$

Mencari eksentrisitas:



**Gambar 9. 29** Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{399,39 \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(399,39 \text{ ton} + 433,45 \text{ ton})} = 1,73 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,73 \text{ m} = 0,07 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 832,84 \text{ ton}$$

$$V_x = 8,81 \text{ ton}$$

$$V_y = 9,18 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = 23,18 \text{ ton.m} + 23,61 \text{ ton.m} = 254,44 \text{ ton.m}$$

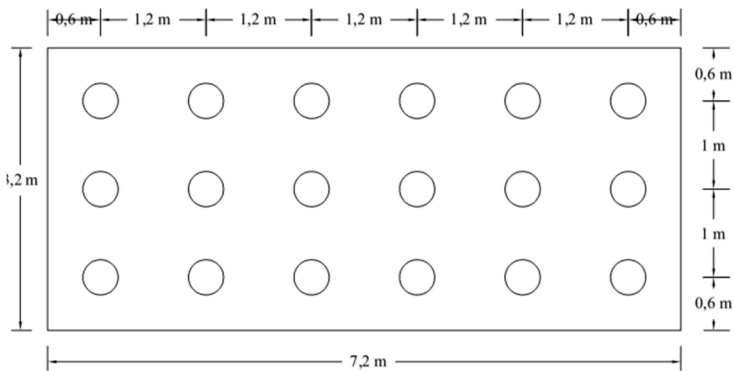
$$\begin{aligned} \sum M_y &= 18,88 \text{ ton.m} + 20,42 \text{ ton.m} + 832,84 \text{ ton} \cdot 0,07 \text{ m} \\ &= 100,6 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “*Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2* (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



**Gambar 9. 30** Pondasi Tipe 4

Dimana:

$m$  = banyaknya tiang dalam kolom = 6 buah

$n$  = banyaknya tiang dalam baris = 3 buah

$D$  = diameter tiang pancang = 0,4 m

$S$  = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,0 m

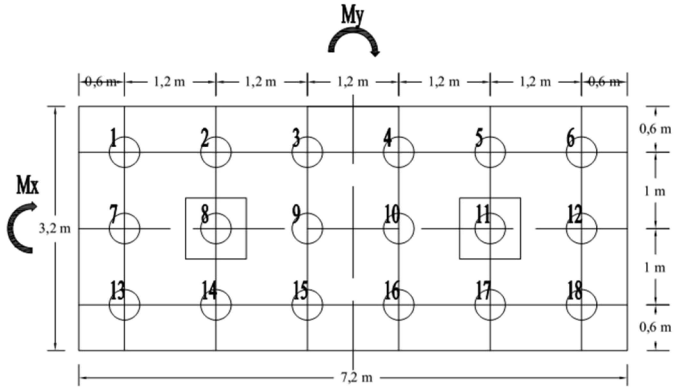
Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4m}{1,0m} \left[ \frac{(6-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 6}{90 \cdot 6 \cdot 3} \right] = 0,63$$

P ijin kelompok =  $\eta \times P$  ijin

$$= 0,63 \times 121,1 \text{ ton} = 76,91 \text{ ton}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



**Gambar 9. 31** Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang  
Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

a. Perhitungan akibat beban tetap:

**Tabel 9. 6** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	-2.97	8.8211	1	1	10	0.63	0.3969	1	1
2	-1.77	3.133	0	0	11	1.83	3.3488	0	0
3	-0.57	0.3249	-1	1	12	3.03	9.1807	-1	1
4	0.63	0.3969	1	1	13	-2.97	8.8211	1	1
5	1.83	3.3488	0	0	14	-1.77	3.133	0	0
6	3.03	9.1807	-1	1	15	-0.57	0.3249	-1	1
7	-2.97	8.8211	1	1	16	0.63	0.3969	1	1
8	-1.77	3.133	0	0	17	1.83	3.3488	0	0
9	-0.57	0.3249	-1	1	18	3.03	9.1807	-1	1
		$\Sigma x^2 =$	75.616	$\Sigma y^2 =$			12		

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P1 = \frac{720,03\text{ton}}{18} - \frac{5,68\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} - \frac{24,81\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,03\text{m}}{75,61\text{m}^2}$$

$$P1 = 38,53 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{720,03\text{ton}}{18} + \frac{5,68\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} - \frac{24,81\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,03\text{m}}{75,61\text{m}^2}$$

$$P2 = 39,48 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{720,03\text{ton}}{18} - \frac{5,68\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} + \frac{24,81\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,03\text{m}}{75,61\text{m}^2}$$

$$P3 = 40,52 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{720,03\text{ton}}{18} + \frac{5,68\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} + \frac{24,81\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,03\text{m}}{75,61\text{m}^2}$$

$$P4 = 41,47 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

**Tabel 9. 7** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	-2.9	8.5555	1	1	10	0.7	0.4557	1	1
2	-1.7	2.9756	0	0	11	1.9	3.5157	0	0
3	-0.5	0.2756	-1	1	12	3.1	9.4557	-1	1
4	0.7	0.4557	1	1	13	-2.9	8.5555	1	1
5	1.9	3.5157	0	0	14	-1.7	2.9756	0	0
6	3.1	9.4557	-1	1	15	-0.5	0.2756	-1	1
7	-2.9	8.5555	1	1	16	0.7	0.4557	1	1
8	-1.7	2.9756	0	0	17	1.9	3.5157	0	0
9	-0.5	0.2756	-1	1	18	3.1	9.4557	-1	1

$$\Sigma x^2 = 75.701 \quad \Sigma y^2 = 12$$

$$P1 = \frac{821,79\text{ton}}{18} - \frac{16,32\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} - \frac{165,17\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,1\text{m}}{75,7\text{m}^2}$$

$$P1 = 37,59 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{821,79\text{ton}}{18} + \frac{16,32\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} - \frac{165,17\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,1\text{m}}{75,7\text{m}^2}$$

$$P2 = 40,31 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{821,79\text{ton}}{18} - \frac{16,32\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} + \frac{165,17\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,1\text{m}}{75,7\text{m}^2}$$

$$P3 = 51,0 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{821,79\text{ton}}{18} + \frac{16,32\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} + \frac{165,17\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,1\text{m}}{75,7\text{m}^2}$$

$$P4 = 53,72 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

**Tabel 9. 8** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	-2.9	8.5637	1	1	10	0.7	0.4538	1	1
2	-1.7	2.9804	0	0	11	1.9	3.5104	0	0
3	-0.5	0.2771	-1	1	12	3.1	9.4471	-1	1
4	0.7	0.4538	1	1	13	-2.9	8.5637	1	1
5	1.9	3.5104	0	0	14	-1.7	2.9804	0	0
6	3.1	9.4471	-1	1	15	-0.5	0.2771	-1	1
7	-2.9	8.5637	1	1	16	0.7	0.4538	1	1
8	-1.7	2.9804	0	0	17	1.9	3.5104	0	0
9	-0.5	0.2771	-1	1	18	3.1	9.4471	-1	1

$\Sigma x^2 =$	75.698	$\Sigma y^2 =$	12
----------------	--------	----------------	----

$$P1 = \frac{832,84\text{ton}}{18} - \frac{46,79\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} - \frac{100,61\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,1\text{m}}{75,69\text{m}^2}$$

$$P1 = 38,28 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{832,84\text{ton}}{18} + \frac{46,79\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1\text{m}}{12\text{m}^2} - \frac{100,61\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 3,1\text{m}}{75,69\text{m}^2}$$

$$P2 = 46,08 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$



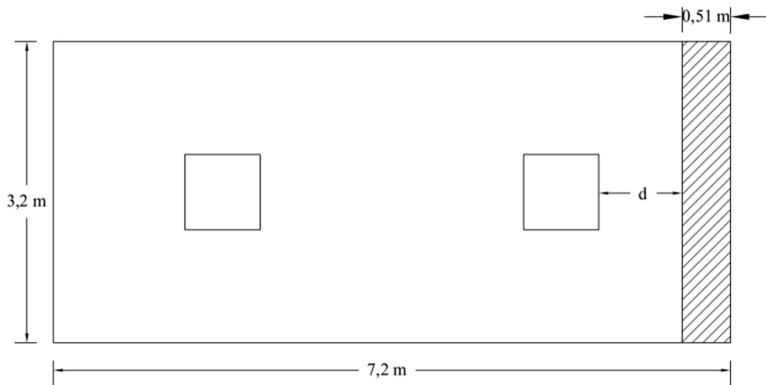
$$P3 = \frac{832,84 \text{ ton}}{18} - \frac{46,79 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 1 \text{ m}}{12 \text{ m}^2} + \frac{100,61 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 3,1 \text{ m}}{75,69 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 46,45 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{832,84 \text{ ton}}{18} + \frac{46,79 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 1 \text{ m}}{12 \text{ m}^2} + \frac{100,61 \text{ ton} \cdot \text{m} \cdot 3,1 \text{ m}}{75,69 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 54,25 \text{ ton} < 76,91 \text{ ton (OK!)}$$

### 5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



**Gambar 9. 32** Bidang Kritis Geser Satu Arah

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 887,5 \text{ mm}$$

Diketahui dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L):

$$Pu = 464,19 \text{ ton} + 448,21 \text{ ton} = 912,4 \text{ ton}$$

$$Qu = \frac{Pu}{b \cdot h} = \frac{912,4 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 7,2 \text{ m}} = 39,6 \text{ ton/m}^2 = 0,396 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $Vu$

$$Vu = Qu \times b \times L'$$

$$\begin{aligned}
 L' &= (0,25 \cdot h \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d \\
 &= (0,25 \cdot 7200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 800 \text{ mm}) - 887,5 \text{ mm} \\
 &= 512,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 0,396 \text{ N/mm}^2 \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 512,5 \text{ mm} \\
 &= 6429451,39 \text{ N}
 \end{aligned}$$

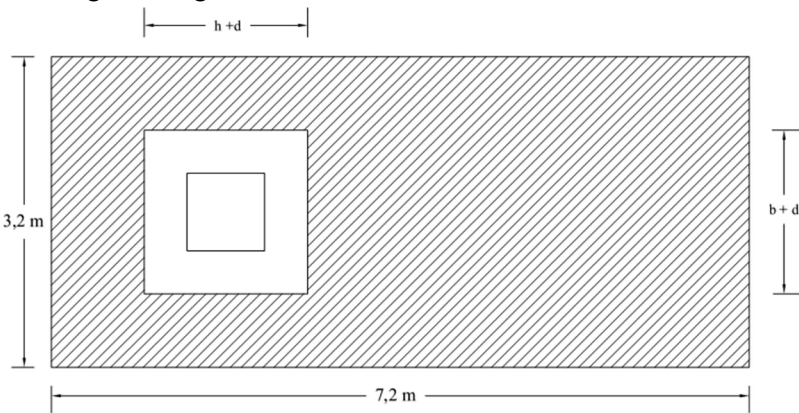
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton,  $V_c$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2.856.283,32 \text{ N} > V_u = 640.451,39 \text{ N (OK!)}$$

#### 6. Cek Perhitungan Geser Dua arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

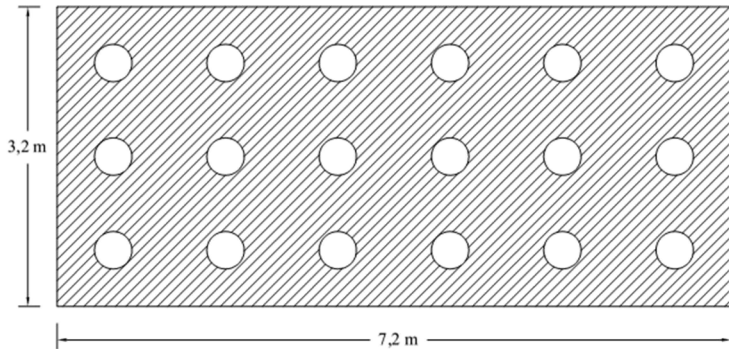


**Gambar 9. 33** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\
 &= (3200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - [(800 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm}) \times \\
 &\quad (800 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm})] \\
 &= 20.192.343,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,396 \text{ N/mm}^2 \cdot 20.192.343,75 \text{ mm}^2 \\
 &= 7.996.308,35 \text{ N} = 7.996,31 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 9. 34** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 832,84 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{832,84 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 7,2 \text{ m}} = 36,15 \text{ ton/m}^2 = 0,361 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\
 &= (3200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - 18 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\
 &= 20.192.343,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,361 \text{ N/mm}^2 \cdot 20.192.343,75 \text{ mm}^2 \\
 &= 7.299.041,48 \text{ N} = 7299,04 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat kolom dan  $V_u$  akibat tiang pancang, diambil  $V_u$  sebesar = 7996,31 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil:

$$\bullet V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 800 \text{ mm} / 800 \text{ mm} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (800 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) + 4 \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$= 6750 \text{ mm}$$

$\lambda$  = 1 (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6750 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 18.074,91 \text{ N} = 18.074,92 \text{ kN}$$

$$\bullet V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s$  = 40 (untuk kolom tengah)

$\alpha_s$  = 30 (untuk kolom tepi)

$\alpha_s$  = 20 (untuk kolom sudut)

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 887,5 \text{ mm}}{6750 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6750 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 21.353,87 \text{ N} = 21.353,87 \text{ kN}$$

- $$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6750 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 11.695,54 \text{ N} = 7423,4 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai  $V_c = 11.695,54 \text{ kN}$   
 $V_u = 7996,31 \text{ kN} < V_c = 11.695,54 \text{ kN}$  (OK!)

#### 7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebeani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b \text{ poer} = 3200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 7200 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1000 \text{ mm}$$

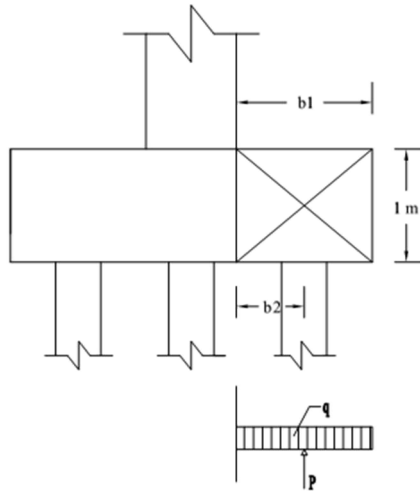
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 900,0 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 887,5 \text{ mm}$$

## a. Penulangan poer arah X

**Gambar 9. 35** Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 b1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\
 &= (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 800 \text{ m})) = 1,2 \text{ m} \\
 b2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi poer} \\
 &= 1,2 \text{ m} / 2 = 0,6 \text{ m} \\
 q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 7,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 20.390,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 54,25 \text{ ton} = 54.253,1 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\
 &= -(0,5 \cdot 20.390,4 \text{ kg} \cdot (1,2 \text{ m})^2) + (54.253,1 \text{ kg} \cdot 0,6) \\
 &= 17.879,79 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$= 178.707.899 \text{ N.mm}$$

$$\frac{Mu}{\varphi} = \frac{178.707.899 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$Mn = 233.384.873,78 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{233.384.873,78 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (900 \text{ mm})^2} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,28}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0007$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 900 \text{ mm}$$

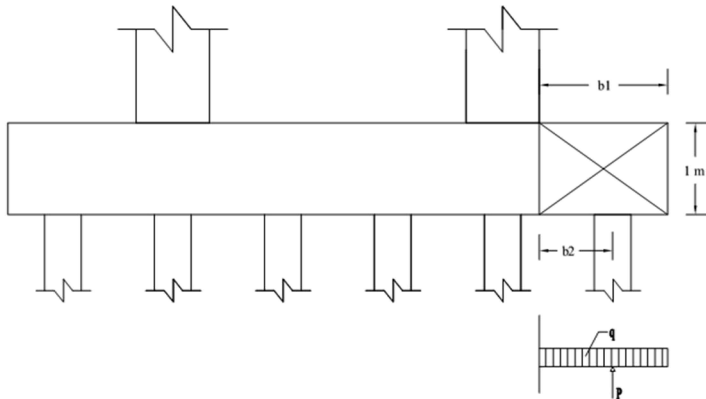
$$As_{\text{perlu}} = 3150,0 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150, maka:

$$As = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$As_{\text{perlu}} < As_{\text{pakai}}$  (OK!)

## b. Penulangan poer arah Y

**Gambar 9. 36** Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 1,4 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,8 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,4 \text{ m} \\ = 9062,4 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 54,25 \text{ ton} = 54.253,1 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \cdot b_2) \\ &= -(0,5 \cdot 9062,4 \text{ kg} \cdot (1,4 \text{ m})^2) + (54.253,1 \text{ kg} \cdot 0,8) \\ &= 40.405,22 \text{ kg.m} \\ &= 404.055.197 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{404.055.197 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 505.068.996,76 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{505.068.996,76 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (887,5 \text{ mm})^2} = 0,64 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,64}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0016$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 3106,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)

## 8. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas kolom} = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 7200 \text{ mm} = 23.040.000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 433,45 \text{ ton} = 4334,5 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 640.000 \text{ mm}^2$$

$$N1 = 12.376.000 \text{ N} = 12.376 \text{ kN} > 4334,5 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{23.040.000\text{mm}^2}{640.000\text{mm}^2}} = 6$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N2 = 2 \cdot N1 = 2 (12.376 \text{ kN})$$

$$N2 = 24.752 \text{ kN} > 4334,5 \text{ kN (OK!)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$As \text{ perlu} = 0,005 \cdot 800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 3200 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 12 D25, dengan  $As = 5890,49 \text{ mm}^2 > 3200 \text{ mm}^2$  (OK!)

#### 9. Perhitungan Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400\text{Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \cdot 25\text{mm} = 405,67 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25\text{mm} \cdot 400\text{Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $\ell_{dc}$  terbesar = 430 mm  $\approx$  500 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400\text{Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \right) \cdot 25\text{mm} = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

### 9.3.6 Perhitungan Pondasi Tipe 5

#### 1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 120 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 5 \times 120 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 720 \text{ cm} = 7,2 \text{ m}$$

$$h = 5 \times 120 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 720 \text{ cm} = 7,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal =  $130 \text{ cm} = 1,3 \text{ m}$

#### 2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 2232, 2236, 2231, dan 2235 adalah sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

##### **Joint 2232:**

$$P = 372,68 \text{ ton}$$

$$M_x = 0,02 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,55 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,02 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,133 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 0,02 \text{ ton.m} + 0,133 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,19 \text{ ton.m} \\
 \sum My &= My + V_x \cdot d \\
 &= 0,55 \text{ ton.m} + 0,02 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 0,576 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2226:**

$$\begin{aligned}
 P &= 369,9 \text{ ton} \\
 M_x &= 0,25 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 1,43 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 0,05 \text{ ton} \\
 V_y &= 0,23 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 0,25 \text{ ton.m} + 0,23 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 0,549 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 1,43 \text{ ton.m} + 0,05 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 1,49 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2231:**

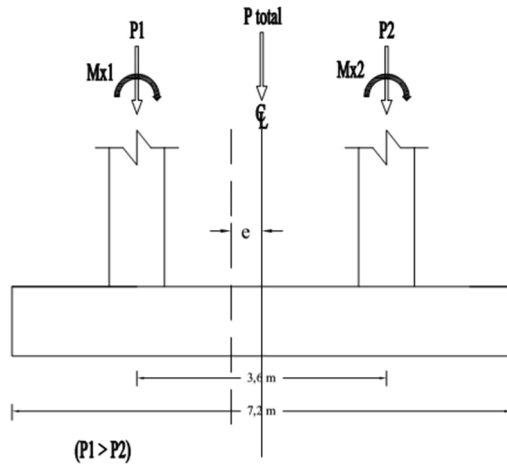
$$\begin{aligned}
 P &= 368,14 \text{ ton} \\
 M_x &= 0,64 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 0,29 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 0,07 \text{ ton} \\
 V_y &= 0,09 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 0,64 \text{ ton.m} + 0,09 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 0,75 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 0,29 \text{ ton.m} + 0,07 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 0,381 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2235:**

$$\begin{aligned}
 P &= 365,7 \text{ ton} \\
 M_x &= 0,91 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 1,31 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 0,48 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= 0,2 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 0,91 \text{ ton.m} + 0,2 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 1,17 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 1,31 \text{ ton.m} + 0,48 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 1,93 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas untuk arah x:



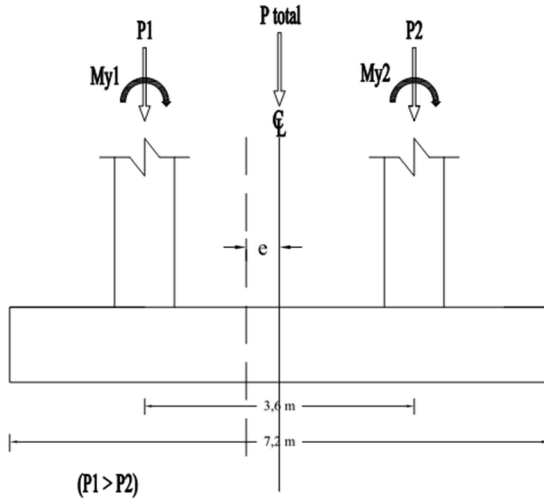
**Gambar 9. 37** Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X

Jarak antar kolom =  $3,6 \text{ m}$

$$x = \frac{(372,68 + 368,14) \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(372,68 + 368,14 + 369,9 + 365,7) \text{ ton}} = 1,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,81 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

Mencari eksentrisitas untuk arah y:



**Gambar 9. 38** Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{(372,68 + 369,9) \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(372,68 + 368,14 + 369,9 + 365,7) \text{ ton}} = 1,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,81 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 1476,41 \text{ ton}$$

$$V_x = 0,62 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,65 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= (0,19 + 0,54 + 0,75 + 1,17) \text{ ton.m} + 1476,41 \\ &\quad \text{ton} \times 0,01 \text{ m} = 11,23 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= (0,57 + 1,49 + 0,38 + 1,93) \text{ ton.m} + 1476,41 \\ &\quad \text{ton} \times 0,01 \text{ m} = 12,99 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

**Joint 2232:**

$$P = 426,94 \text{ ton}$$

$$M_x = 4,49 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 39,35 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 12,31 \text{ ton}$$

$$V_y = 1,46 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 4,49 \text{ ton.m} + 1,46 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 6,38 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 39,35 \text{ ton.m} + 12,31 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 55,35 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

**Joint 2226:**

$$P = 412,9 \text{ ton}$$

$$M_x = 4,72 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 40,11 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 12,72 \text{ ton}$$

$$V_y = 1,48 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 4,72 \text{ ton.m} + 1,48 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 6,744 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 40,11 \text{ ton.m} + 12,72 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 56,65 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

**Joint 2231:**

$$P = 411,59 \text{ ton}$$

$$M_x = 5,13 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 38,92 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 12,73 \text{ ton}$$

$$V_y = 1,36 \text{ ton}$$

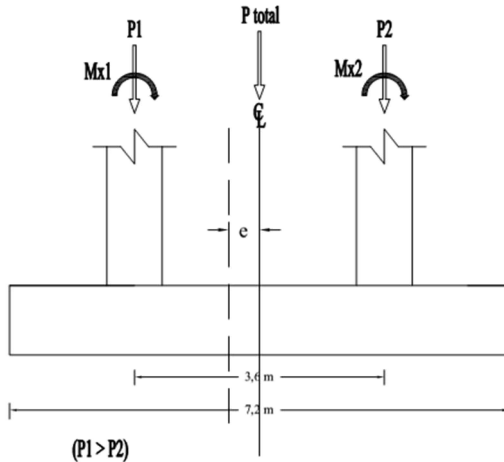
$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 5,13 \text{ ton.m} + 1,36 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,89 \text{ ton.m} \\
 \sum My &= My + Vx \cdot d \\
 &= 38,92 \text{ ton.m} + 12,73 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 55,46 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2235:**

$$\begin{aligned}
 P &= 418,3 \text{ ton} \\
 Mx &= 5,37 \text{ ton.m} \\
 My &= 39,37 \text{ ton.m} \\
 Vx &= 11,77 \text{ ton} \\
 Vy &= 1,53 \text{ ton} \\
 \sum Mx &= Mx + Vy \cdot d \\
 &= 5,37 \text{ ton.m} + 1,53 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 7,35 \text{ ton.m} \\
 \sum My &= My + Vx \cdot d \\
 &= 39,37 \text{ ton.m} + 11,77 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 54,67 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas untuk arah x:



**Gambar 9. 39** Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X

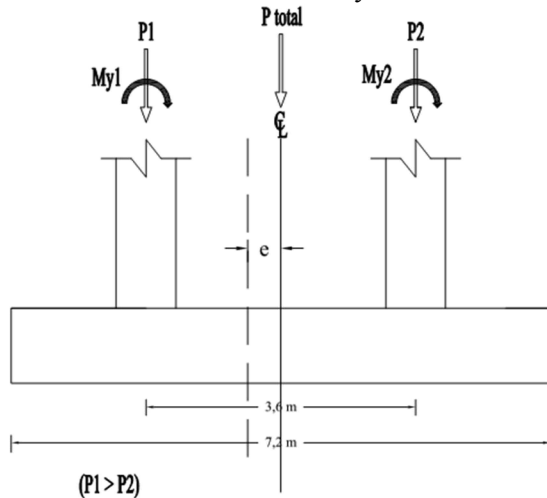


Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{(426,94 + 411,59) \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(426,94 + 411,59 + 412,9 + 418,3) \text{ ton}} = 1,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,81 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

Mencari eksentrisitas untuk arah y:



**Gambar 9. 40** Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{(426,94 + 412,9) \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(426,94 + 411,59 + 412,9 + 418,3) \text{ ton}} = 1,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,81 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 1669,68 \text{ ton}$$

$$V_x = 49,53 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= 5,83 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= (6,38 + 6,64 + 6,89 + 7,35) \text{ ton.m} + 1669,68 \\
 &\quad \text{ton} \times 0,01 \text{ m} = 32,99 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= (55,35 + 56,65 + 55,46 + 54,67) \text{ ton.m} + \\
 &\quad 1669,68 \text{ ton} \times 0,01 \text{ m} = 171,03 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

**Joint 2232:**

$$\begin{aligned}
 P &= 399,48 \text{ ton} \\
 M_x &= 17,32 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 14,46 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 4,44 \text{ ton} \\
 V_y &= 5,27 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 17,32 \text{ ton.m} + 5,27 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 24,17 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 14,46 \text{ ton.m} + 4,44 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 20,23 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2226:**

$$\begin{aligned}
 P &= 412,1 \text{ ton} \\
 M_x &= 17,51 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 15,3 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 4,59 \text{ ton} \\
 V_y &= 5,07 \text{ ton} \\
 \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 17,51 \text{ ton.m} + 5,07 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 24,1 \text{ ton.m} \\
 \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 15,3 \text{ ton.m} + 4,59 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\
 &= 21,27 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

**Joint 2231:**

$$P = 411,97 \text{ ton}$$

$$M_x = 17,98 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 14,13 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 4,61 \text{ ton}$$

$$V_y = 4,98 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 17,98 \text{ ton.m} + 4,98 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 24,45 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 14,13 \text{ ton.m} + 4,61 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 20,12 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

**Joint 2235:**

$$P = 394,1 \text{ ton}$$

$$M_x = 18,14 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 14,94 \text{ ton.m}$$

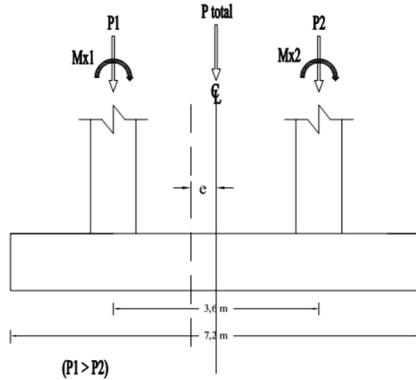
$$V_x = 4,53 \text{ ton}$$

$$V_y = 5,32 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 18,14 \text{ ton.m} + 5,32 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 25,06 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 14,94 \text{ ton.m} + 4,53 \text{ ton} \cdot 1,3 \text{ m} \\ &= 20,83 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Mencari eksentrisitas untuk arah x:



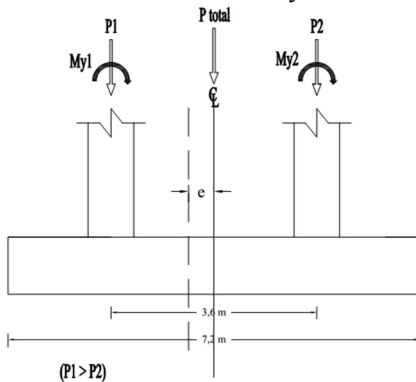
**Gambar 9. 41** Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{(399,48 + 411,97) \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(399,48 + 412,1 + 411,97 + 394,1) \text{ ton}} = 1,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,81 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

Mencari eksentrisitas untuk arah y:



**Gambar 9. 42** Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y

Jarak antar kolom = 3,6 m

$$x = \frac{(399,48 + 412,1) \text{ ton} \cdot 3,6 \text{ m}}{(399,48 + 412,1 + 411,97 + 394,1) \text{ ton}} = 1,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{3,6 \text{ m}}{2} - 1,81 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 1617,65 \text{ ton}$$

$$V_x = 18,17 \text{ ton}$$

$$V_y = 20,64 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = (24,17 + 241 + 24,45 + 25,06) \text{ ton} \cdot \text{m} + 1617,65 \text{ ton} \times 0,01 \text{ m} = 80,4 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

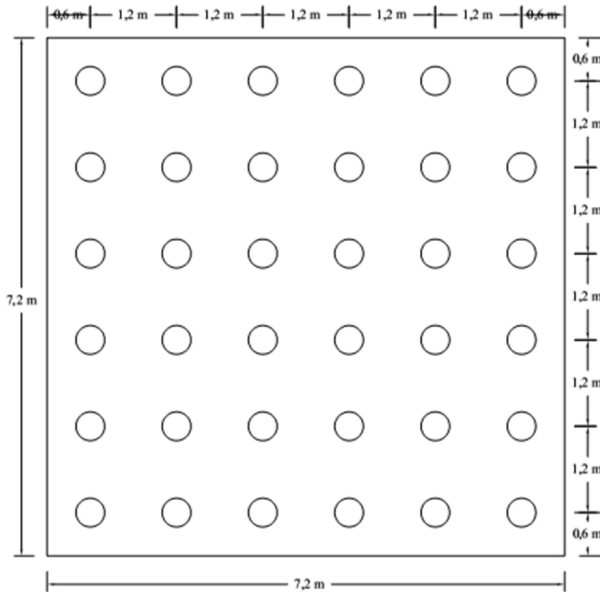
$$\sum M_y = (20,23 + 21,27 + 20,12 + 20,83) \text{ ton} \cdot \text{m} + 1617,65 \text{ ton} \times 0,01 \text{ m} = 68,28 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

### 3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “*Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2* (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Effisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



**Gambar 9. 43** Pondasi Tipe 5

Dimana:

$m$  = banyaknya tiang dalam kolom = 6 buah

$n$  = banyaknya tiang dalam baris = 6 buah

$D$  = diameter tiang pancang = 0,4 m

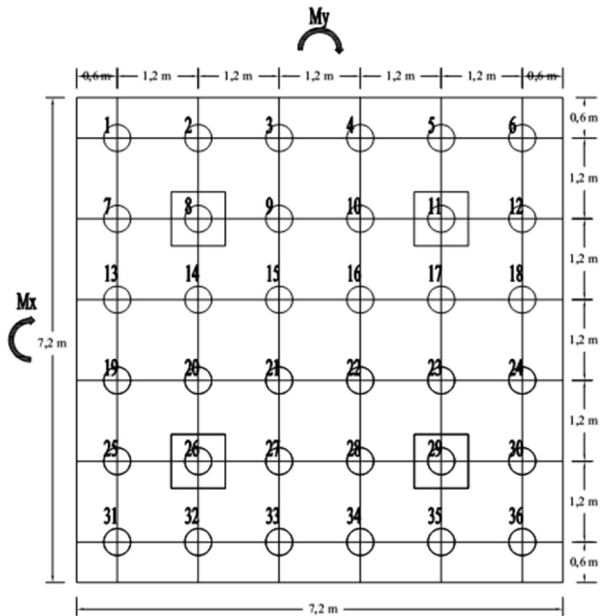
$S$  = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,0 m

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4m}{1,0m} \left[ \frac{(6-1) \cdot 6 + (6-1) \cdot 6}{90 \cdot 6 \cdot 6} \right] = 0,59$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \\ &= 0,59 \times 121,1 \text{ ton} = 72,49 \text{ ton} \end{aligned}$$

## 4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 9. 44 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang

Tabel 9. 9 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang Gabungan

No	x	$x^2$	y	$y^2$	No	x	$x^2$	y	$y^2$
1	-2.99	8.9618	2.99	8.9618	10	0.61	0.3677	1.79	3.2171
2	-1.79	3.2171	2.99	8.9618	11	1.81	3.263	1.79	3.2171
3	-0.59	0.3524	2.99	8.9618	12	3.01	9.0383	1.79	3.2171
4	0.61	0.3677	2.99	8.9618	13	-2.99	8.9618	0.59	0.3524
5	1.81	3.263	2.99	8.9618	14	-1.79	3.2171	0.59	0.3524
6	3.01	9.0383	2.99	8.9618	15	-0.59	0.3524	0.59	0.3524
7	-2.99	8.9618	1.79	3.2171	16	0.61	0.3677	0.59	0.3524
8	-1.79	3.2171	1.79	3.2171	17	1.81	3.263	0.59	0.3524
9	-0.59	0.3524	1.79	3.2171	18	3.01	9.0383	0.59	0.3524

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
19	-2.99	8.9618	-0.61	0.3677	28	0.61	0.3677	-1.81	3.263
20	-1.79	3.2171	-0.61	0.3677	29	1.81	3.263	-1.81	3.263
21	-0.59	0.3524	-0.61	0.3677	30	3.01	9.0383	-1.81	3.263
22	0.61	0.3677	-0.61	0.3677	31	-2.99	8.9618	-3.01	9.0383
23	1.81	3.263	-0.61	0.3677	32	-1.79	3.2171	-3.01	9.0383
24	3.01	9.0383	-0.61	0.3677	33	-0.59	0.3524	-3.01	9.0383
25	-2.99	8.9618	-1.81	3.263	34	0.61	0.3677	-3.01	9.0383
26	-1.79	3.2171	-1.81	3.263	35	1.81	3.263	-3.01	9.0383
27	-0.59	0.3524	-1.81	3.263	36	3.01	9.0383	-3.01	9.0383
		$\Sigma x^2 =$	151.2		$\Sigma y^2 =$	151.2			

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P_1 = \frac{1476,41 \text{ ton}}{36} - \frac{11,23 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2} - \frac{12,99 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2}$$

$$P_1 = 40,53 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_2 = \frac{1476,41 \text{ ton}}{36} + \frac{11,23 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2} - \frac{12,99 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2}$$

$$P_2 = 40,98 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_3 = \frac{1476,41 \text{ ton}}{36} - \frac{11,23 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2} + \frac{12,99 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2}$$

$$P_3 = 41,05 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P_4 = \frac{1476,41 \text{ ton}}{36} + \frac{11,23 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2} + \frac{12,99 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2}$$

$$P_4 = 41,49 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P_1 = \frac{1669,68 \text{ ton}}{36} - \frac{32,99 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2} - \frac{171,03 \text{ ton} \cdot m \cdot 3,01 \text{ m}}{151,2 \text{ m}^2}$$



$$P1 = 42,33 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{1669,68\text{ton}}{36} + \frac{32,99\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} - \frac{171,03\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P2 = 43,63 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{1669,68\text{ton}}{36} - \frac{32,99\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} + \frac{171,03\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P3 = 49,13 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{1669,68\text{ton}}{36} + \frac{32,99\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} + \frac{171,03\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P4 = 50,43 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P1 = \frac{1617,65\text{ton}}{36} - \frac{80,4\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} - \frac{68,28\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P1 = 41,99 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{1617,65\text{ton}}{36} + \frac{80,4\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} - \frac{68,28\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P2 = 45,17 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

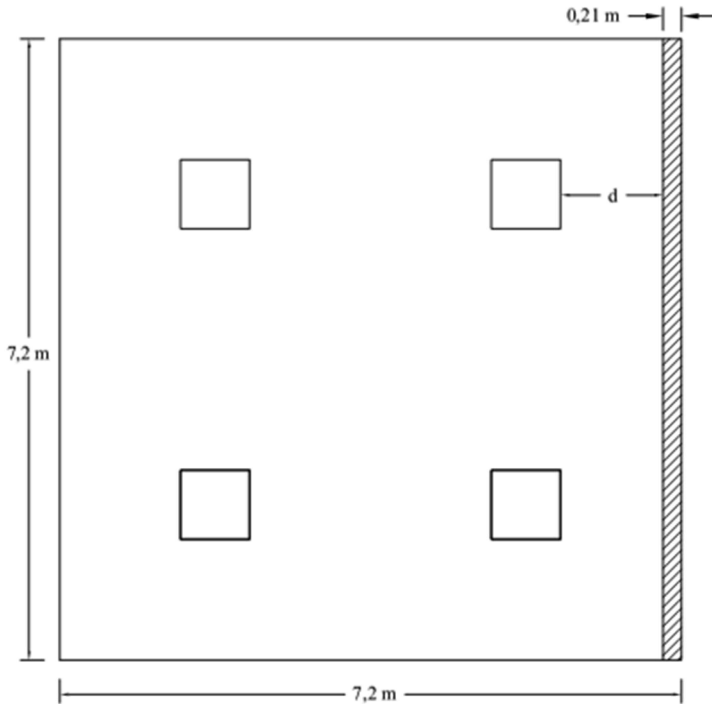
$$P3 = \frac{1617,65\text{ton}}{36} - \frac{80,4\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} + \frac{68,28\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P3 = 44,7 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{1617,65\text{ton}}{36} + \frac{80,4\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2} + \frac{68,28\text{ton}\cdot 3,01\text{m}}{151,2\text{m}^2}$$

$$P4 = 47,88 \text{ ton} < 72,49 \text{ ton (OK!)}$$

## 5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



**Gambar 9. 45** Bidang Kritis Geser Satu Arah

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1300 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 1187,5 \text{ mm}$$

Diketahui dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor ( $1,2D + 1,6L$ ):

$$P_u = (481,01 + 477,14 + 475,04 + 471,87) \text{ ton} = 1669,68 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{1669,68 \text{ ton}}{7,2 \text{ m} \cdot 7,2 \text{ m}} = 76,73 \text{ ton/m}^2 = 0,767 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$L' = 212,5 \text{ mm}$$

$$V_u = 0,767 \text{ N/mm}^2 \cdot 7200 \text{ mm} \cdot 212,5 \text{ mm}$$

$$= 595.331,25 \text{ N}$$

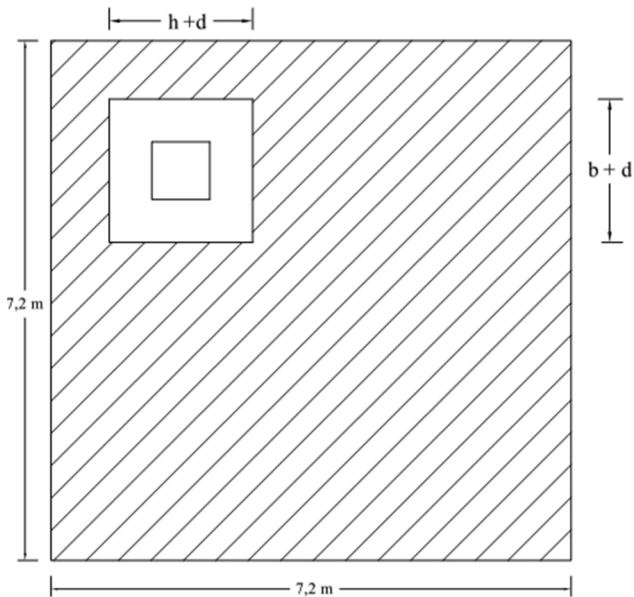
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton,  $V_c$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7200 \text{ mm} \cdot 1187,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 8.599.021,96 \text{ N} > V_u = 562.257,29 \text{ N (OK!)}$$

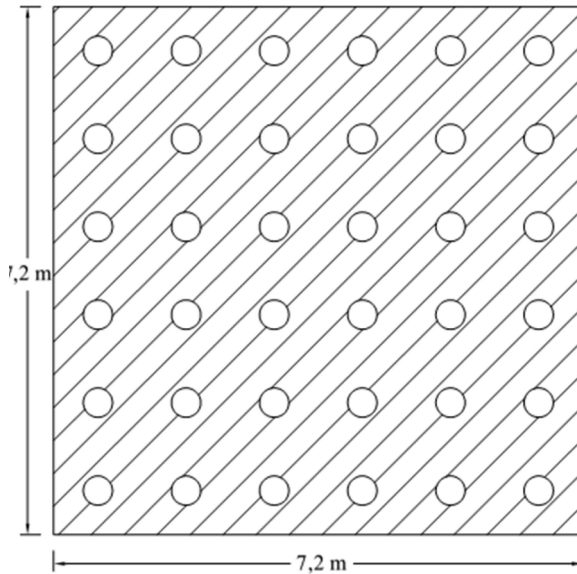
6. Cek Perhitungan Geser Dua arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang



**Gambar 9. 46** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\
 &= (7200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - [(800 \text{ mm} + 1187,5 \text{ mm}) \times \\
 &\quad (800 \text{ mm} + 1187,5 \text{ mm})] \\
 &= 49.479.843,75 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,367 \text{ N/mm}^2 \cdot 49.479.843,75 \text{ mm}^2 \\
 &= 18.183.269,89 \text{ N} = 18.183,27 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 9. 47** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 1669,68 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{1669,68 \text{ ton}}{7,2 \text{ m} \cdot 7,2 \text{ m}} = 32,21 \text{ ton/m}^2 = 0,322 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - n \times A_{\text{tiang}} \\
 &= (7200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - 36 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\
 &= 47.316.106,58 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,322 \text{ N/mm}^2 \cdot 47.316.106,58 \text{ mm}^2 \\
 &= 15.239.729,33 \text{ N} = 15.239,73 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat kolom dan  $V_u$  akibat tiang pancang, diambil  $V_u$  sebesar = 18.183,27 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil:

$$\bullet V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 800 \text{ mm} / 800 \text{ mm} = 1$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (800 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) + 4 \cdot 1187,5 \text{ mm}$$

$$= 7950 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7950 \text{ mm} \cdot 1187,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 28.484,26 \text{ N} = 28.484,26 \text{ kN}$$

$$\bullet V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s = 40$  (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$  (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$  (untuk kolom sudut)

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left( \frac{40 \cdot 1187,5 \text{ mm}}{7950 \text{ mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7950 \text{ mm} \cdot 1187,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 36.968.769 \text{ N} = 36.968,77 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7950 \text{ mm} \cdot 1187,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 18.430.992 \text{ N} = 18.430,99 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai  $V_c = 18.430,99 \text{ kN}$

$$V_u = 18.183,27 \text{ kN} < V_c = 18.430,99 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

## 7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b \text{ poer} = 7200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 7200 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1300 \text{ mm}$$

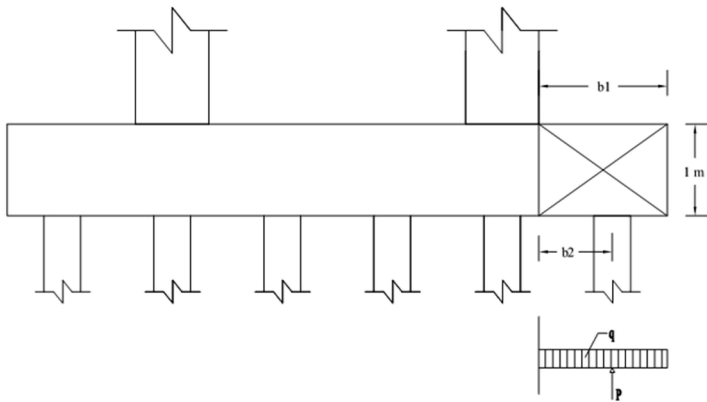
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$dx = 1300 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 1200,0 \text{ mm}$$

$$dy = 1300 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 1187,5 \text{ mm}$$

a. Penulangan poer arah X



**Gambar 9. 48** Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 b1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\
 &= 1,4\text{m} \\
 b2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\
 &= 0,8 \text{ m} \\
 q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 7,2 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 30.925,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 50,43 \text{ ton} = 50.434,0 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\
 &= -(0,5 \cdot 30.925,4 \text{ kg} \cdot (1,4 \text{ m})^2) + (50.434 \text{ kg} \cdot 0,8) \\
 &= 10.040,23 \text{ kg.m} \\
 &= 100.402.341 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{100.402.341 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 125.502.926,65 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{125.502.926,65 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (1200 \text{ mm})^2} = 0,09 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,09}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0002$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1200 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 4200,0 \text{ mm}^2$$

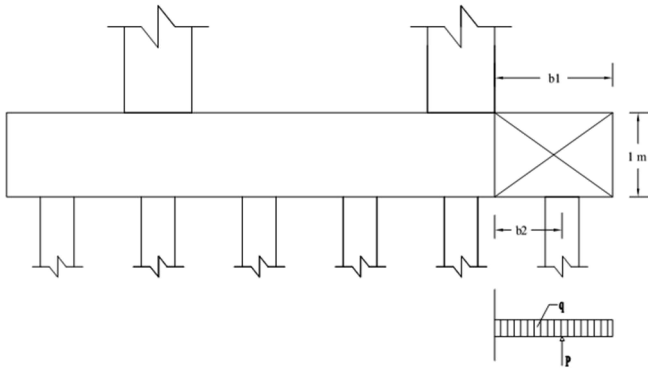
Dipakai D25-100, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 4908,73 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)



## b. Penulangan poer arah Y

**Gambar 9. 49** Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 b1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\
 &= 1,4\text{m} \\
 b2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\
 &= 0,8\text{ m} \\
 qu &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 7,2\text{ m} \times 1,3\text{ m} \times 2360\text{ kg/m}^3 \times 1,4\text{ m} \\
 &= 30.925,44\text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$Pu = 50,43\text{ ton} = 50.434,0\text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 Mu &= -Mq + Mp \\
 &= -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2) \\
 &= -(0,5 \cdot 30.925,4\text{ kg} \cdot (1,4\text{ m})^2) + (50.434\text{ kg} \cdot 0,8) \\
 &= 10.040,23\text{ kg.m} \\
 &= 100.402.341\text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{100.402.341\text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 125.502.926,65 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{125.502.926,65 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (1187,5 \text{ mm})^2} = 0,09 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,09}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0002$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1187,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 4156,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-100, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 4908,73 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)

#### 8. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 7200 \text{ mm} \times 7200 \text{ mm} = 51.040.000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 426,94 \text{ ton} = 4269,4 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 640.000 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = 12.376.000 \text{ N} = 12.376 \text{ kN} > 4269,4 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{23.040.000\text{mm}^2}{640.000\text{mm}^2}} = 6$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N2 = 2 \cdot N1 = 2 (12.376 \text{ kN})$$

$$N2 = 24.752 \text{ kN} > 4269,4 \text{ kN (OK!)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$As \text{ perlu} = 0,005 \cdot 800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 3200 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 12 D25, dengan  $As = 5890,49 \text{ mm}^2 > 3200 \text{ mm}^2$  (OK!)

#### 9. Perhitungan Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400\text{Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \cdot 25\text{mm} = 405,67 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot db \cdot f_y = 0,043 \cdot 25\text{mm} \cdot 400\text{Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $\ell_{dc}$  terbesar = 430 mm  $\approx$  500 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400\text{Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \right) \cdot 25\text{mm} = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

### 9.3.7 Perhitungan Pondasi Tipe 6

#### 1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 100 \text{ cm}$  dan  $160 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq D$$

$$S' \geq 40 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 40 \text{ cm}$  dan  $60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 3 \times 100 \text{ cm} + 2 \times 40 \text{ cm} = 380 \text{ cm} = 3,8 \text{ m}$$

$$h = 5 \times 160 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 920 \text{ cm} = 9,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal  $= 135 \text{ cm} = 1,35 \text{ m}$

#### 2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint disepanjang *shearwall* yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 408,44 \text{ ton}$$

$$M_x = 4,21 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,9 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,23 \text{ ton}$$

$$V_y = 4,15 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 4,21 \text{ ton.m} + 4,15 \text{ ton} \cdot 1,35 \text{ m}$$

$$= 9,81 \text{ ton.m}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$= 0,9 \text{ ton.m} + 0,23 \text{ ton} \cdot 1,35 \text{ m}$$

$$= 1,21 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

$$P = 1091,54 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,86 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 14,7 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 6,89 \text{ ton}$$

$$V_y = 36,7 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 1,86 \text{ ton.m} + 36,7 \text{ ton} \cdot 1,35 \text{ m}$$

$$= 51,4 \text{ ton.m}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$= 14,7 \text{ ton.m} + 6,89 \text{ ton} \cdot 1,35 \text{ m}$$

$$= 24,0 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

$$P = 1829,91 \text{ ton}$$

$$M_x = 7,47 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 6,97 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 4,05 \text{ ton}$$

$$V_y = 147,73 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 7,47 \text{ ton.m} + 147,73 \text{ ton} \cdot 1,35 \text{ m}$$

$$= 206,9 \text{ ton.m}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$= 6,97 \text{ ton.m} + 4,05 \text{ ton} \cdot 1,35 \text{ m}$$

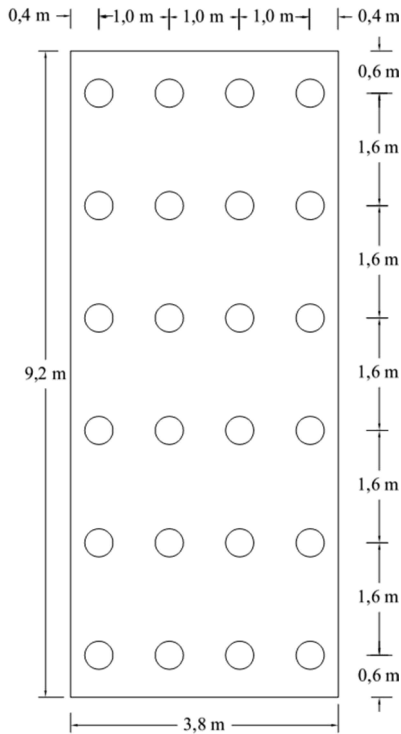
$$= 12,43 \text{ ton.m}$$

3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “*Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2* (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



**Gambar 9. 50** Pondasi Tipe 6

Dimana:

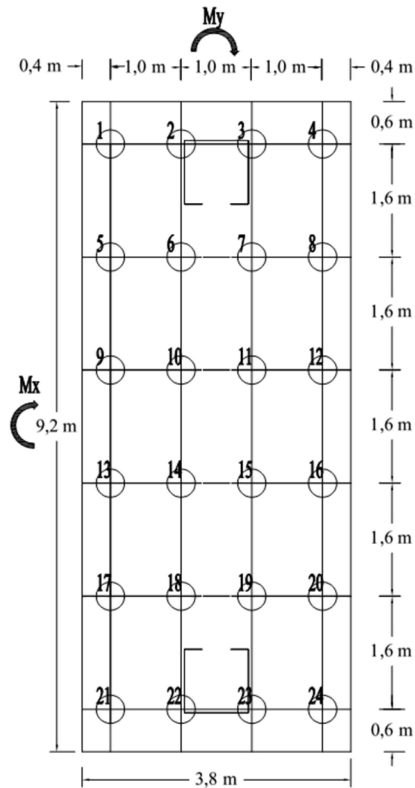
m = banyaknya tiang dalam kolom = 4 buah

$n$  = banyaknya tiang dalam baris = 6 buah  
 $D$  = diameter tiang pancang = 0,4 m  
 $S$  = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,6 m  
 Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4m}{1,0m} \left[ \frac{(4-1) \cdot 6 + (6-1) \cdot 4}{90 \cdot 4 \cdot 6} \right] = 0,75$$

$P$  ijin kelompok =  $\eta \times P$  ijin  
 =  $0,75 \times 121,1 \text{ ton} = 91,2 \text{ ton}$

#### 4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



**Gambar 9. 51** Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang  
Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

**Tabel 9. 10** Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>	No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	-1.5	2.25	4	16	13	-1.5	2.25	4	16
2	-0.5	0.25	2.4	5.76	14	-0.5	0.25	2.4	5.76
3	0.5	0.25	0.8	0.64	15	0.5	0.25	0.8	0.64
4	1.5	2.25	-0.8	0.64	16	1.5	2.25	-0.8	0.64
5	-1.5	2.25	-2.4	5.76	17	-1.5	2.25	-2.4	5.76
6	-0.5	0.25	-4	16	18	-0.5	0.25	-4	16
7	0.5	0.25	4	16	19	0.5	0.25	4	16
8	1.5	2.25	2.4	5.76	20	1.5	2.25	2.4	5.76
9	-1.5	2.25	0.8	0.64	21	-1.5	2.25	0.8	0.64
10	-0.5	0.25	-0.8	0.64	22	-0.5	0.25	-0.8	0.64
11	0.5	0.25	-2.4	5.76	23	0.5	0.25	-2.4	5.76
12	1.5	2.25	-4	16	24	1.5	2.25	-4	16
$\Sigma x^2 =$		30		$\Sigma y^2 =$		179.2			

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P1 = \frac{408,44 \text{ ton}}{24} - \frac{9,81 \text{ ton.m} \cdot 4,0 \text{ m}}{179,2 \text{ m}^2} - \frac{1,21 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{30 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 16,74 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{408,44 \text{ ton}}{24} + \frac{9,81 \text{ ton.m} \cdot 4,0 \text{ m}}{179,2 \text{ m}^2} - \frac{1,21 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{30 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 17,18 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{408,44 \text{ ton}}{24} - \frac{9,81 \text{ ton.m} \cdot 4,0 \text{ m}}{179,2 \text{ m}^2} + \frac{1,21 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{30 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 16,86 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$



$$P4 = \frac{408,44\text{ton}}{24} + \frac{9,81\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} + \frac{1,21\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P4 = 17,30 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P1 = \frac{1091,54\text{ton}}{24} - \frac{51,41\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} - \frac{24,0\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P1 = 43,13 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{1091,54\text{ton}}{24} + \frac{51,41\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} - \frac{24,0\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P2 = 45,43 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P3 = \frac{1091,54\text{ton}}{24} - \frac{51,41\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} + \frac{24,0\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P3 = 45,53 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{1091,54\text{ton}}{24} + \frac{51,41\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} + \frac{24,0\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P4 = 47,83 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P1 = \frac{1829,91\text{ton}}{24} - \frac{206,91\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} - \frac{12,44\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P1 = 71,01 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P2 = \frac{1829,91\text{ton}}{24} + \frac{206,91\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} - \frac{12,44\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P2 = 80,24 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

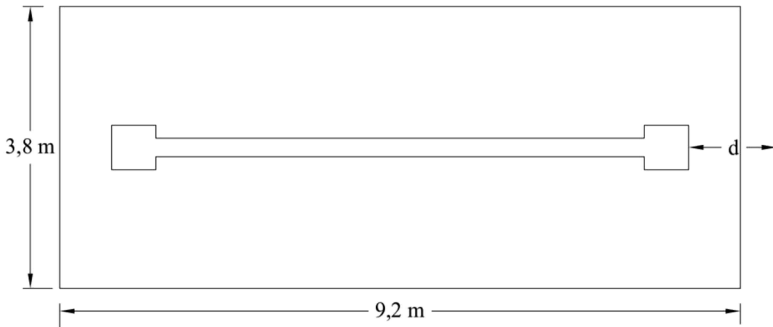
$$P3 = \frac{1829,91\text{ton}}{24} - \frac{206,91\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} + \frac{12,44\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P3 = 72,25 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

$$P4 = \frac{1829,91\text{ton}}{24} + \frac{206,91\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 4,0\text{m}}{179,2\text{m}^2} + \frac{12,44\text{ton}\cdot\text{m}\cdot 1,5\text{m}}{30\text{m}^2}$$

$$P4 = 81,49 \text{ ton} < 91,2 \text{ ton (OK!)}$$

5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat *Shearwall*



**Gambar 9. 52** Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat *Shearwall*

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1350 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 1237,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar *shearwall* akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L):

$$P_u = 1063,98 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{1063,98 \text{ ton}}{3,8 \text{ m} \cdot 9,2 \text{ m}} = 30,43 \text{ ton/m}^2 = 0,304 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$L' = 0 \text{ mm (karena jarak sejauh } d = 1187,5 \text{ mm melebihi jarak dari tepi } shearwall \text{ ke tepi poer)}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,304 \text{ N/mm}^2 \cdot 3800 \text{ mm} \cdot 0 \text{ mm} \\ &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

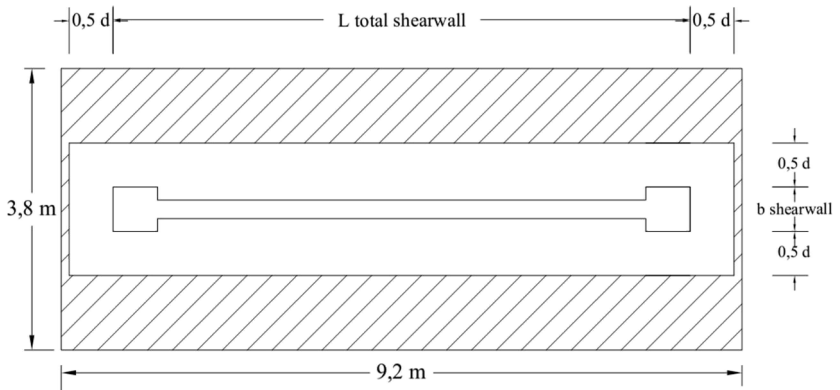
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton,  $V_c$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3800 \text{ mm} \cdot 1237,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 4.729.462,08 \text{ N} > V_u = 0 \text{ N (OK!)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua arah pada Poer Akibat *Shearwall* dan Tiang Pancang

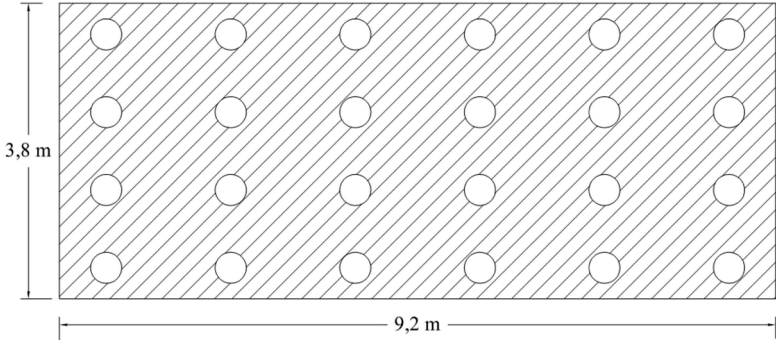


**Gambar 9. 53** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat *Shearwall*

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - [(b_{\text{shearwall}} + d) \times (L_{\text{shearwall}} + d)] \\ &= (3800 \text{ mm} \cdot 9200 \text{ mm}) - [(600 \text{ mm} + 1237,5 \text{ mm}) \times (7800 \text{ mm} + 1237,5 \text{ mm})] \\ &= 18.353.593,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,304 \text{ N/mm}^2 \cdot 18.353.593,75 \text{ mm}^2 \\ &= 5.585.771,36 \text{ N} = 5585,77 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 9. 54** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 1829,91 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{1892,91 \text{ ton}}{3,8 \text{ m} \cdot 9,2 \text{ m}} = 52,34 \text{ ton/m}^2 = 0,523 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer,  $V_u$ :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\ &= (3800 \text{ mm} \cdot 9200 \text{ mm}) - 24 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\ &= 31.944.071,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,523 \text{ N/mm}^2 \cdot 31.944.071,05 \text{ mm}^2 \\ &= 16.720.473,42 \text{ N} = 16.720,47 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat *shearwall* dan  $V_u$  akibat tiang pancang, diambil  $V_u$  sebesar = 16.720,47 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil:

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$$\beta = 1$$

bo = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b_{shearwall} + h_{shearwall}) + 4 \cdot d$$

$$= 2 \cdot (600 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) + 4 \cdot 1237,5 \text{ mm}$$

$$= 7350 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7350 \text{ mm} \cdot 1237,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 27.443.326 \text{ N} = 27.443,33 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 1387,5 \text{ mm}}{7950 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7350 \text{ mm} \cdot 1237,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 39.011.473 \text{ N} = 39.011,47 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7350 \text{ mm} \cdot 1237,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 17.757.446 \text{ N} = 17.757,45 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai  $V_c = 17.757,45 \text{ kN}$   
 $V_u = 16.720,47 \text{ kN} < V_c = 17.757,45 \text{ kN}$  (OK!)

### 7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada shearwall yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

b poer = 3800 mm

h poer = 9200 mm

t poer = 1350 mm

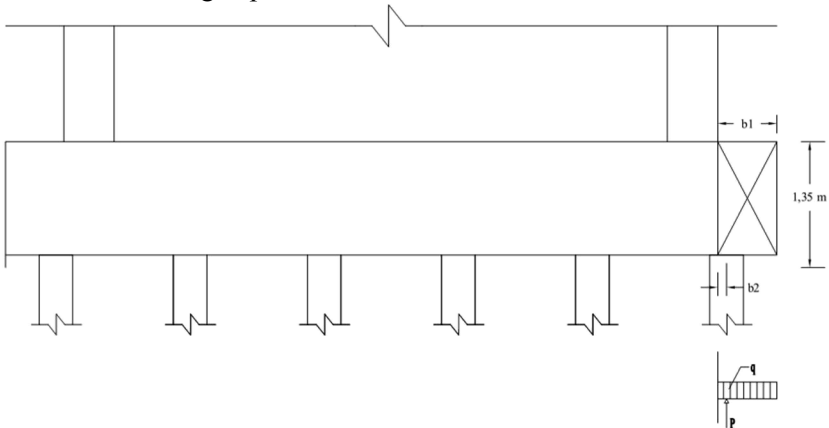
Selimut beton = 75 mm

Diameter tulangan lentur = 25 mm

$dx = 1350 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 1250,0 \text{ mm}$

$dy = 1350 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 1237,5 \text{ mm}$

#### a. Penulangan poer arah X



**Gambar 9. 55** Mekanika Gaya pada Poer

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi shearwall} \\ = 0,7 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi shearwall} \\ = 0,1 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,8 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 0,7 \text{ m} \\ = 8474,76 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 81,49 \text{ ton} = 81.486,6 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -M_q + M_p \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2) \\ = -(0,5 \cdot 8474,76 \text{ kg} \cdot (0,7 \text{ m})^2) + (81.486,6 \text{ kg} \cdot 0,1) \\ = 6072,34 \text{ kg.m} \\ = 60.723.389 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{60.723.389 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 75.904.236,67 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{75.904.236,67 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (1250 \text{ mm})^2} = 0,05 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,05}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0001$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1250 \text{ mm}$$

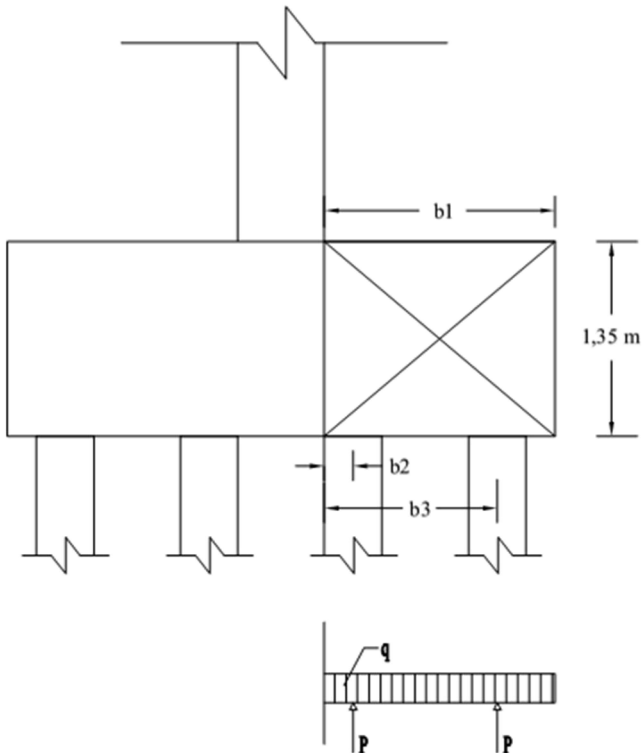
$$A_s \text{ perlu} = 4375,0 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-100, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 4908,73 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$  (OK!)

b. Penulangan poer arah Y



**Gambar 9. 56** Mekanika Gaya pada Poer Arah Y



Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi shearwall} \\ = 1,45 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang 1 ke tepi shearwall} \\ = 0,05 \text{ m}$$

$$b_3 = \text{jarak dari as tiang pancang 2 ke tepi shearwall} \\ = 1,05 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 9,2 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} \times 2360 \text{ kg/m}^3 \times 1,45 \text{ m} \\ = 17.554,86 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 81,49 \text{ ton} = 81.486,6 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -M_q + M_p \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P_1 \times b_2) + (P_2 \times b_3) \\ = -(0,5 \cdot 17.554,86 \text{ kg} \cdot (1,45 \text{ m})^2) + (81.486,6 \text{ kg} \cdot 0,05\text{m}) + (81.486,6 \text{ kg} \cdot 1,05 \text{ m}) \\ = 63.032,0 \text{ kg} \cdot \text{m} \\ = 630.320.048 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{630.320.048 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,8}$$

$$M_n = 787.900.059,55 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{787.900.059,55 \text{ N} \cdot \text{mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (1237,5 \text{ mm})^2} = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,51}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,001$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai  $\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai nilai  $\rho = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1237,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 4331,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-100, maka:

$$\text{As} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 4908,73 \text{ mm}^2$$

As perlu < As pakai (OK!)

#### 8. Perhitungan Transfer Beban Shearwall ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas shearwall} = 2 (600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}) + (6600 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}) = 2.370.000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 3800 \text{ mm} \times 9200 \text{ mm} = 34.960.000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 1829,91 \text{ ton} = 18.299,1 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 2.370.000 \text{ mm}^2$$

$$N1 = 45.829.875 \text{ N} = 45.830 \text{ kN} > 18.299,1 \text{ kN (OK!)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{34.960.000 \text{ mm}^2}{2.370.000 \text{ mm}^2}} = 3,84$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N2 = 2 \cdot N1 = 2 (45.830 \text{ kN})$$

$$N2 = 91.660 \text{ kN} > 18.299,1 \text{ kN (OK!)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$A_s \text{ perlu} = 0,005 \cdot 2.370.000 \text{ mm}^2 = 11.850 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 66 D16, dengan  $A_s = 13.279,09 \text{ mm}^2 > 11.850 \text{ mm}^2$  (OK!)

#### 9. Perhitungan Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 16 \text{ mm} = 259,63 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} = 275,2 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $\ell_{dc}$  terbesar = 275,2 mm  $\approx$  300 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_i \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left( \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 16 \text{ mm} = 636,35 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$$

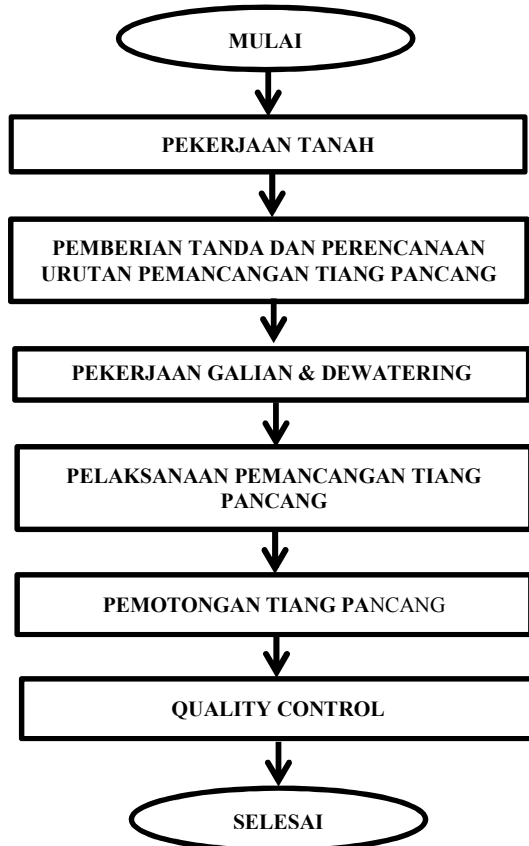
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB X**

### **METODE PELAKSANAAN**

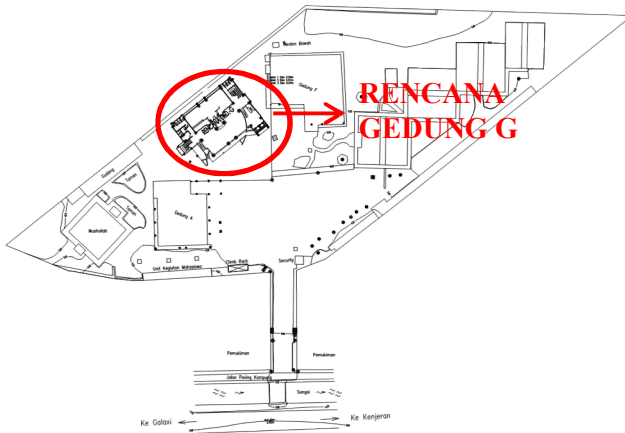
#### **10.1 Metode Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang**

Untuk tahapan pekerjaan pemancangan tiang pancang adalah sebagai berikut:

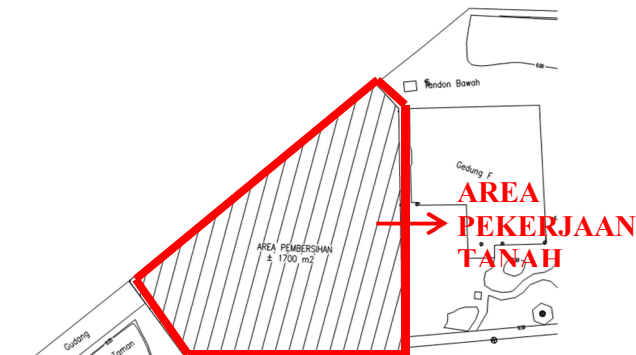


### 10.1.1 Pekerjaan Tanah

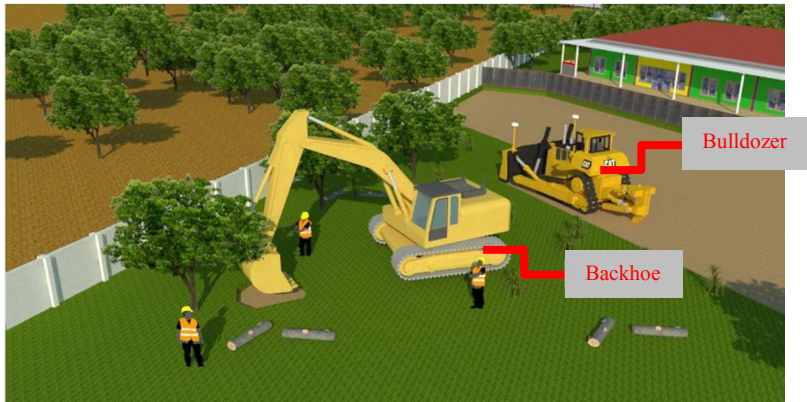
Pertama, dilakukan pekerjaan pembersihan untuk membersihkan dari semua halangan-halangan seperti: pohon, semak-semak, sampah dan bahan lainnya yang tidak dikehendaki atau mengganggu. Untuk total area untuk pekerjaan pembersihan adalah  $\pm 1700 \text{ m}^2$ .



**Gambar 10.1** Layout Plan Rencana



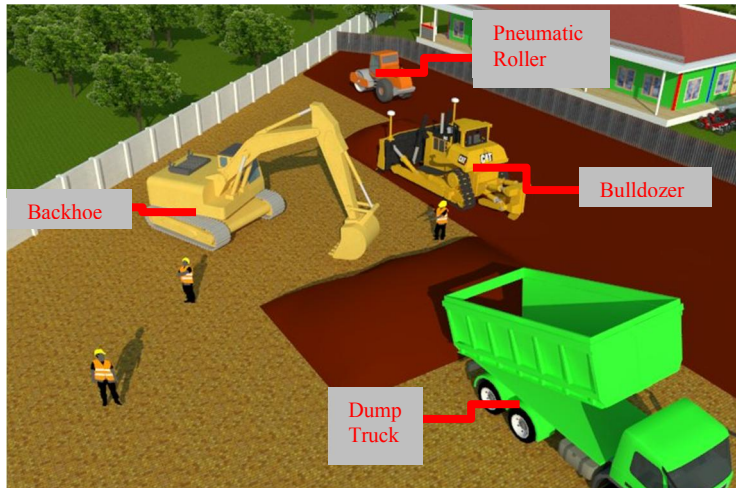
**Gambar 10.2** Area Pembersihan Lahan



**Gambar 10. 3** Pekerjaan Pembersihan

Untuk alat berat yang dipakai saat pekerjaan pembersihan adalah alat berat seperti *bulldozer* dan *backhoe*. *Backhoe* dapat digunakan untuk melakukan pembersihan pohon. Untuk pohon yang relatif besar, perlu dilakukan pemotongan terlebih dahulu pada bagian atas pohon untuk mempermudah dalam melakukan pembersihan. Sedangkan untuk *bulldozer*, dapat digunakan untuk membersihkan sisa-sisa akar pohon, rerumputan, semak-semak, dan juga sampah-sampah di sekitar lokasi pembersihan lahan.

Setelah pekerjaan pembersihan selesai, dilanjutkan dengan pekerjaan urugan dan pemadatan tanah untuk menaikkan daya dukung tanah dasar pada lokasi proyek. Untuk melakukan pekerjaan ini dibantu dengan *dump truck* yang berfungsi untuk memindahkan tanah ke lokasi proyek dan *pneumatic roller* yang berfungsi untuk memadatkan tanah. Namun, untuk pekerjaan ini juga dibantu oleh *backhoe* dan *bulldozer* untuk proses memindahkan tanah.



**Gambar 10. 4** Pekerjaan Urugan dan Pematatan Tanah

### 10.1.2 Pemberian Tanda dan Perencanaan Urutan Pemancangan Tiang Pancang

Setiap tiang pancang harus dibubuhi tanda untuk tiap titik-titik angkat sesuai rencana dan juga tanggal saat tiang tersebut dicor. Titik-titik angkat yang telah direncanakan harus dibubuhi tanda dengan jelas pada tiang pancang. Selain itu, tiang pancang juga diberi tanda setiap 0,5m yang berguna untuk mengetahui kedalaman tiang pancang yang telah tertanam.

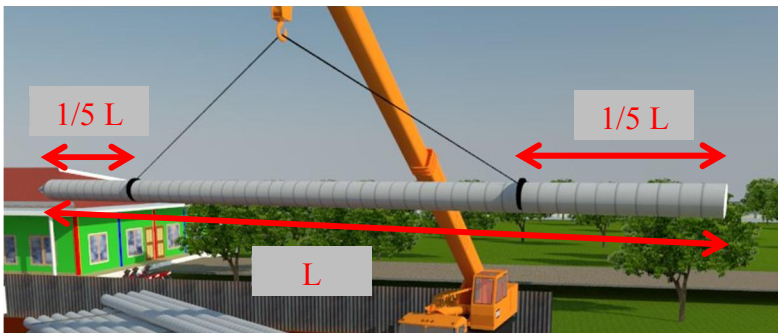
Setelah itu, rencanakan urutan pemancangan dengan mempertimbangkan kemudahan manuver alat dan lokasi *stockyard* dekat dengan lokasi pemancangan. Untuk urutan pemancangan dilakukan dengan melakukan pemancangan pada titik terjauh dari arah masuk terlebih dahulu. Lalu, tentukan titik pancang dengan theodolite dan tandai dengan patok.

Untuk proses pemindahan tiang pancang dari truk ke *stockyard* menggunakan truck crane berkapasitas 5 ton. Pengangkatan tiang pancang dari truk trailer ke *stockyard*, digunakan 2 titik angkat dimana letak titik angkat tersebut berjarak  $1/5.L$  dari masing-masing ujung tiang pancang.





**Gambar 10. 5** Penempatan *Stockyard*



**Gambar 10. 6** Pengangkatan Tiang Pancang Dua Titik Angkat

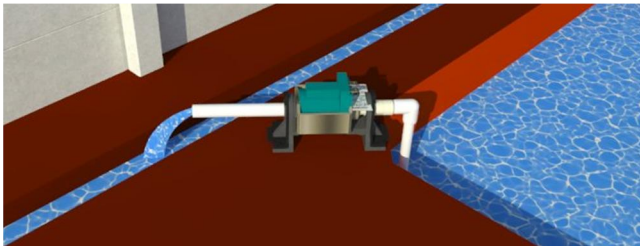
### 10.1.3 Pekerjaan Galian dan Dewatering

Berdasarkan data tanah setempat, muka air tanah berapa dekat sekali dengan muka tanah asli, yakni 0,2 meter dari muka tanah, sehingga diperlukan pekerjaan galian dan dewatering terlebih dahulu sebelum dilakukan pemancangan. Untuk kedalaman galian dilakukan berdasarkan kedalaman *pilecap* yang telah direncanakan.



**Gambar 10. 7** Galian Tanah

Setelah melakukan galian tanah, maka selanjutnya dilakukan dewatering yang berfungsi agar air tanah tidak mengganggu proses pelaksanaan pekerjaan *pilecap*. Untuk metode dewatering menggunakan metode *open pump*, yakni air tanah yang keluar pada galian nantinya disedot menggunakan pompa dan air yang disedot tersebut dibuang ke saluran kecil yang telah dibuat sebelumnya. Nantinya saluran tersebut akan mengarahkan air ke selokan terdekat.

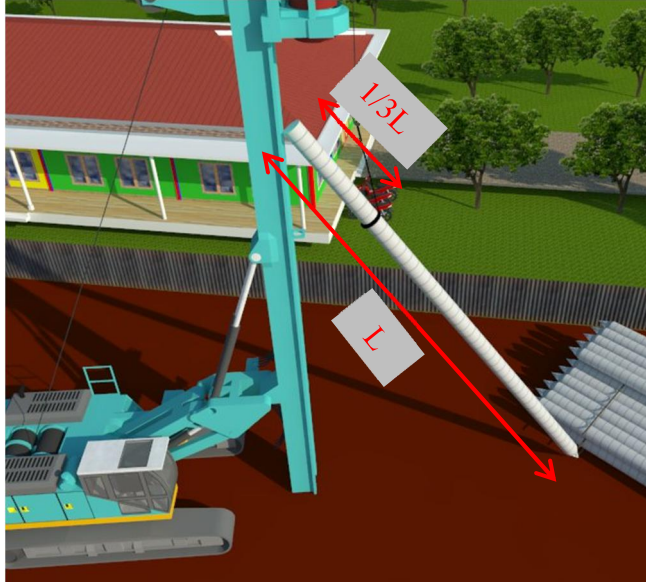


**Gambar 10. 8** Dewatering Menggunakan Metode *Open Pump*

#### **10.1.4 Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang**

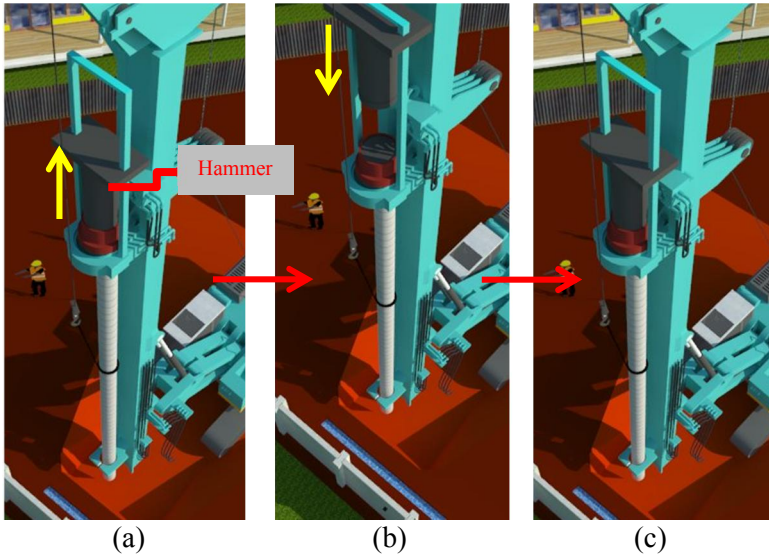
Pertama, tiang pancang diangkat pada titik angkat yang telah direncanakan. Untuk titik angkat pada saat pemancangan menggunakan pengangkatan dengan 1 titik angkat yang bergerak

$1/3.L$  dari ujung tiang pancang. Lalu, alat pancang ditempatkan sedemikian rupa sehingga tiang pancang nantinya tepat berada diatas titik yang telah direncanakan.



**Gambar 10. 9** Pengangkatan Tiang Pancang Satu Titik Angkat

Nantinya, tiang pancang didirikan disamping *driving lead* dan kepala tiang dipasang pada *helmet* untuk melindungi kepala tiang pancang dari retak saat pemancangan dilakukan. Selanjutnya tiang pancang harus dipastikan untuk benar-benar vertikal, terutama untuk tiang batang pertama. Lalu, pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara terus-menerus ke atas helmet yang terpasang diatas kepala tiang.



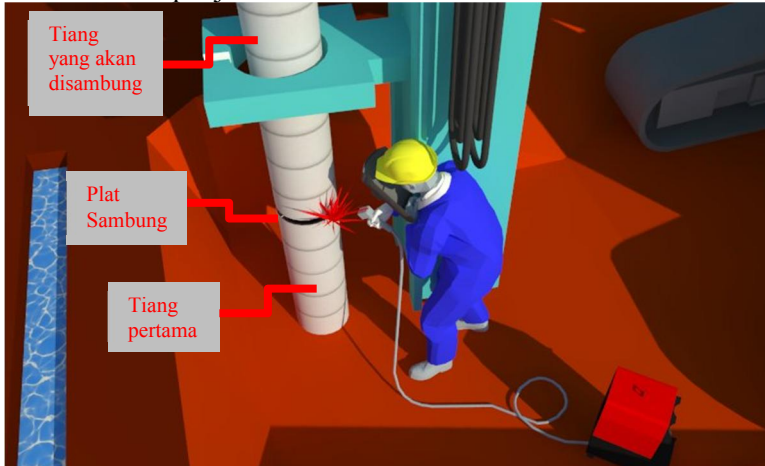
**Gambar 10.10** Proses Pemancangan Menggunakan Single-acting Diesel Hammer

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa: (a) Hammer terangkat diakibatkan adanya uap atau udara bertekanan. (b) Hammer jatuh bebas diakibatkan oleh bobotnya sendiri. (c) Hammer menghantam helmet dan mengakibatkan tiang pancang masuk ke dalam tanah. Untuk energi yang dihasilkan oleh single-acting diesel hammer sama dengan berat hammer dikali tinggi jatuh.

Pemancangan dapat dihentikan sementara untuk penyambungan batang berikutnya bila kepala tiang telah mencapai level muka tanah sedangkan level tanah keras yang diharapkan belum juga tercapai. Untuk proses penyambungan tiang adalah sebagai berikut:

- a. Tiang yang akan disambung diangkat dan kepala tiang dipasang pada helmet.

- b. Ujung bawah tiang didudukkan diatas kepala tiang pertama sedemikian sehingga plat sambung kedua tiang telah berhimpit dan menempel jadi satu.



**Gambar 10. 11** Pengelasan Plat Sambung Pada Tiang Pancang

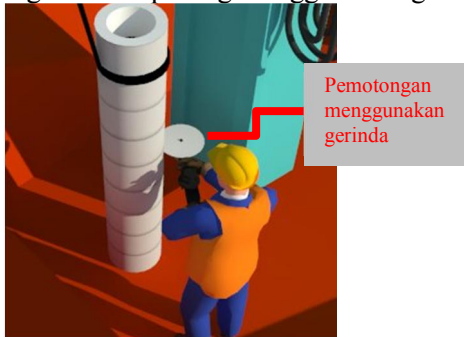
- c. Dilakukan penyambungan las pada plat sambung diantara dua tiang pancang tersebut.
- d. Apabila penyambungan telah selesai, maka pemancangan dapat dilanjutkan seperti pada langkah pemancangan seperti sebelumnya. Pemancangan tiang dapat dihentikan apabila ujung bawah telah mencapai lapisan tanah keras / final set yang telah ditentukan.

### 10.1.5 Pemotongan Tiang Pancang

Pemotongan kepala tiang pancang bertujuan untuk mendapatkan batas elevasi permukaan tiang pancang yang telah ditentukan. Untuk langkah-langkah pemotongan kepala tiang pancang adalah sebagai berikut:

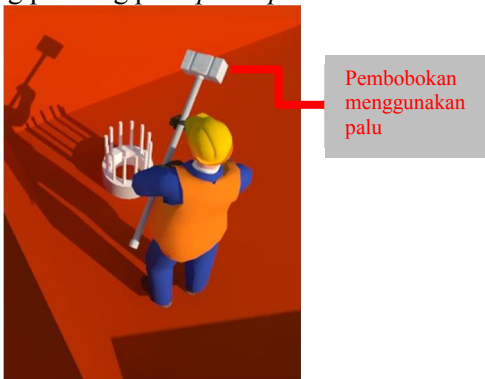
- a. Kepala tiang pancang diikat dengan tali terhadap *crawler crane*.

- b. Kemudian tandai batas kepala tiang pancang yang akan dilakukan pemotongan lalu dipotong menggunakan gerinda.



**Gambar 10. 12** Pemotongan Tiang Pancang

- c. Ketika tiang pancang sudah terpotong sepenuhnya, potongan kepala tiang pancang diangkat menggunakan *crawler crane*.  
 d. Untuk dilakukan pembobokan tiang pancang untuk menyisakan tulangnya saja yang nantinya dipakai sebagai tulangan stek tiang pancang pada *pilecap*.



**Gambar 10. 13** Pembobokan Tiang Pancang Menggunakan Palu

### 10.1.6 Quality Control

Setelah proses pemancangan selesai, dilakukan *quality control* yakni dengan mengecek hal-hal sebagai berikut:

1. Cek kondisi fisik tiang
  - a. Seluruh permukaan tiang tidak rusak atau retak.
  - b. Umur beton telah memenuhi syarat
  - c. Kepala tiang tidak boleh mengalami retak selama pemancangan
2. Toleransi  
Vertikalisasi tiang diperiksa secara periodik selama proses pemancangan berlangsung. Untuk penyimpangan arah horizontal dibatasi tidak lebih dari 75mm
3. Final set  
Pemancangan baru dapat dihentikan apabila telah mencapai final set sesuai perhitungan atau setelah tiang pancang mencapai tanah keras.

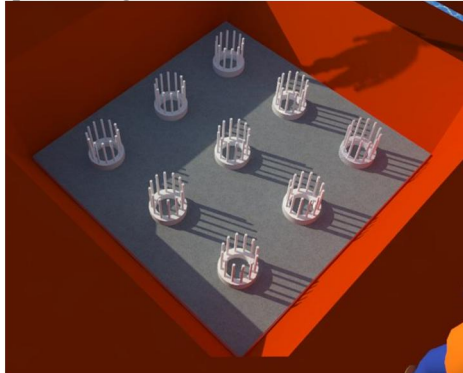
## 10.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilecap

Untuk tahapan pelaksanaan pekerjaan pile adalah sebagai berikut:



### 10.2.1 Pekerjaan Pembuatan Lantai Kerja

Lantai kerja pada pekerjaan *pilecap* berfungsi sebagai landasan dengan ketebalan 10cm. Lantai kerja nantinya dipasang diatas urugan pasir dengan ketebalan 5cm.



**Gambar 10. 14** Pembuatan Lantai Kerja *Pilecap*

### 10.2.2 Pekerjaan Bekisting Pilecap

Setelah pekerjaan lantai kerja selesai, dilanjutkan dengan membuat bekisting disekitar daerah *pilecap* rencana. Bekisting terbuat dari batako dikareanakan penggunaan batako sudah cukup kuat untuk menahan beban sebagai bekisting serta harganya yang cukup murah.

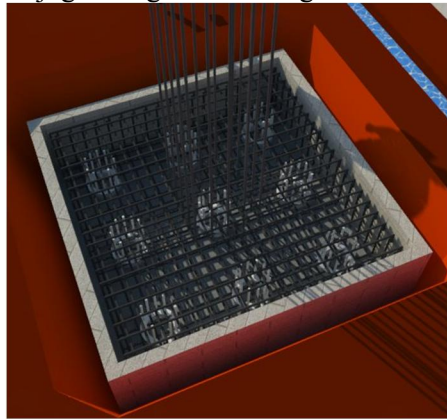


**Gambar 10. 15** Pemasangan Bekisting *Pilecap*



### 10.2.3 Pekerjaan Tulangan Pilecap

Setelah pekerjaan bekisting pilecap selesai, dilanjutkan dengan menginstall tulangan pilecap yang telah direncanakan sebelumnya dan juga menginstall tulangan stek kolom.



Gambar 10. 16 Pemasangan Tulangan Pilecap

### 10.2.4 Pekerjaan Pengecoran Pilecap

Setelah pekerjaan tulangan pilecap selesai, maka selanjutnya dilakukan pengecoran menggunakan *concrete mixer*.



Gambar 10. 17 Pengecoran Pilecap

### **10.3 Spesifikasi Teknis Pekerjaan Tiang Pancang dan Pilecap**

Semua bahan dan pekerjaan harus memenuhi syarat-syarat yang terdapat sebagai berikut:

#### **10.3.1 Pekerjaan Pendahuluan**

1. Pembersihan lokasi  
Pelaksana berkewajiban membersihkan lokasi rencana pekerjaan dari sisa-sisa puing bongkaran maupun bahan material lainnya yang mengganggu pelaksanaan pekerjaan.
2. Pengukuran dan pemasangan pagar pembatas proyek  
Pagar proyek terbuat dari seng berukuran 210mm x 80mm x 0,2mm yang dipasang vertikal dan pemasangan pagar proyek tidak boleh terganggu oleh cuaca maupun aktivitas kegiatan.
3. Lain-lain  
Pelaksana berkewajiban menyediakan peralatan dan perlengkapan keselamatan, keamanan dan kesepakatan kerja untuk setiap personil yang terlibat.

#### **10.3.2 Pekerjaan Tanah**

1. Pekerjaan urugan tanah  
Pekerjaan ini mencakup pengambilan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir yang disetujui untuk bahan urugan.
2. Pemadatan Urugan  
Pemadatan dilakukan lapis demi lapis dengan ketebalan maksimum 30cm, nilai kepadatan sekurang-kurangnya mencapai  $\pm 90\%$  dari dry-density optimal.

#### **10.3.3 Pemberian Tanda dan Perencanaan Urutan Pemancangan Tiang Pancang**

1. Pemberian tanda tiang pancang  
Pelaksana harus mengambil data dari setiap tiang yang dipancang dan dilengkapi persetujuan pengawas. Data-data laporan harus meliputi hal-hal berikut:

- Nama proyek
  - Nomor tiang
  - Tanggal pemancangan
  - Cuaca
  - Set, rebound, dan tinggi jatuh pada 10 pukulan terakhir
  - Dalam pemancangan dari level tanah
  - Level tanah
  - Panjang tiang
  - Jenis alat pukul
  - Sambungan yang dipakai
  - Waktu memulai dan selesai pemancangan
  - Jumlah pukulan dan rata-rata set tiap 0,5m
2. Perencanaan urutan pemancangan
- Seminggu sebelum dimulainya pekerjaan, pelaksana harus mengajukan usulan mengenai urutan rencana pemancangan yang harus diatur sedemikian rupa agar tidak akan saling mengganggu.

### **10.3.4 Pekerjaan Galian dan Dewatering**

1. Pekerjaan Galian
 

Galian tanah untuk pondasi dan galiannya harus dilakukan menurut ukuran dalam dan lebar yang sesuai dengan elevasi rencana.
2. Dewatering
 

Pelaksanaan dewatering harus dilakukan untuk mengeluarkan muka air tanah yang menggenangi galian saat pekerjaan berlangsung. Dewatering menggunakan pompa diesel Classic ukuran 6 inci.

### **10.3.5 Pemancangan**

1. Spesifikasi tiang
 

Untuk tiang dipakai adalah tiang WIKA Spun Pile diameter 400 mm kelas A2.

2. Alat pancang  
Diesel hammer Kobe K-35 berkapasitas 35 ton dan semua peralatan penunjang pemancangan.
3. Daya pikul tiang  
Didapat dari penunjukkan *gauge meter* yang terpasang pada alat pemancangan. Pemancangan dapat dihentikan bila daya dukung yang diinginkan sudah tercapai.
4. Toleransi posisional dan kemiringan tiang  
Toleransi untuk ketepatan titik tiang tidak lebih dari 8,0cm dari letak titik pada awal pemancangan, serta jarak antara dua buah tidak pancang tidak bertambah/berkurang lebih dari 15,0 cm dari yang seharusnya.
5. Toleransi kemiringan untuk tiang yang seharusnya vertikal adalah tidak lebih miring dari 1:75.
6. Penyambungan tiang  
Tiang pancang disambung dengan mengelas plat baja pada kedua tiang yang akan disambung menggunakan *full penetration butt weld*.
7. Pemancangan  
Tiang pancang harus disanggah dengan baik agar tiang pancang tidak berubah dari posisi yang telah ditentukan

### 10.3.6 Pemotongan

1. Pemotongan  
Apabila pemancangan telah mencapai kapasitas tiang atau kedalaman yang diisyaratkan, maka kepala tiang harus dipotong dan dikupas sampai dengan level yang ditentukan pada gambar pelaksanaan.
2. Panjang tulangan  
Panjang tulangan yang terkupas harus sesuai dengan panjang yang disyaratkan dalam gambar pelaksanaan.

### 10.3.7 Pekerjaan Pilecap

#### 1. Spesifikasi Bahan

- Beton menggunakan beton mutu  $f_c' = 35$  Mpa dengan slump  $\pm 12$  cm
- Baja tulangan menggunakan diameter 25 mm dengan jarak sesuai gambar rencana
- Lantai kerja pondasi menggunakan campuran 1Pc:3Ps:5Kr

#### 2. Penyiapan tempat kerja

Pelaksana harus memastikan bahwa seluruh dasar pondasi dan galian untuk pekerjaan beton harus dijaga agar senantiasa kering. Beton tidak boleh dicor diatas tanah yang berlumpur atau di dalam air. Pembersihan dari sampah-sampah yang ada juga perlu dilakukan.

#### 3. Cetakan beton (bekisting)

Cetakan harus digunakan untuk membatasi dan membentuk beton sesuai keinginan. Cetakan pilecap terbuat dari batako dikarenakan harganya yang cukup murah.

#### 4. Pemasakan

Beton harus dipadatkan dengan penggetar mekanis menurut acuan yang disetujui. Posisi alat penggetar mekanis yang digunakan untuk memadatkan beton harus dapat melakukan penetrasi sedalam 10 cm dari dasar beton yang baru dicor. Apabila alat penggetar akan digunakan pada posisi yang lain, maka jarak antar posisi awal dengan posisi baru adalah tidak lebih dari 45 cm. Alat penggetar tidak boleh berada pada suatu titik lebih dari 15 detik.

#### 5. Perawatan beton engan pembasahan

Segera setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis.

Pekerjaan perawatan harus segera dimulai setelah beton mulai mengeras (sebelum terjadi retak susut) dengan menyelimuti dengan bahan yang dapat menyerap air. Lembaran bahan penyerap air ini harus dibuat jenuh dalam waktu paling sedikit 7 hari.

“Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN

### 11.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh struktur yang efisien, perencanaan struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya 11 lantai yang dikenai desain seismik D dan termasuk kategori resiko IV, dapat dirancang menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing yang khusus (Sistem Ganda yakni SRPMK dan *Shearwall*) dan pengaruh gempa rencana harus ditinjau dengan periode ulang gempa 2500 tahun.
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan menggunakan SRPMK dan *shearwall* adalah sebagai berikut:
  - a. Struktur Sekunder

- Plat Lantai

**Tabel 11. 1** Tabel Kesimpulan Plat Satu Arah

Plat Lantai Satu Arah								
Tipe Plat	Tebal	Lx	Ly	Tipe	Tumpuan		Lapangan	
	(mm)	(m)	(m)		Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
S3	120	4.8	1.5	Satu Arah	D10-200	Ø8-200	D10-200	-
S7	150	4.8	1.75	Satu Arah	D10-200	Ø8-200	D10-200	-

**Tabel 11. 2** Tabel Kesimpulan Plat Dua Arah

Plat Lantai Dua Arah									
Tipe Plat	Tebal	Lx	Ly	Tipe	Tumpuan		Lapangan		
	(mm)	(m)	(m)		x	y	x	y	
S1	120	4.8	3.6	Dua Arah	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	
S2	120	3.6	3.6	Dua Arah	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	
S4	120	4.8	3.6	Dua Arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	
S5	120	3.6	3.6	Dua Arah	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	
S6	150	1.85	1.85	Dua Arah	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	

- Plat Tangga

**Tabel 11. 3** Tabel Kesimpulan Plat Tangga dan Plat Bordes

Plat Tangga					
Jenis Plat	Tebal	Tumpuan		Lapangan	
	(mm)	Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
Plat Tangga	150	D13-150	Ø10-200	D13-150	Ø10-200
Plat Bordes	150	D13-200	Ø10-200	D13-200	Ø10-200

- Balok Sekunder

**Tabel 11. 4** Tabel Kesimpulan Balok Sekunder

Balok Sekunder								
Tipe Balok	Dimensi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Badan
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
	(mm)	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
B7	300 x 500	3D19	2D19	2D19	2D19	2Ø10-150	2Ø10-150	2D19
B8	250 x 350	2D25	2D25	2D25	2D25	2Ø10-125	2Ø10-125	2D19
B9	250 x 350	2D19	2D19	2D19	2D19	2Ø10-125	2Ø10-125	2D19

- Rangka Baja

**Tabel 11. 5** Tabel Kesimpulan Rangka Baja

Rangka Baja	
Tipe Rangka	Profil
Gording	Lip Channel 150.50.20.3,2
Kuda-kuda	WF 300.150.6,5.9
Kolom Baja	WF 250.250.14.14
Penggantung Gording	Ø10
Ikatan Angin	Ø16



## b. Struktur Primer

- Balok Induk

**Tabel 11. 6** Tabel Kesimpulan Balok Induk

Balok Induk								
Tipe Balok	Dimensi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Badan
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
	(mm)	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
B1	400 x 700	4D25	3D25	3D25	2D25	2D13-80	2D13-125	4D19
B2	400 x 700	4D25	2D25	2D25	2D25	2D13-100	2D13-150	4D19
B3	400 x 700	3D25	2D25	2D25	2D25	2D13-100	2D13-150	4D19
B4	350 x 600	4D25	2D25	2D25	2D25	2D13-80	2D13-125	2D19
B5	350 x 600	3D25	3D25	3D25	2D25	2D13-100	2D13-150	2D19
B6	350 x 600	3D25	2D25	2D25	2D25	2D13-100	2D13-150	2D19

- Kolom

**Tabel 11. 7** Tabel Kesimpulan Kolom

Kolom				
Tipe Kolom	Dimensi	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	
	(mm)		Sejarak $l_0$	Diluar $l_0$
K1	800/800	16D25	5D13-100	5D13-150
K2	600/600	12D25	4D13-100	4D13-150

- Hubungan Balok Kolom

**Tabel 11. 8** Tabel Kesimpulan Hubungan Balok Kolom

Hubungan Balok - Kolom			
Tipe HBK	Dimensi	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
	(mm)		
K1-K1	800/800	16D25	5D13-150
K2-K2	600/600	12D25	4D13-150

- Shearwall

**Tabel 11. 9** Tabel Kesimpulan *Shearwall*

Shearwall						
Tipe Shearwall	Dimensi		Letak Tulangan	Tulangan		
	Sayap	Badan		Horizontal	Transversal	Confinement
	(mm)	(mm)				
SW1	600x600	250x6600	Pada SBE	16D16 + 216-300	2D16-300	2D13-100
			Pada Badan	2D16-300	2D16-300	2D13-100

c. Pondasi dan Sloof

- Pondasi

**Tabel 11. 10** Tabel Kesimpulan Pondasi

Pondasi							
Tipe Pondasi	Dimensi Pilecap	Tebal Pilecap	Diameter Tiang Pancang	Kedalaman Tiang Pancang	Jumlah Tiang Pancang	Tulangan Lentur	
	(m)	(m)	(mm)	(m)		x	y
P1	3,2 x 3,2	0,75	400	22	9	D25 - 150	D25 - 150
P2	2,2 x 2,2	0,6	400	22	4	D25 - 150	D25 - 150
P3	7,2 x 3,2	1,0	400	22	18	D25 - 150	D25 - 150
P4	3,2 x 7,2	1,0	400	22	18	D25 - 150	D25 - 150
P5	7,2 x 7,2	1,3	400	22	36	D25 - 150	D25 - 150
P6	3,8 x 9,2	1,35	400	22	24	D25 - 150	D25 - 150

- Sloof

**Tabel 11. 11** Tabel Kesimpulan Sloof

Sloof								
Tipe Sloof	Dimensi (mm)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Badan
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
D1	300 x 500	3D25	2D25	2D25	2D25	2D13-100	2D13-150	2D19
D2	300 x 500	3D25	2D25	2D25	2D25	2D13-80	2D13-125	2D19

3. Untuk spesifikasi teknis dan metode pelaksanaan pondasi adalah sebagai berikut:

a. Metode Pelaksanaan

Untuk metode pelaksanaan pekerjaan pemancangan tiang pancang adalah sebagai berikut:

- Pekerjaan tanah
- Pemberian tanda dan perencanaan urutan pemancangan tiang pancang
- Pekerjaan galian dan dewatering
- Pelaksanaan pemancangan tiang pancang
- Pemotongan tiang pancang
- Quality control

Untuk metode pelaksanaan pekerjaan pilecap adalah sebagai berikut:

- Pekerjaan pembuatan lantai kerja
- Pekerjaan bekisting *pilecap*
- Pemasangan tulangan *pilecap*
- Pekerjaan pengecoran *pilecap*

b. Spesifikasi Teknis

- Pemadatan tanah dilakukan lapis demi lapis dengan ketebalan maksimum 30cm dan nilai kepadatan sekurang-kurangnya mencapai  $\pm 90\%$  dari dry-density optimal.
- Spesifikasi tiang pancang yang digunakan adalah tiang WIKA Spun Pile berdiameter 400 mm kelas A2.
- Spesifikasi alat tiang pancang yang digunakan adalah Diesel Hammer Kobe K-35 berkapasitas 35 ton.
- Toleransi posisi untuk ketepatan titik tiang tidak lebih dari 8,0cm dan jarak antar dua titik tiang pancang tidak bertambah/berkurang lebih dari 15,0 cm.
- Toleransi kemiringan adalah tidak boleh melebihi 1 : 75.

- Penyambungan antar tiang pancang menggunakan *full penetration butt weld*.
- Spesifikasi bahan pilecap yang digunakan adalah menggunakan beton mutu  $f_c' = 35$  Mpa dengan slump  $\pm 12$  cm, baja tulangan berdiameter 25 mm, dan lantai kerja menggunakan campuran 1Pc:3Ps:5Kr.
- Cetakan (bekisting) pondasi cukup menggunakan batako.
- Perawatan beton dilakukan dengan menyelimuti permukaan beton dengan bahan yang dapat menyerap air dalam jangka waktu 7 hari.

## 11.2 Saran

1. Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan (TAT), hendaknya untuk menyusun sistematika penyusunan TAT secara urut dan menyeluruh agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
2. Perlunya untuk mengumpulkan data perencanaan, mulai dari gambar arsitek dan struktur dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer dalam perencanaan perhitungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-2010. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Budiono, Bambang dan Lucky Supriatna. 2011. *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2012 dan RSNI 03-1726-201x*. Bandung: ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBB)*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sajekti, Amien. 2009. *Metode Kerja Bangunan Sipil*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Penulis dilahirkan di Bangkalan, 10 Desember 1995, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Islam Al-fajar, SMP Islam Al-fajar, dan SMA Negeri 5 Bekasi. Penulis kemudian diterima di Jurusan DIV Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2013 dan terdaftar.

Penulis bernama lengkap Hisyam Ashfahani ini juga pernah aktif di kegiatan kemahasiswaan sebagai Staff Departemen *Research and Technology* Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil 2015-2016. Pada tahun 2016, penulis diangkat sebagai salah satu Tim Ahli Bidang Struktur di Biro *DS Champion*. Penulis pernah mendapatkan Juara 3 pada Lomba Rancang Kuda-kuda Nasional VIII, selain itu penulis juga pernah mewakili ITS dalam lomba nasional Kompetisi Bangunan Gedung Indonesia (KBGI) 2016 dalam tim CT-Heroes 345 dan mendapatkan gelar sebagai Juara 1 serta Juara Umum dengan memenangkan 4 kategori juara dari total 5 kategori juara. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail*: [hisyam.ashfahani@yahoo.co.id](mailto:hisyam.ashfahani@yahoo.co.id)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini saya mendapat bantuan, bimbingan, dan masukan dari berbagai pihak sehingga saya mampu untuk menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan lancar. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut serta membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Allah S.W.T, yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini.
2. Kedua orang tua, Djoko Purbowo dan Halimatus Syakdiyah yang terus menerus memberikan doa dan dukungan moril maupun materiil selama perjalanan saya menempuh pendidikan di DIV Teknik Infrastruktur Sipil, sampai saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan tepat waktu.
3. Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Engsc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan memberikan ilmu yang berguna, bimbingan serta saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini. Selain itu, Beliau juga berperan sangat banyak dalam membimbing saya dalam kompetisi KBGI 2016 dan mendapatkan predikat sebagai Juara Umum mewakili ITS.
4. Mutiara Ramadhyanita dan Rizqi Noverian Agatha, yang selalu siap membantu dalam setiap kesulitan yang saya hadapi dan bersedia mengajari saya untuk materi-materi yang tidak saya pahami dengan sabar dan tanpa pamrih.
5. Segenap Dosen dan seluruh Civitas Akademika Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS.
6. Teman-teman DS34 dan A13 serta teman-teman seperjuangan yang turut membantu dan mendukung saat proses penyelesaian Tugas Akhir Terapan.
7. Dan seluruh pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas doa dan dukungannya.

Saya berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapat Ridlo dan balasan dari Allah S.W.T. Saya menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir Terapan ini masih banyak kekurangan, untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi sempurnanya penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Akhir kata saya berharap semoga Tugas Akhir Terapan ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

**LAMPIRAN 1**  
**(Brosur Material)**

## SPESIFIKASI TEKNIS

### UKURAN STANDARD GENTENG ROYAL®

Tebal	: ± 2,6 mm
Lebar	: 1.04 Meter (efektif 0.96 Meter)
Panjang	: 1.98 Meter (efektif 1.76 Meter)
Luas/Lembar	: 2.06 M <sup>2</sup> (efektif 1.69 M <sup>2</sup> )
Jumlah Panel/lembar	: 6x9 panel (efektif 6x8 panel)
Berat	: ± 4,7 Kg/M <sup>2</sup>
Sudut Kemiringan	: 30°
Overlap	: Top : 220 mm Side : 80 mm

Pilihan warna :



*(Ukuran lain/custom dapat dipesan dengan quantity order tertentu)*



## Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

### Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, [ $\rho$ ]	: 530 kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis normal, [ $\rho$ ]	: 600 kg/m <sup>3</sup>
Kuat tekan, [ $\sigma$ ]	: ≥ 4,0 N/m <sup>2</sup>
Konduktifitas termis, [ $\lambda$ ]	: 0.14 w/mk

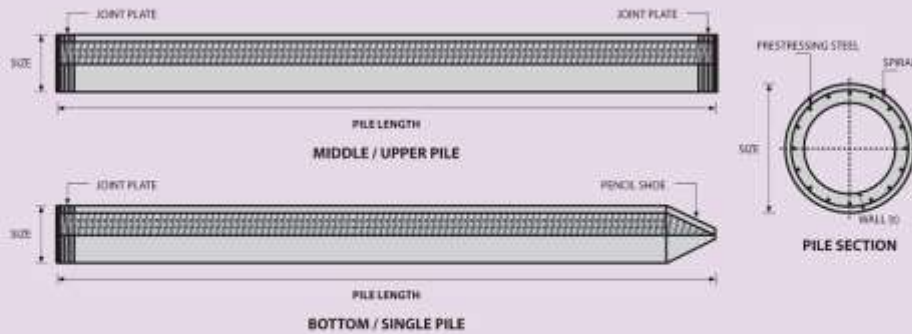
Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

## Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450		800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600		800	1400 x 1130	1460 x 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100
	10	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
	11	750		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600
1.5	13	900		900	1600 x 1350	1660 x 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300
	15	1000		900	1600 x 1500	1660 x 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600
	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6600	5100	11000	8700
1.75	20	1350	2 Panel Center Open	1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800	7800	6000	12200	9500
	24	1600		1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000	8500	6800	13600	10400
2.0	13	900		900	2000 x 1750	2100 x 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300	8500	6800	13600	10400
	15	1000		900	2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200	12030	6650	9000	7500
	17	1150		900	1600 x 1350	1700 x 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12800	6950	9400	8000
2.5	20	1350		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700
	24	1600		1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650	14350	7650	12200	9500
	24	1600		1100	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400
				1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400
				1100	2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800	15100	8100	13600	10400

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.80	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

**LAMPIRAN 2**  
**(Data Tanah)**





#### A.4. BEARING CAPACITY OF DRIVEN PILE FOUNDATION

L'decourt Method (1982)

Ref : Practical Problems in Soil Mechanics and Foundation Engineering, 2

by Guy Sanglerat, Gilbert Olivari and Bernard Cambou

Project : Gedung Kampus Universitas Muhammadiyah, 13 Lantai.

Location : Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya.

##### Borehole, DB-1.

Type : Precast Pile	(□)	(□)	(□)	(□)
Dimension s (m)	0.30	0.40	0.50	0.60
Depth, D (m)	22	22	22	22
Borehole	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1
Average of three N Values, N	28.33	28.33	28.33	28.33
Type of Soil	Sand	Sand	Sand	Sand
K	40	40	40	40
qp (t/m <sup>2</sup> ) = Np x K	1133.33	1133.33	1133.33	1133.33
Qp (ton) = A x qp	102.00	181.33	283.33	408.00
N average along shaft, N avg	13.70	13.70	13.70	13.70
qs (t/m <sup>2</sup> ) = (N avg / 3) + 1	5.57	5.57	5.57	5.57
Qs (ton) = As x qs	146.96	195.95	244.93	293.92
Qtot (on) = Qp + Qs	248.96	377.28	528.27	701.92
<b>Qall Tekan (ton) = Q tot / 3</b>	<b>82.99</b>	<b>125.76</b>	<b>176.09</b>	<b>233.97</b>
<b>Qall Tarik (ton) = Qs x 0.7 / 3</b>	<b>34.29</b>	<b>45.72</b>	<b>57.15</b>	<b>68.58</b>

##### Borehole, DB-2.

Type : Precast Pile	(□)	(□)	(□)	(□)
Dimension s (m)	0.30	0.40	0.50	0.60
Depth, D (m)	22	22	22	22
Borehole	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2
Average of three N Values, N	44.67	44.67	44.67	44.67
Type of Soil	Sand	Sand	Sand	Sand
K	40	40	40	40
qp (t/m <sup>2</sup> ) = Np x K	1786.67	1786.67	1786.67	1786.67
Qp (ton) = A x qp	160.80	285.87	446.67	643.20
N average along shaft, N avg	12.40	12.40	12.40	12.40
qs (t/m <sup>2</sup> ) = (N avg / 3) + 1	5.13	5.13	5.13	5.13
Qs (ton) = As x qs	135.52	180.69	225.87	271.04
Qtot (on) = Qp + Qs	296.32	466.56	672.53	914.24
<b>Qall Tekan (ton) = Q tot / 3</b>	<b>98.77</b>	<b>155.52</b>	<b>224.18</b>	<b>304.75</b>
<b>Qall Tarik (ton) = Qs x 0.7 / 3</b>	<b>31.62</b>	<b>42.16</b>	<b>52.70</b>	<b>63.24</b>









PROJECT : Ged. Kampus Univ. Muhammadiyah, 13 Lantai.

DATE OF TESTING : 15 to 19 February 2014

GROUND WATER LEVEL : - 0.20 m

LOCATION : Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya.

DEPTH OF BORING : 46.5 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	e <sub>o</sub>	Sr	
		C	10	20	30	40	TYPE	C	φ	0	20	40					60
0	Fill material (sand and gravel, brown, contain crushed brick)																
1																	
2	Clay and silt, brown, inorganic, trace to little of sand, very soft consistency.																
3																	
4	Clay and silt, grey, inorganic, some fine sand, soft consistency.																
5																	
6																	
7	Clay and silt, grey, inorganic, little to some fine sand, contain crushed shells at some depth, very soft to stiff consistency.																
8																	
9																	
10																	
11	Silt and fine sand, yellowish brown, contain gravel at some depths, contain crushed shells at some depth, medium dense																
12																	
13																	
14	Fine sand, brown, trace of gravel.																
15																	
16	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.																
17																	
18	Fine sand, brown.																
19	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff to hard consistency.																
20																	
21																	
22	Sand, fine to coarse grained, brown, contain crushed shell, medium to dense																
23																	
24																	
25	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.																
26																	
27	Fine sand, brown.																
28																	
29																	
30																	
31	Silt and clay, greenish grey, inorganic, trace to little of sand, very stiff to hard consistency.																
32																	
33																	
34																	
35																	
36	Clay and silt, greyish brown, inorganic, little to some fine sand, hard consistency.																
37																	
38																	
39																	
40																	
41	Sand, fine to coarse grained, grey, trace of gravel, contain crushed shell at some depths, dense to very dense.																
42																	
43																	
44																	
45																	
46	End of Boring																
47																	
48																	
49																	
50																	

## NOTE :

0 to 10 % = Trace  
 10 to 20 % = Little  
 20 to 35 % = Some  
 35 to 50 % = And

▣ = Undisturbed sample  
 □ = SPT  
 ⊗ = Fairly Undisturbed

c = Cohesion Intercept, kg/cm<sup>2</sup>  
 φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)

UU = Triaxial, Unconsolidated undrained

CU = Triaxial, Consolidated undrained

Vane = Vane shear test

UCT = Unconfined compression strength, kg/cm<sup>2</sup>

QT = Direct shear, quick test.

○ = W<sub>n</sub> = Moisture content, %● = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %△ = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>G<sub>s</sub> = Specific gravitye<sub>o</sub> = Void ratioS<sub>r</sub> = Saturation, %





**A.5.1. BEARING CAPACITY OF BORED PILE FOUNDATION**

Reese and Wright Formula (1977)

Project : Gedung Kampus Universitas Muhammadiyah, 13 Lantai.

Location : Jl. Sutorejo No.59, Surabaya.

<b>Soil Type - DB-1</b>		<u>Qallowable FOR COMPRESSION</u>	
=====		S.F tip = 3	
Depth(m)	Soil type	S.F skin = 3	
=====		MAX. DEPTH BOREHOLE (m): 45.5	
0.5	Sand	No. of SOIL TYPE = 7	
9.5	Clay (CH)	No. of N <sub>spt</sub> = 23	
19.5	Silt		
25.0	Sand		
35.5	Silt		
37.5	Clay (CH)		
45.5	Sand		
=====			

**Value of N<sub>spt</sub>**

Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>
1.25	1	11.25	20	21.25	24	31.25	26	41.25	42
3.25	3	13.25	27	23.25	35	33.25	29	43.25	50
5.25	1	15.25	22	25.25	26	35.25	28	45.25	50
7.25	3	17.25	17	27.25	28	37.25	33		
9.25	8	19.25	31	29.25	33	39.25	50		

**Result :**

Dimension (cm)	Depth (m)	Q <sub>tip</sub> (tons)	Q <sub>skin</sub> (tons)	Q <sub>ultimate</sub> (tons)	Q <sub>allowable tension</sub> (tons)	Q <sub>allowable Compression</sub> (tons)
Ø 80	22	98.9	370.6	469.5	86.5	156.5
Ø 80	30	131.2	632.1	763.3	147.5	254.4
Ø 80	42	158.7	1085.4	1244.1	253.3	414.7
Ø 100	22	157.1	463.2	620.4	108.1	206.8
Ø 100	30	205.1	790.1	995.1	184.4	331.7
Ø 100	42	247.9	1356.8	1604.7	316.6	534.9
Ø 120	22	226.3	555.9	782.2	129.7	260.7
Ø 120	30	295.3	948.1	1243.4	221.2	414.5
Ø 120	42	357.0	1628.2	1985.2	379.9	661.7









**A.5.2. BEARING CAPACITY OF BORED PILE FOUNDATION**

Reese and Wright Formula (1977)

Project : Gedung Kampus Universitas Muhammadiyah, 13 Lantai.

Location : Jl. Sutorejo No.59, Surabaya.

Soil Type - DB-2

Qallowable FOR COMPRESSION

Depth(m)	Soil type
0.7	Sand
10.0	Clay (CH)
21.0	Silt
25.0	Sand
35.0	Silt
37.0	Sand
41.5	Clay (CH)
45.5	Sand

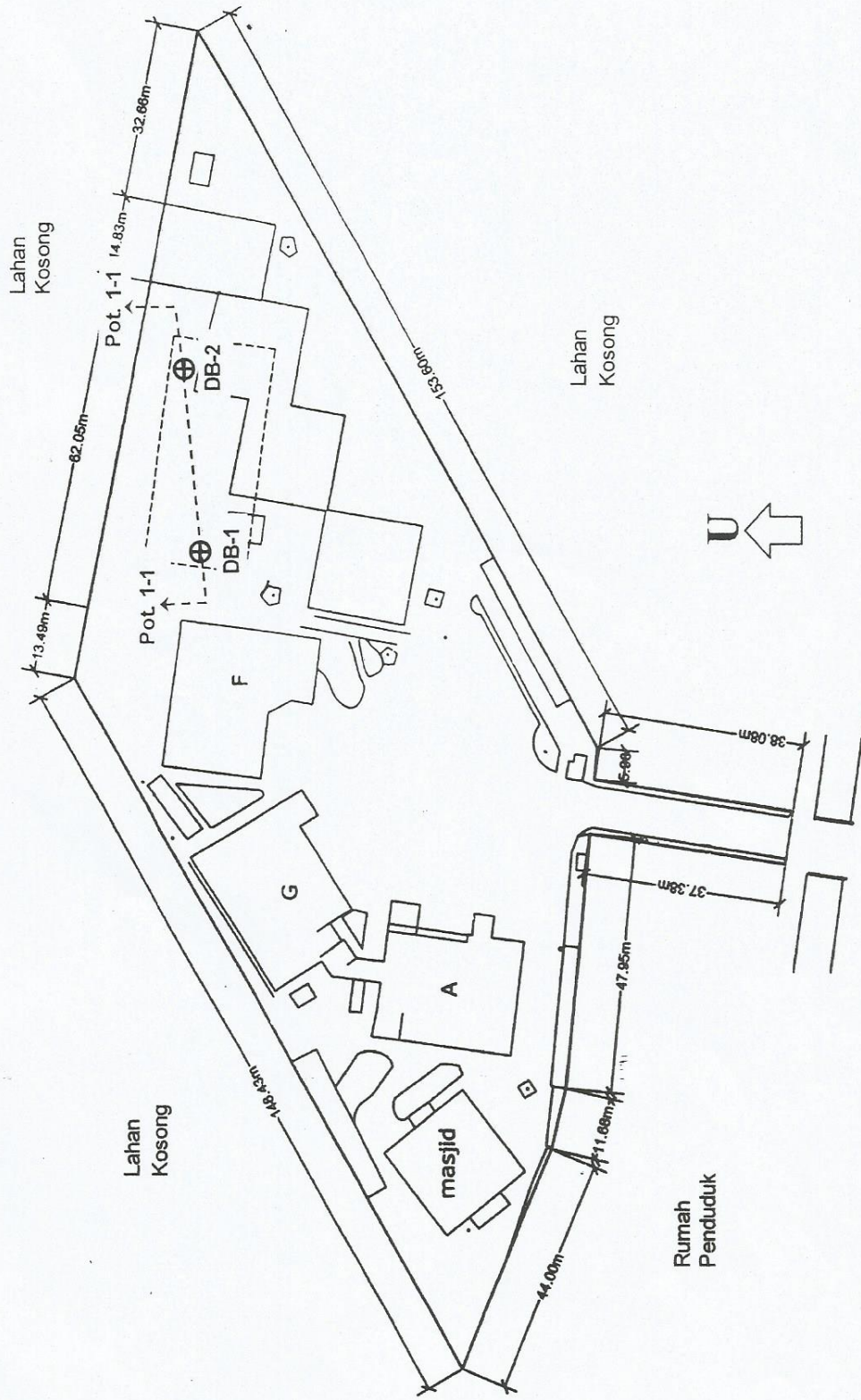
S.F tip	= 3
S.F skin	= 3
MAX. DEPTH BOREHOLE (m)	: 45.5
No. of SOIL TYPE	= 8
No. of N <sub>spt</sub>	= 23

Value of N<sub>spt</sub>

Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>	Depth (m)	N <sub>spt</sub>
1.25	1	11.25	20	21.25	24	31.25	26	41.25	42
3.25	3	13.25	27	23.25	35	33.25	29	43.25	50
5.25	1	15.25	22	25.25	26	35.25	28	45.25	50
7.25	3	17.25	17	27.25	28	37.25	33		
9.25	8	19.25	31	29.25	33	39.25	50		

Result :

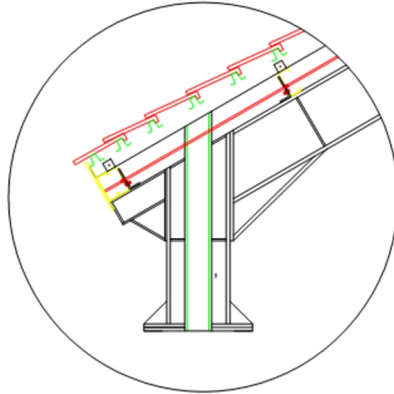
Dimension (cm)	Depth (m)	Q <sub>tip</sub> (tons)	Q <sub>skin</sub> (tons)	Q <sub>ultimate</sub> (tons)	Q <sub>allowable tension</sub> (tons)	Q <sub>allowable Compression</sub> (tons)
Ø 80	22	135.2	367.2	502.5	85.7	167.5
Ø 80	30	141.8	681.4	823.2	159.0	274.4
Ø 80	42	102.2	1167.6	1269.8	272.4	423.3
Ø 100	22	211.3	459.1	670.3	107.1	223.4
Ø 100	30	221.6	851.8	1073.3	198.8	357.8
Ø 100	42	192.1	1651.6	1459.5	385.4	550.5
Ø 120	22	304.2	550.9	855.1	128.5	285.0
Ø 120	30	319.1	1022.1	1341.2	238.5	447.1
Ø 120	42	276.6	1751.4	2028.0	408.7	676.0



A.1. Location of Testing Points.

## LEMBAR REVISI

### Sambungan A (Sambungan Kuda-kuda dengan Kolom)



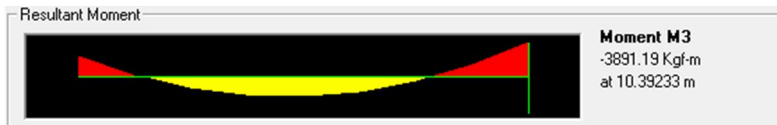
**Gambar 1.** Sambungan Kuda-kuda dengan Kolom

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Geser yang Terjadi pada Sambungan A

- $V_u = 1968,97 \text{ kg}$



**Gambar 3.** Momen yang Terjadi pada Sambungan A

- $M_u = 3891,19 \text{ kg.m}$

## 1. Perencanaan sambungan baut

Apabila direncanakan:

Tipe	=	A325 (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.2)
$f_{nt}$	=	620 Mpa
$f_{nv}$	=	372 Mpa
Diameter baut, $d_b$	=	16 mm
Diameter lubang, $d_o$	=	18 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.3.M)
Jumlah baut	=	6 buah
Mutu plat sambung	=	BJ 41
$F_y$	=	250 Mpa
$F_u$	=	410 Mpa
Tebal plat sambung, $t_p$	=	8 mm

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2,67 d_b$  dan tidak boleh lebih dari  $15 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi 305mm, sehingga:

$$2,67 \cdot 16 \text{ mm} < S < 16 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$42,7 \text{ mm} < S < 192 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S = 110 \text{ mm}$

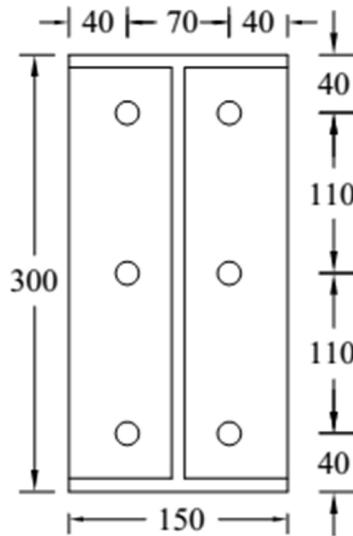
Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan Pasal J3.5, dimana untuk baut ukuran 16 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 22 mm dan untuk jarak maksimum diambil sebesar  $12 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi dari 150 mm, sehingga:

$$22 \text{ mm} < S_1 < 12 \cdot t_p$$

$$22 \text{ mm} < S_1 < 96 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S_1 = 40 \text{ mm}$





**Gambar 4.** Konfigurasi Baut pada Sambungan A

c. Perhitungan akibat geser pada baut

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_{nv} = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 74.795,04 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_{nv} = 1,2 \cdot \ell_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 70 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \leq 2,4 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}$$

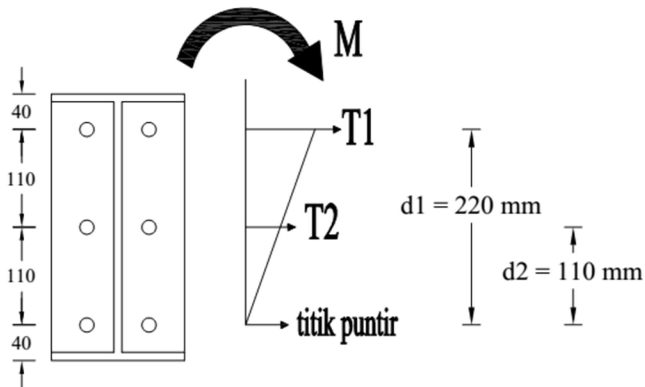
$$= 295.200 \text{ N} \leq 74.795,04 \text{ N}$$

$$\text{Maka dipakai } R_{nv} = 74.795,04 \text{ N}$$

Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni  $R_n = 74.795,04 \text{ N} = 7479,5 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_{nv} &\geq V_u \\ 0.75 \cdot 7479,5 \text{ kg} &\geq 1968,97 \text{ kg} \\ 5609,63 \text{ kg} &\geq 1968,97 \text{ kg (OK!)} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan akibat gaya momen:  
 $M_u = 3891,19 \text{ kg}\cdot\text{m} = 38.911.900 \text{ N}\cdot\text{mm}$



**Gambar 5.** Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut

Menghitung gaya tarik akibat momen ( $T_u$ ):

$$\sum d_n^2 = (220\text{mm})^2 + (110\text{mm})^2$$

$$\sum d_n^2 = 60.500 \text{ mm}^2$$

- Untuk T1, maka:

$$T1 = \frac{M \cdot d_1}{\sum d_n^2} = \frac{38.911.900 \text{ N}\cdot\text{mm} \cdot 220\text{mm}}{2 \times 60.500 \text{ mm}^2}$$

$$T1 = 70.748,91 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka:

$$T2 = \frac{M \cdot d_2}{\sum d_n^2} = \frac{38.911.900 \text{ N}\cdot\text{mm} \cdot 110\text{mm}}{2 \times 60.500 \text{ mm}^2}$$

$$T2 = 35.374,45 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai T yang dipakai adalah yang terbesar, yakni  $T_u = 70.748,91 \text{ N} = 7074,89 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$R_{nt} = F_{nt} \cdot A_b$$

$$= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 124.658,4 \text{ N}$$

$$= 12.465,83 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot R_{nt} \geq T_u$$

$$0,75 \cdot 12.465,83 \text{ kg} \geq 7074,89 \text{ kg}$$

$$9349,37 \text{ kg} \geq 7074,89 \text{ kg (OK!)}$$

e. Kontrol interaksi geser + tarik:

$$\left( \frac{V_u}{\phi \cdot R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi \cdot R_{nt}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{1968,97 \text{ kg}}{5609,63 \text{ kg}} \right)^2 + \left( \frac{7074,89 \text{ kg}}{9349,37 \text{ kg}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,70 \leq 1,0 \text{ (OK!)}$$

## 2. Perencanaan sambungan las sudut

Apabila direncanakan:

$$\text{Tebal plat} = 8 \text{ mm}$$

Sambungan las dengan:

$$\text{Mutu logam pengisi} = \text{FE60xx}$$

$$F_{EXX} = 3515,3 \text{ kg/cm}^2 = 351,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal minimum las sudut} = 5 \text{ mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)}$$

$$\text{tebal maksimum las sudut} = 8 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 6 \text{ mm} \\ \text{(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)}$$

diambil tebal las pakai = 6 mm  
Profil yang di las WF 300.150.6,5.9

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:  
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot L_w \cdot \text{tebal las efektif}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 351,5 \text{ N/mm}^2 \cdot L_w \cdot 0,707 \cdot 6 \text{ mm}$   
 $= 671,03 \text{ N/mm} \cdot L_w$
- Ketahanan terhadap bahan dasar:  
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot L_w \cdot \text{tebal las efektif}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ N/mm}^2 \cdot L_w \cdot 0,707 \cdot 6 \text{ mm}$   
 $= 782,64 \text{ N/mm} \cdot L_w$

Sehingga dipakai nilai  $\emptyset.Rn$  terkecil yakni = 671,03 N/mm .  
 $L_w = 67,1 \text{ kg/mm} \cdot L_w$

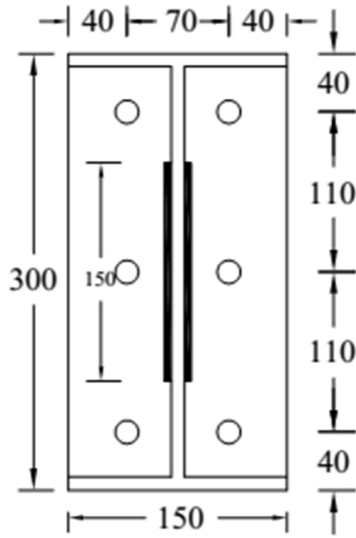
Kontrol:

$$\emptyset.Rn \geq V_u$$

$$67,1 \text{ kg/mm} \cdot L_w \geq 1968,97 \text{ kg}$$

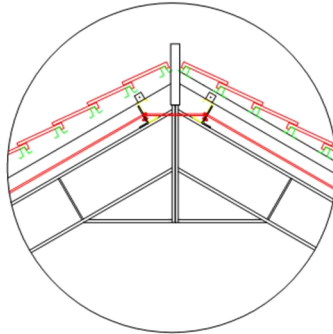
$$L_w \geq \frac{1968,97 \text{ kg}}{67,1 \text{ kg / mm}} = 29,34 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan panjang las minimal adalah 25,16 mm.  
Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 13.5.3.9, untuk panjang las minimal adalah lebar komponen tersambung yakni = 150 mm, sehingga untuk panjang total las sambungan adalah = 2 x 150 mm = 300 mm



**Gambar 6.** Panjang Las pada Sambungan A

## Sambungan B (Sambungan Antar Kuda-kuda)



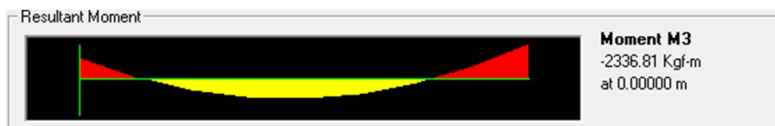
**Gambar 7.** Sambungan Kuda-kuda dengan Kuda-kuda

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:



**Gambar 8.** Gaya yang Terjadi pada Sambungan B

- $V_u = 1666,45 \text{ kg}$
- 



**Gambar 9.** Gaya yang Terjadi pada Sambungan B

- $M_u = 2336,81 \text{ kg.m}$

### 3. Perencanaan sambungan baut

Apabila direncanakan:

Type	=	A325 (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.2)
$f_{nt}$	=	620 Mpa
$f_{nv}$	=	372 Mpa
Diameter baut, $d_b$	=	16 mm
Diameter lubang, $d_o$	=	18 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.3.M)
Jumlah baut	=	6 buah
Mutu plat sambung	=	BJ 41
$F_y$	=	250 Mpa
$F_u$	=	410 Mpa
Tebal plat sambung, $t_p$	=	8 mm

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2,67 d_b$  dan tidak boleh lebih dari  $15 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi 305mm, sehingga:

$$2,67 \cdot 16 \text{ mm} < S < 16 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$42,7 \text{ mm} < S < 192 \text{ mm}$$

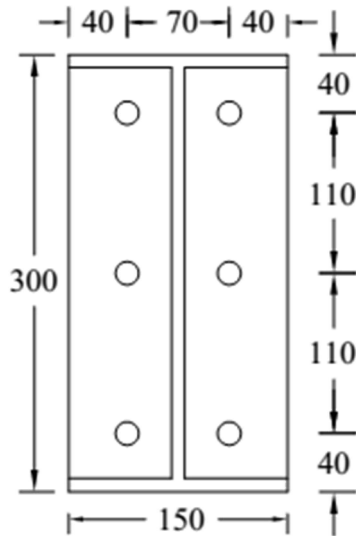
Sehingga diambil nilai  $S = 110 \text{ mm}$

Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5, dimana untuk baut ukuran 16 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 22 mm dan untuk jarak maksimum diambil sebesar  $12 t_p$  namun tidak boleh diambil melebihi dari 150 mm, sehingga:

$$22 \text{ mm} < S_1 < 12 \cdot t_p$$

$$22 \text{ mm} < S_1 < 96 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S_1 = 40 \text{ mm}$



**Gambar 10.** Konfigurasi Baut pada Sambungan B

c. Perhitungan akibat geser pada baut:

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 74795,04 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_n = 1,2 \cdot \ell_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 70 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \leq 2,4 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}$$

$$= 590.400 \text{ N} \leq 125.952 \text{ N}$$

Maka dipakai  $R_n = 125.952 \text{ N}$

Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni  $R_n = 74.795,04 \text{ N} = 7479,5 \text{ kg}$



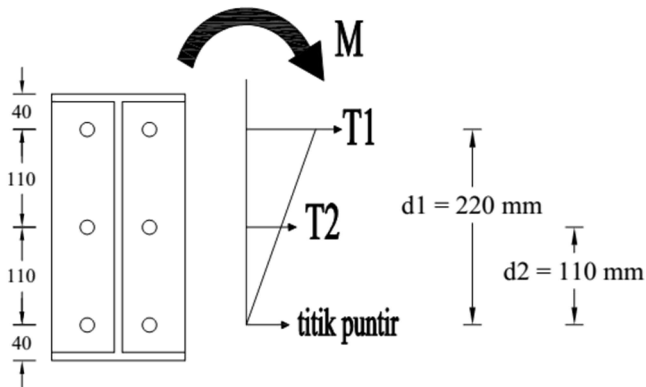
$$\emptyset \cdot R_n \geq V_u$$

$$0.75 \cdot 7479,5 \text{ kg} \geq 1666,45 \text{ kg}$$

$$5609,63 \text{ kg} \geq 1666,45 \text{ kg (OK!)}$$

d. Perhitungan akibat gaya momen:

$$M_u = 2336,81 \text{ kg.m} = 23.368.100 \text{ N.mm}$$



**Gambar 11.** Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut

Menghitung gaya tarik akibat momen ( $T_u$ ):

$$\sum d_n^2 = (220\text{mm})^2 + (110\text{mm})^2$$

$$\sum d_n^2 = 60.500 \text{ mm}^2$$

• Untuk  $T_1$ , maka:

$$T_1 = \frac{M \cdot d_1}{\sum d_n^2} = \frac{23.368.100 \text{ N.mm} \cdot 220 \text{ mm}}{2 \times 60.500 \text{ mm}^2}$$

$$T_1 = 42.487,45 \text{ N}$$

• Untuk  $T_2$ , maka:

$$T_2 = \frac{M \cdot d_2}{\sum d_n^2} = \frac{23.368.100 \text{ N.mm} \cdot 110 \text{ mm}}{2 \times 60.500 \text{ mm}^2}$$

$$T_2 = 21.243,73 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai  $T_n$  yang dipakai adalah yang terbesar, yakni  $T_u = 42.487,45 \text{ N} = 4248,75 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \cdot A_b \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 124.658,4 \text{ N} \\ &= 12.465,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot R_n \geq T_u$$

$$0,75 \cdot 12.465,83 \text{ kg} \geq 4248,75 \text{ kg}$$

$$9349,37 \text{ kg} \geq 4248,75 \text{ kg (OK!)}$$

e. Perhitungan akibat gaya momen:

$$\begin{aligned} \left( \frac{V_u}{\phi \cdot R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi \cdot R_{nt}} \right)^2 &\leq 1,0 \\ \left( \frac{1666,45 \text{ kg}}{5609,63 \text{ kg}} \right)^2 + \left( \frac{4248,75 \text{ kg}}{9349,37 \text{ kg}} \right)^2 &\leq 1,0 \end{aligned}$$

$$0,29 \leq 1,0 \text{ (OK!)}$$

#### 4. Perencanaan sambungan las sudut

Apabila direncanakan:

$$\text{Tebal plat} = 8 \text{ mm}$$

Sambungan las dengan:

$$\text{Mutu logam pengisi} = \text{FE60xx}$$

$$F_{EXX} = 3515,3 \text{ kg/cm}^2 = 351,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal minimum las sudut} = 5 \text{ mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)}$$

$$\begin{aligned} \text{tebal maksimum las sudut} &= 8 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 6 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)} \end{aligned}$$

diambil tebal las pakai = 6 mm  
Profil yang di las WF 300.150.6,5.9

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:  
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot L_w \cdot \text{tebal las efektif}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 351,5 \text{ N/mm}^2 \cdot L_w \cdot 0,707 \cdot 6 \text{ mm}$   
 $= 671,03 \text{ N/mm} \cdot L_w$
- Ketahanan terhadap bahan dasar:  
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot L_w \cdot \text{tebal las efektif}$   
 $\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ N/mm}^2 \cdot L_w \cdot 0,707 \cdot 6 \text{ mm}$   
 $= 782,64 \text{ N/mm} \cdot L_w$

Sehingga dipakai nilai  $\emptyset.Rn$  terkecil yakni = 671,03 N/mm .  
 $L_w = 67,1 \text{ kg/mm} \cdot L_w$

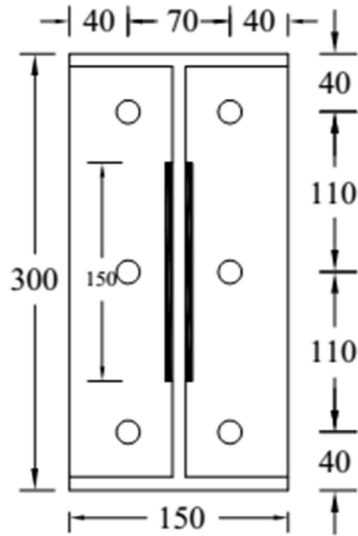
Kontrol:

$$\emptyset.Rn \geq V_u$$

$$67,1 \text{ kg/mm} \cdot L_w \geq 1666,45 \text{ kg}$$

$$L_w \geq \frac{1666,45 \text{ kg}}{67,1 \text{ kg/mm}} = 24,83 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan panjang las minimal adalah 25,16 mm.  
Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 13.5.3.9, untuk panjang las minimal adalah lebar komponen tersambung yakni = 150 mm, sehingga untuk panjang total las sambungan adalah = 2 x 150 mm = 300 mm



**Gambar 12.** Panjang Las pada Sambungan B



## PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

### LAMPIRAN

# DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA MENGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL SERTA METODE PELAKSANAAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

Mahasiswa

**HISYAM ASHFAHANI**

NRP. 3113041032

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D

NIP. 19630726 198903 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599**

**LAMPIRAN**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
SERTA METODE PELAKSANAAN  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

Mahasiswa

**HISYAM ASHFAHANI**

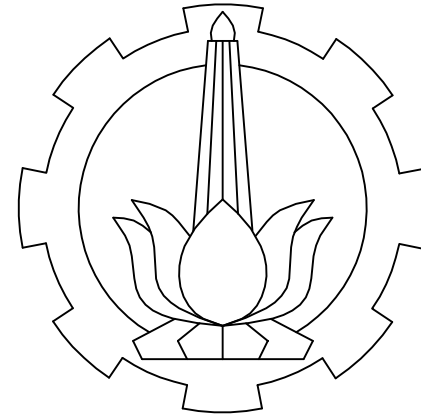
NRP. 3113041032

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D

NIP. 19630726 198903 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG**

---

# **GAMBAR ARSITEKTUR DAN STUKTUR**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG PERKULIAHAN DI  
SURABAYA MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL SERTA  
METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

---

**OLEH :  
Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032**

**DOSEN PEMBIMBING:**

**Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D**  

---

**NIP. 19630726 198903 1 003**

# DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
<b>DENAH LANTAI</b>		
ARS	DENAH LANTAI 1 (+0,0)	01
ARS	DENAH LANTAI 2 (+4,2)	02
ARS	DENAH LANTAI 3 (+8,4)	03
ARS	DENAH LANTAI 4 (+12,6)	04
ARS	DENAH LANTAI 5 (+16,8)	05
ARS	DENAH LANTAI 6 (+21,0)	06
ARS	DENAH LANTAI 7 (+25,2)	07
ARS	DENAH LANTAI 8 (+29,4)	08
ARS	DENAH LANTAI 9 (+33,6)	09
ARS	DENAH LANTAI 10 (+37,8)	10
ARS	DENAH LANTAI 11 (+42,0)	11
<b>TAMPAK</b>		
ARS	TAMPAK TENGGARA	12
ARS	TAMPAK BARAT LAUT	13
ARS	TAMPAK BARAT DAYA	14
ARS	TAMPAK TIMUR LAUT	15
<b>POTONGAN</b>		
ARS	POTONGAN A-A	16
ARS	POTONGAN B-B	17
ARS	POTONGAN C-C	18
<b>STRUKTUR TANGGA</b>		
STR	DETAIL TANGGA 1	19
STR	DETAIL TANGGA 2	20

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
<b>STRUKTUR PLAT</b>		
STR	RENCANA PLAT LT. 2 - LT. 10 (ELV.+4,20 s/d +37,80)	21
STR	RENCANA PLAT LT. 11 (ELV.+42,0)	22
STR	RENCANA PLAT LT. ATAP (ELV.+46,2)	23
STR	DETAIL PLAT S1	24
STR	DETAIL PLAT S2	25
STR	DETAIL PLAT S3	26
STR	DETAIL PLAT S4	27
STR	DETAIL PLAT S5	28
STR	DETAIL PLAT S6	29
STR	DETAIL PLAT S7	30
STR	DETAIL PENULANGAN PER LANTAI (ELV.+4,20)	31
<b>STRUKTUR BALOK</b>		
STR	DENAH RENCANA BALOK LT. 2 - LT11 (ELV.+4,20 s/d ELV.+42,00)	32
STR	DENAH RENCANA BALOK LT. ATAP (ELV.+46,20)	33
STR	PENULANGAN BALOK B1 - B3	34
STR	PENULANGAN BALOK B4 - B6	35
STR	PENULANGAN BALOK B7 - B9	36
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B1	37
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B2	38
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B3	39
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B4	40
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B5	41
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B6	42
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B7	43



# DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
<b>STRUKTUR KOLOM</b>		
STR	RENCANA KOLOM LT. 1 - LT. 6 (+0,0 s/d +21,0)	44
STR	RENCANA KOLOM LT. 7 - LT. 11 (+21,0 s/d +42,0)	45
STR	RENCANA KOLOM LT. ATAP (+46,2)	46
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K1	47
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K2	48
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK-KOLOM	49
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK-KOLOM K1-K2	50
<b>STRUKTUR SHEARWALL</b>		
STR	RENCANA SHEARWALL LT.1 - LT. 11 (+0,0 s/d +42,0)	51
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL SW1	52
<b>STRUKTUR PONDASI DAN SLOOF</b>		
STR	DENAH RENCANA PONDASI	53
STR	DETAIL PONDASI P1 DAN P2	54
STR	DETAIL PONDASI P3	55
STR	DETAIL PONDASI P4	56
STR	DETAIL PONDASI P5	57
STR	DETAIL PONDASI P6	58
STR	DETAIL PENULANGAN SLOOF D1	59
STR	DETAIL PENULANGAN SLOOF D2	60

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
<b>STRUKTUR ATAP BAJA</b>		
STR	DENAH RENCANA ATAP	61
STR	DETAIL SAMBUNGAN 1	62
STR	DETAIL SAMBUNGAN 2	63
STR	DETAIL SAMBUNGAN 3	64
STR	DETAIL IKATAN ANGIN DAN PENGGANTUNG GORDING	65
<b>DETAIL POTONGAN PORTAL</b>		
STR	PORTAL MEMANJANG (AS-4)	66
STR	DETAIL PORTAL MEMANJANG	67
STR	PORTAL MELINTANG (AS-F)	68
STR	DETAIL PORTAL MELINTANG	69



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH LT. 1 (+0,0)**

KODE GAMBAR

SKALA

**ARS**

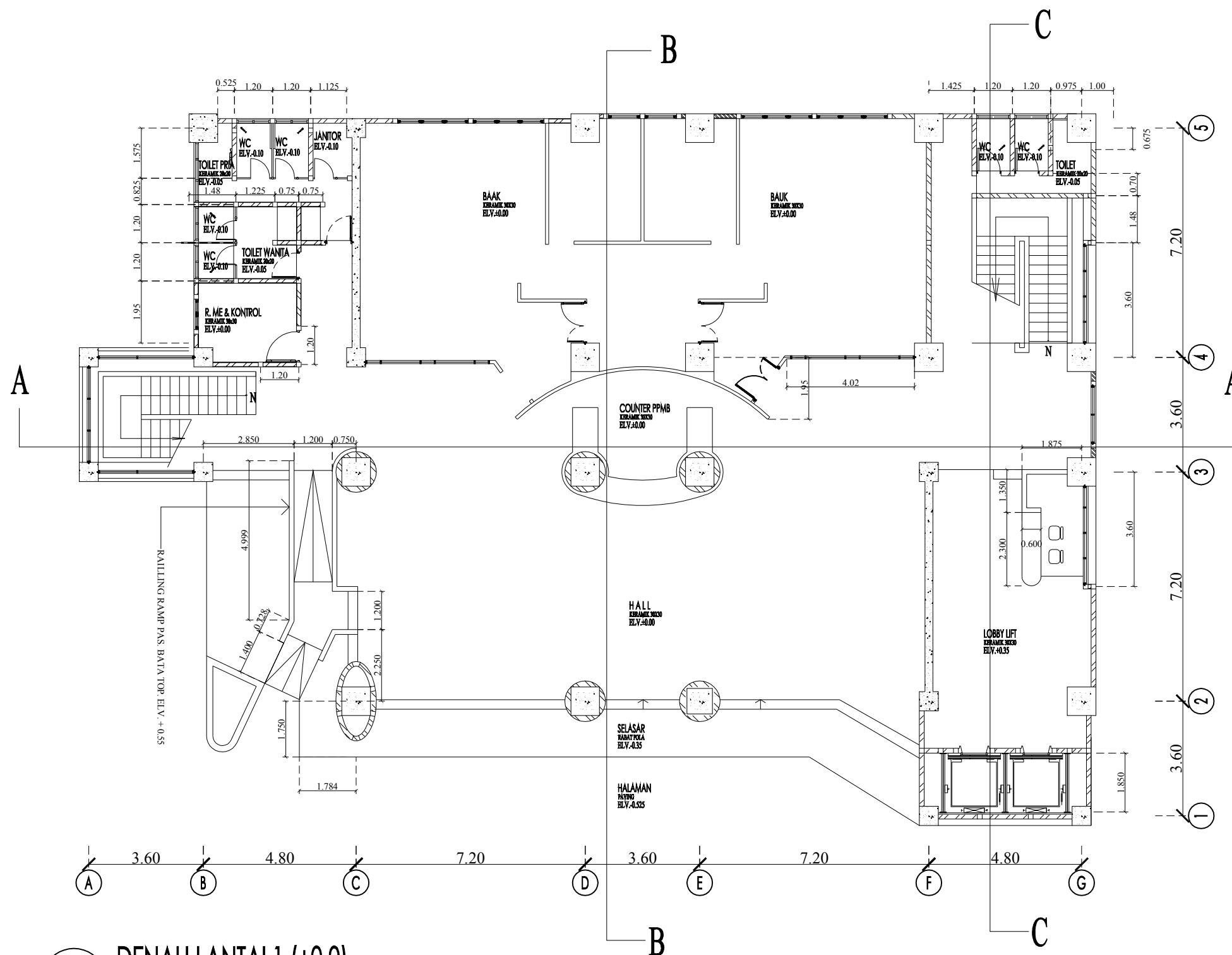
**1 : 150**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**1**

**69**



01  
 A.1 01  
**DENAH LANTAI 1 (+0,0)**  
 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH LT. 2 (+4,2)**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**NO. LEMBAR**

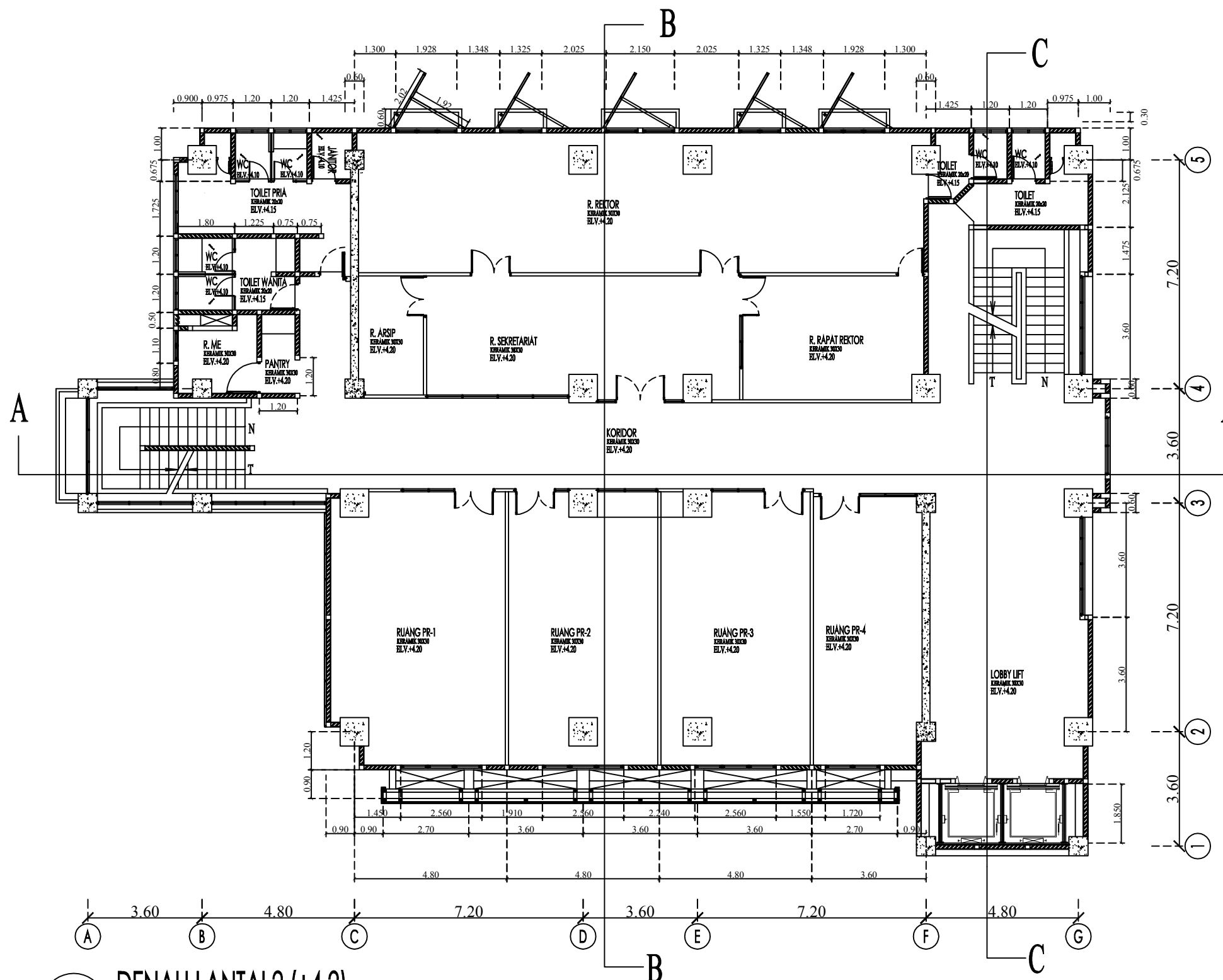
**2**

**SKALA**

**1 : 150**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01 DENAH LANTAI 2 (+4,2)  
 A.1 02 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH LT. 3 (+8,4)**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**SKALA**

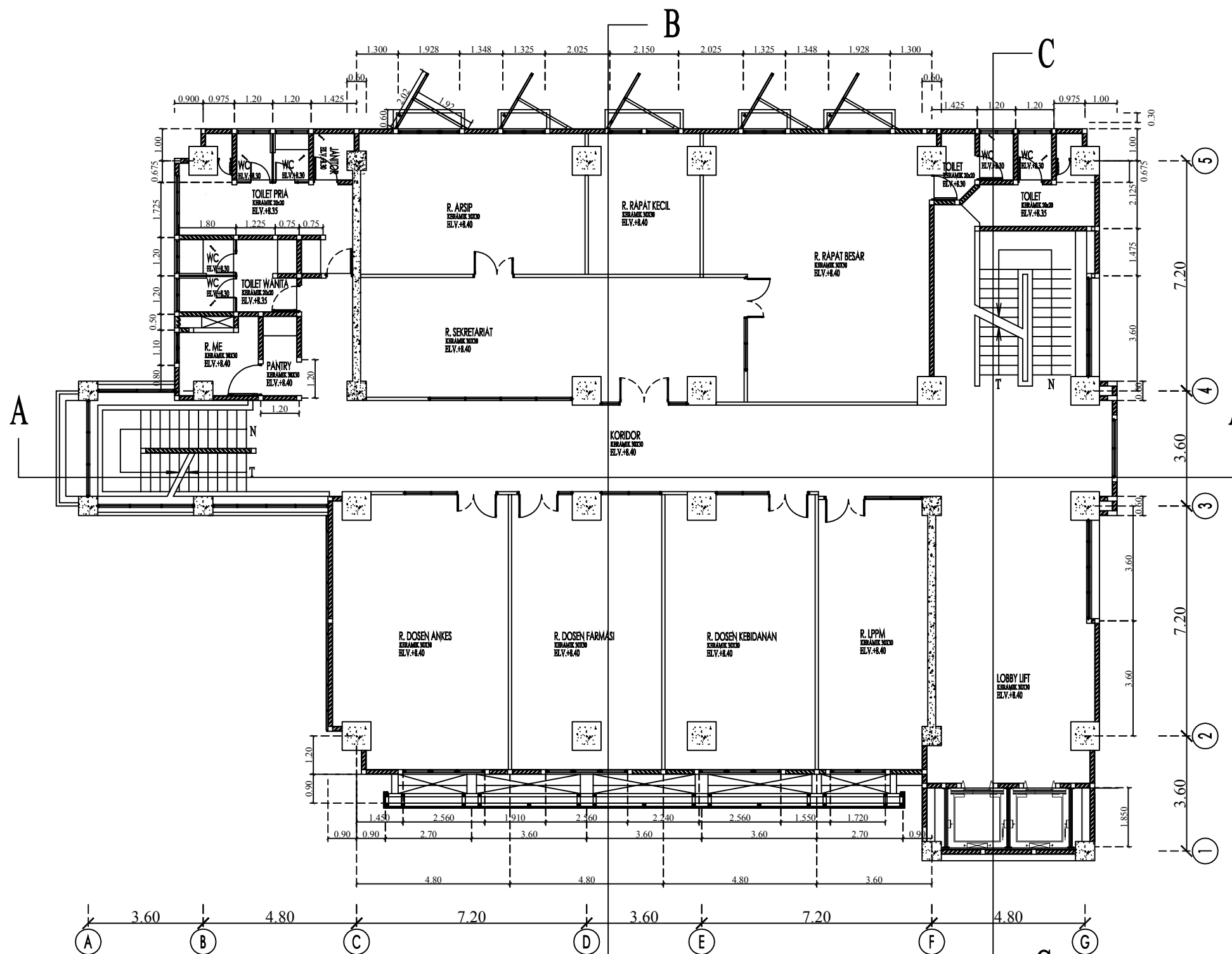
**1 : 150**

**NO. LEMBAR**

**3**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01  
 A.1 03  
**DENAH LANTAI 3 (+8,4)**  
 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH LT. 4 (+12,6)

KODE GAMBAR

**ARS**

NO. LEMBAR

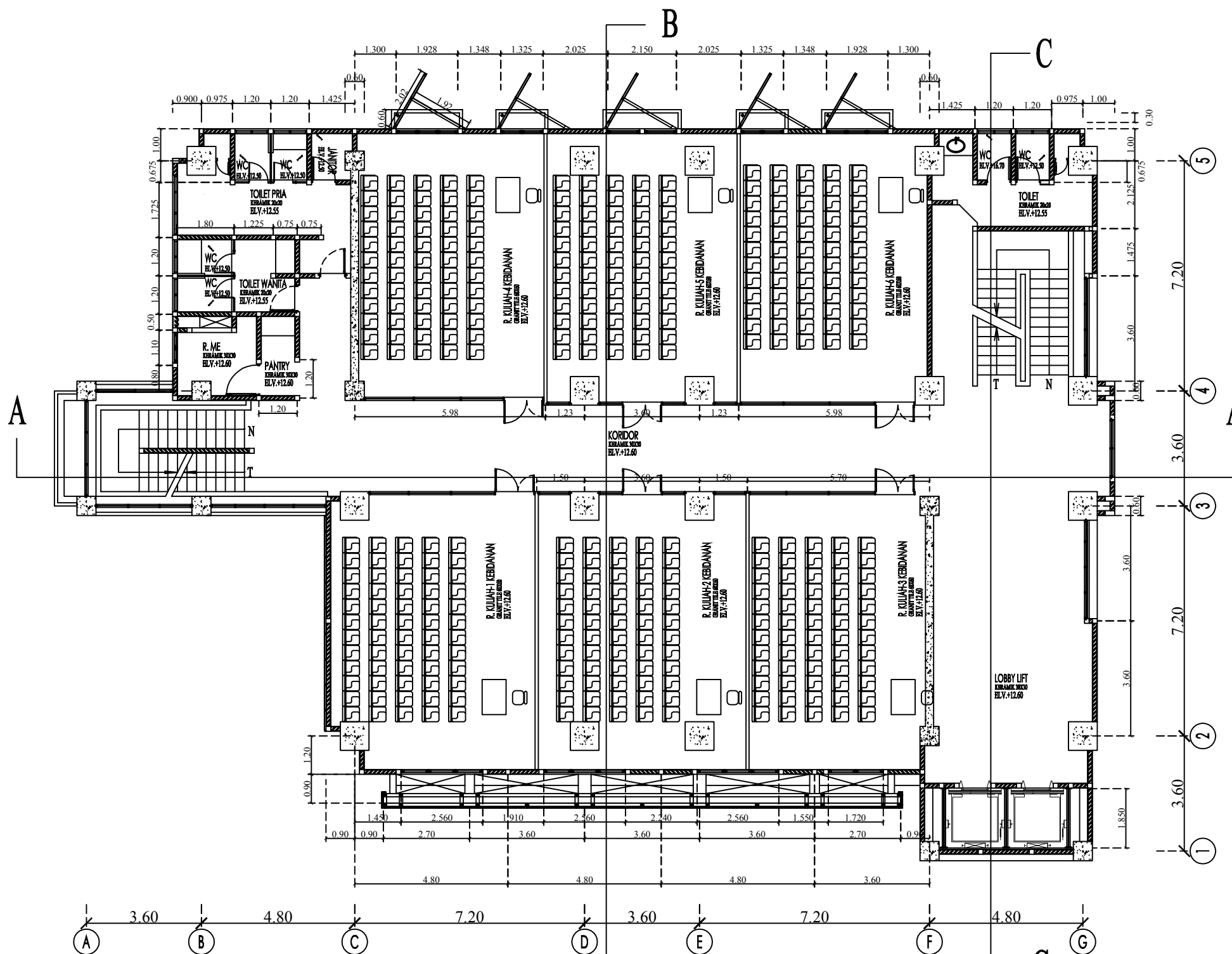
**4**

SKALA

**1 : 150**

JUMLAH LEMBAR

**69**



01  
 A.1 | 04  
**DENAH LANTAI 4 (+12,6)**  
 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

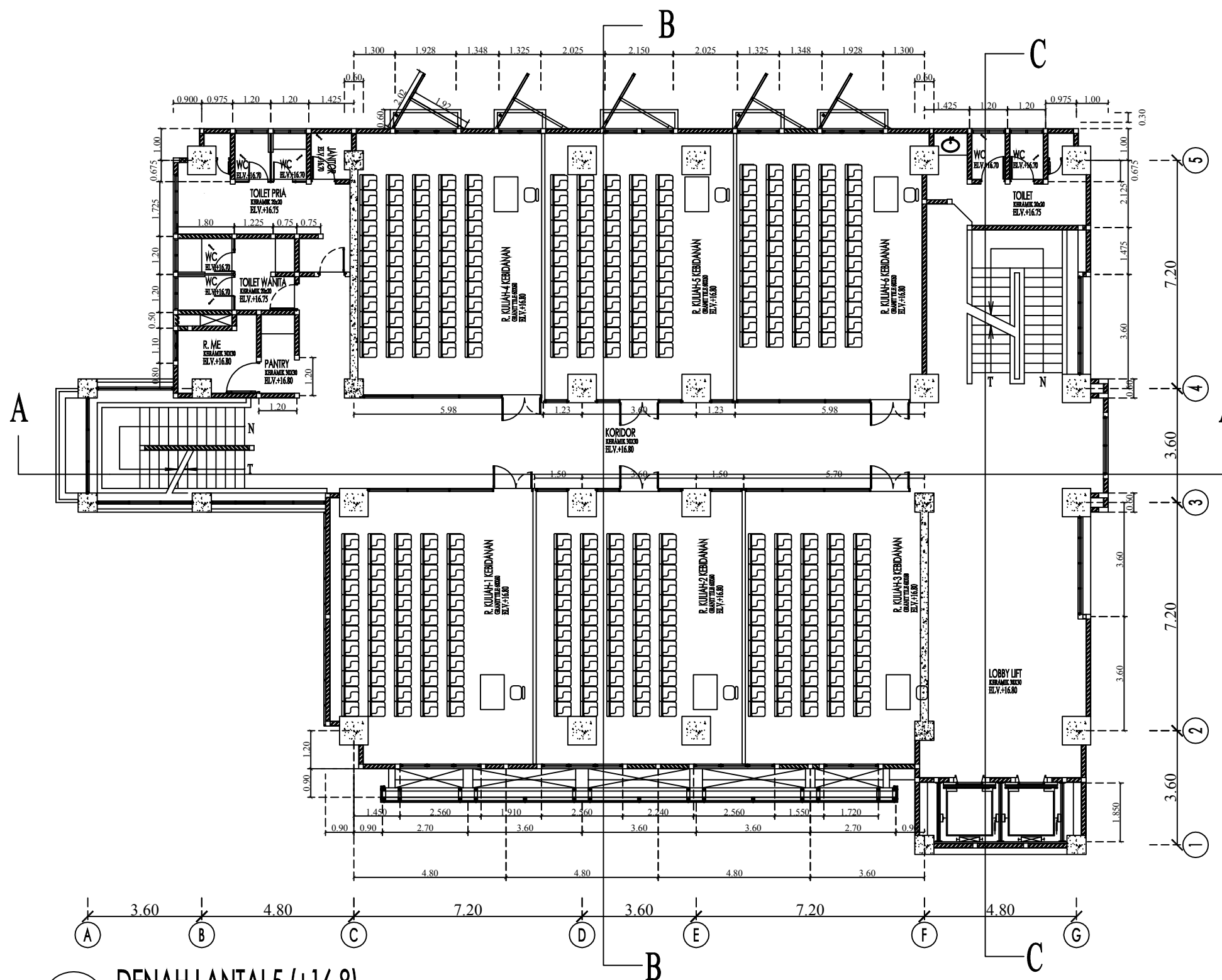
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH LT. 5 (+16,8)**

KODE GAMBAR	SKALA
<b>ARS</b>	<b>1 : 150</b>
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

**5**                      **69**



01  
 A.1 05 DENAH LANTAI 5 (+16,8)  
 1:150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH LT. 6 (+21,0)

**KODE GAMBAR**

ARS

**SKALA**

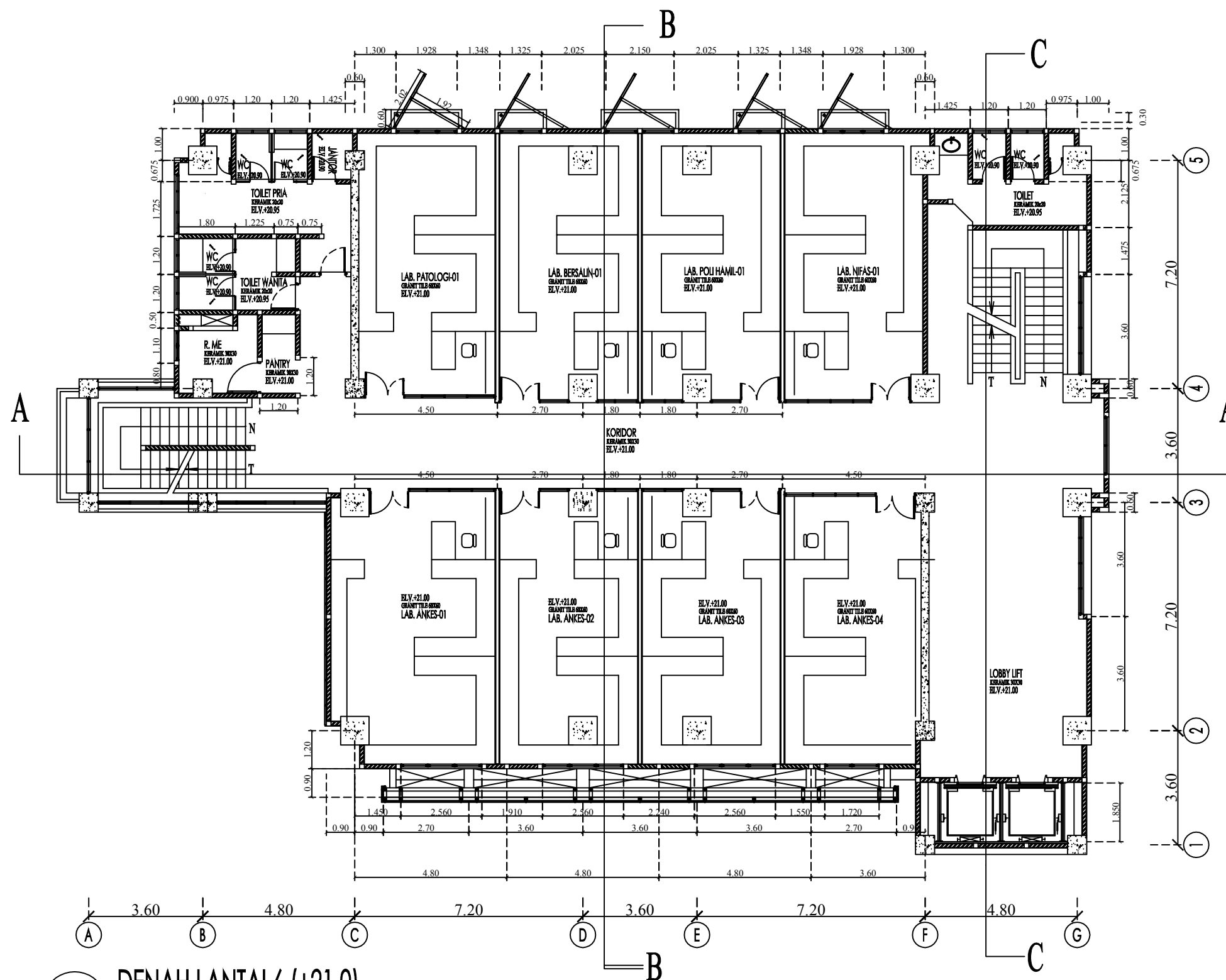
1 : 150

**NO. LEMBAR**

6

**JUMLAH LEMBAR**

69



01  
 A.1 | 06 DENAH LANTAI 6 (+21,0)  
 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH LT. 7 (+25,2)

**KODE GAMBAR**

ARS

**SKALA**

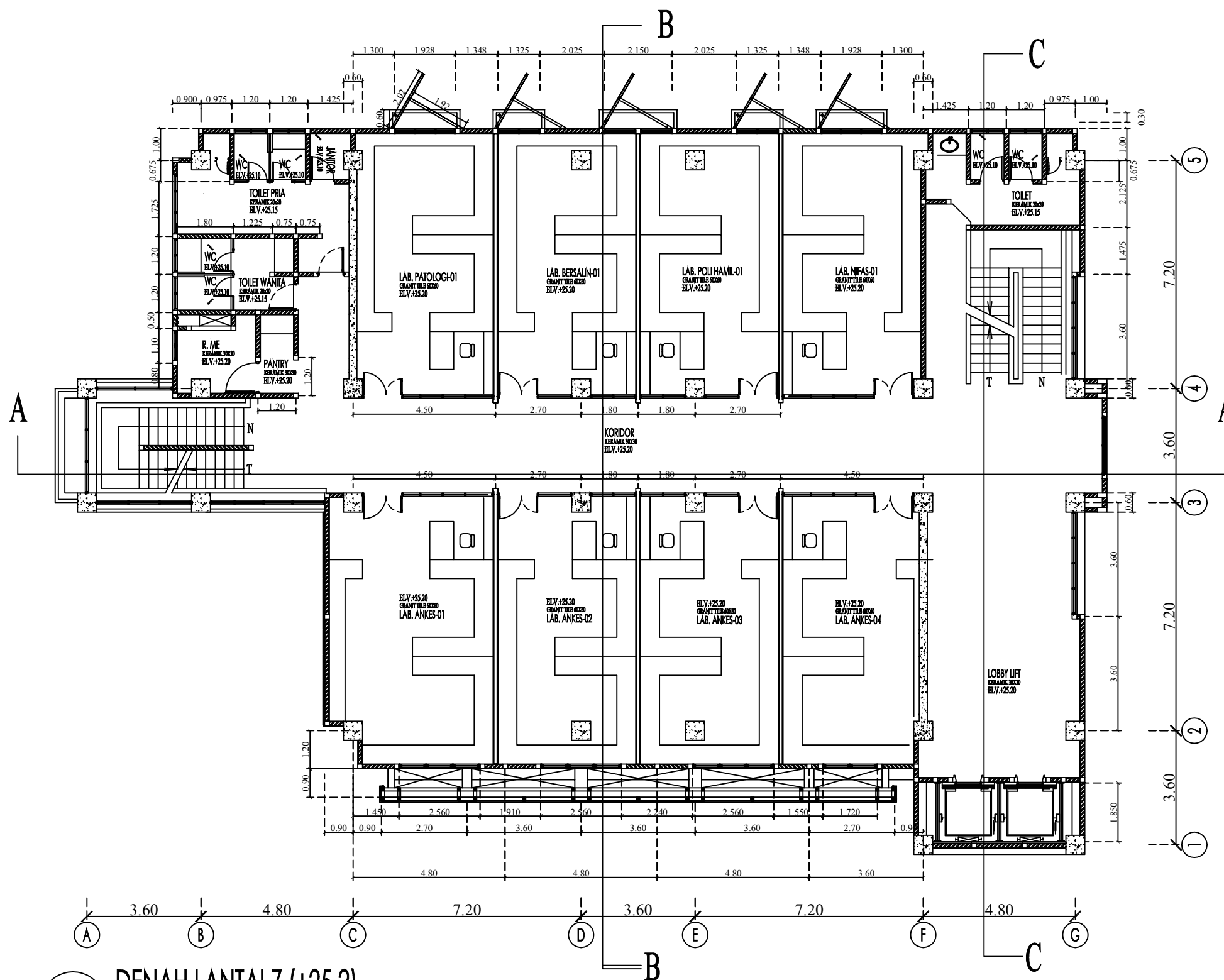
1 : 150

**NO. LEMBAR**

7

**JUMLAH LEMBAR**

69



01  
 A.1 | 07  
 DENAH LANTAI 7 (+25,2)  
 1:150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH LT. 8 (+29,4)

KODE GAMBAR

**ARS**

NO. LEMBAR

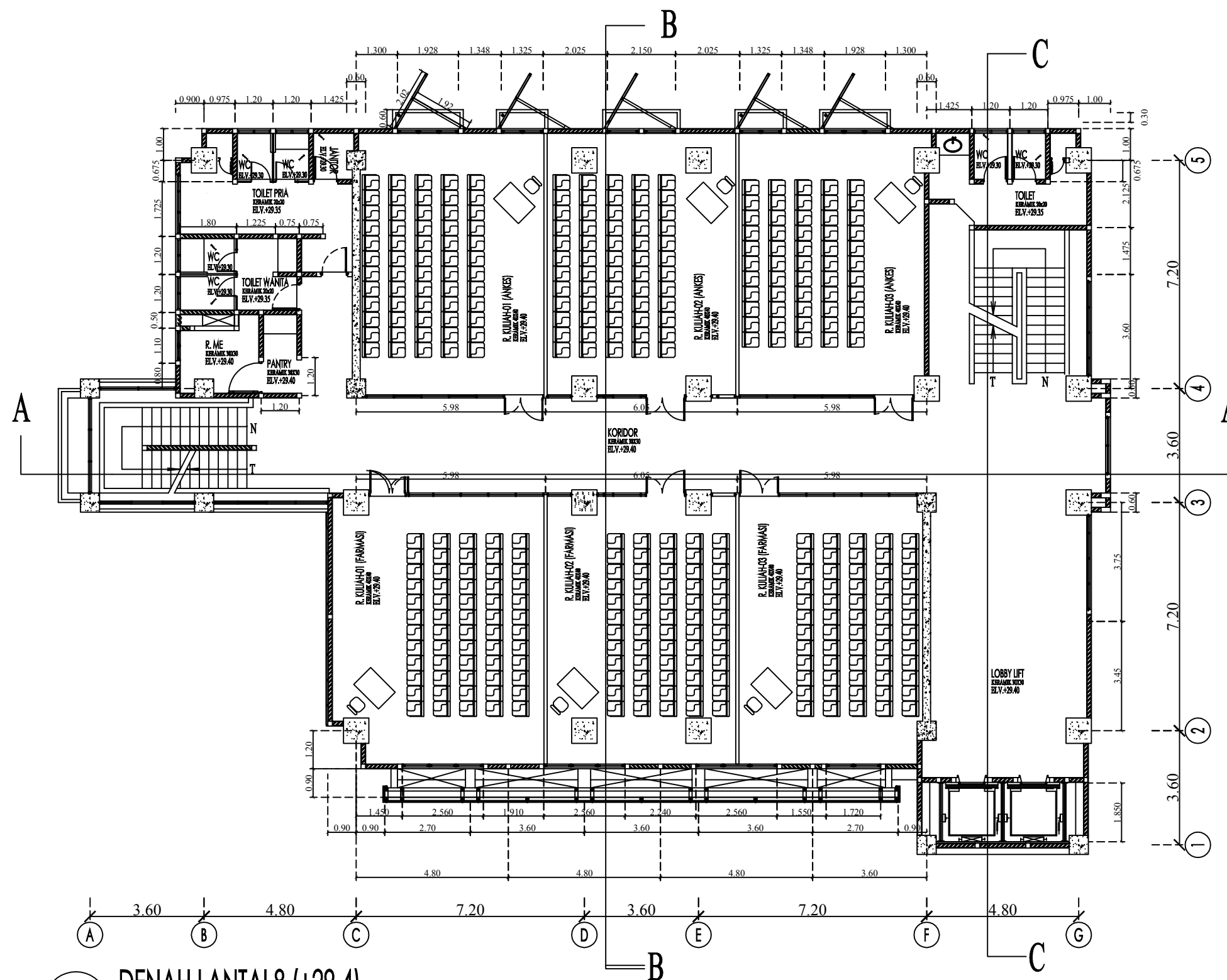
**8**

SKALA

**1 : 150**

JUMLAH LEMBAR

**69**



01  
 A.1 | 08  
**DENAH LANTAI 8 (+29,4)**  
 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH LT. 9 (+33,6)

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

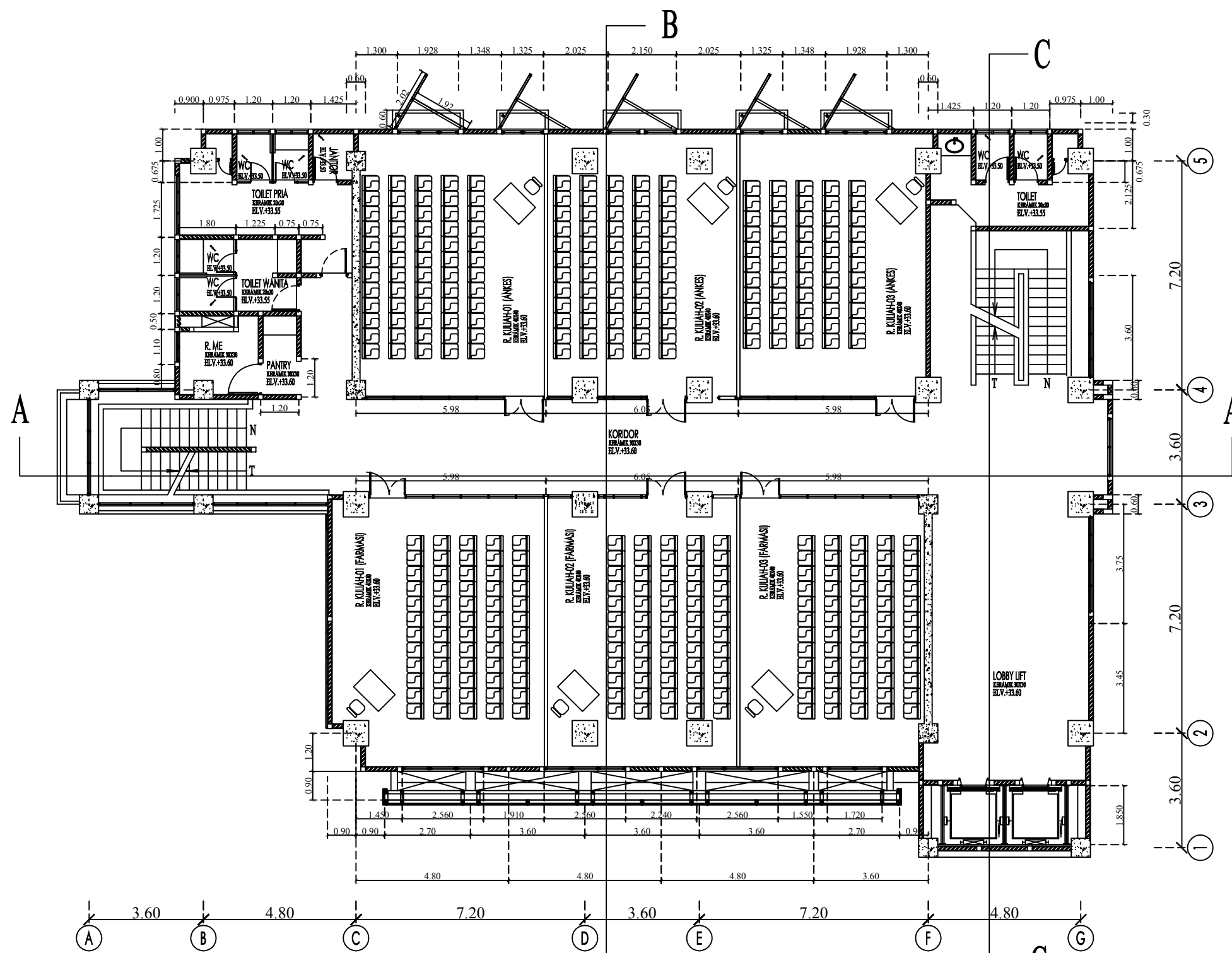
9

SKALA

1 : 150

JUMLAH LEMBAR

69



01  
 A.1 | 09  
**DENAH LANTAI 9 (+33,6)**  
 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH LT. 10 (+37,8)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

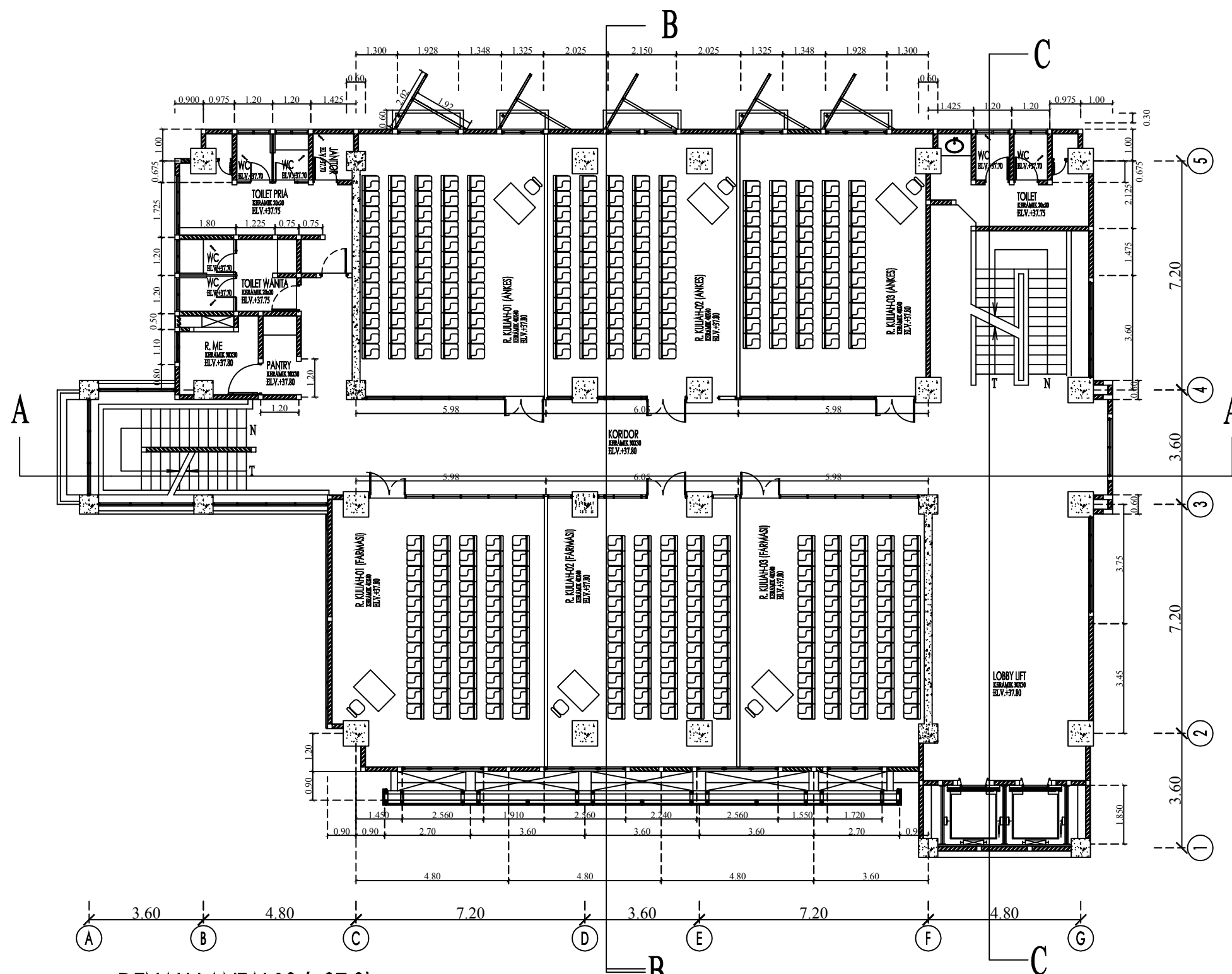
1 : 150

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

10

69



01  
 A.1 10 DENAH LANTAI 10 (+37,8)  
 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH LT. 11 (+42,0)**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**NO. LEMBAR**

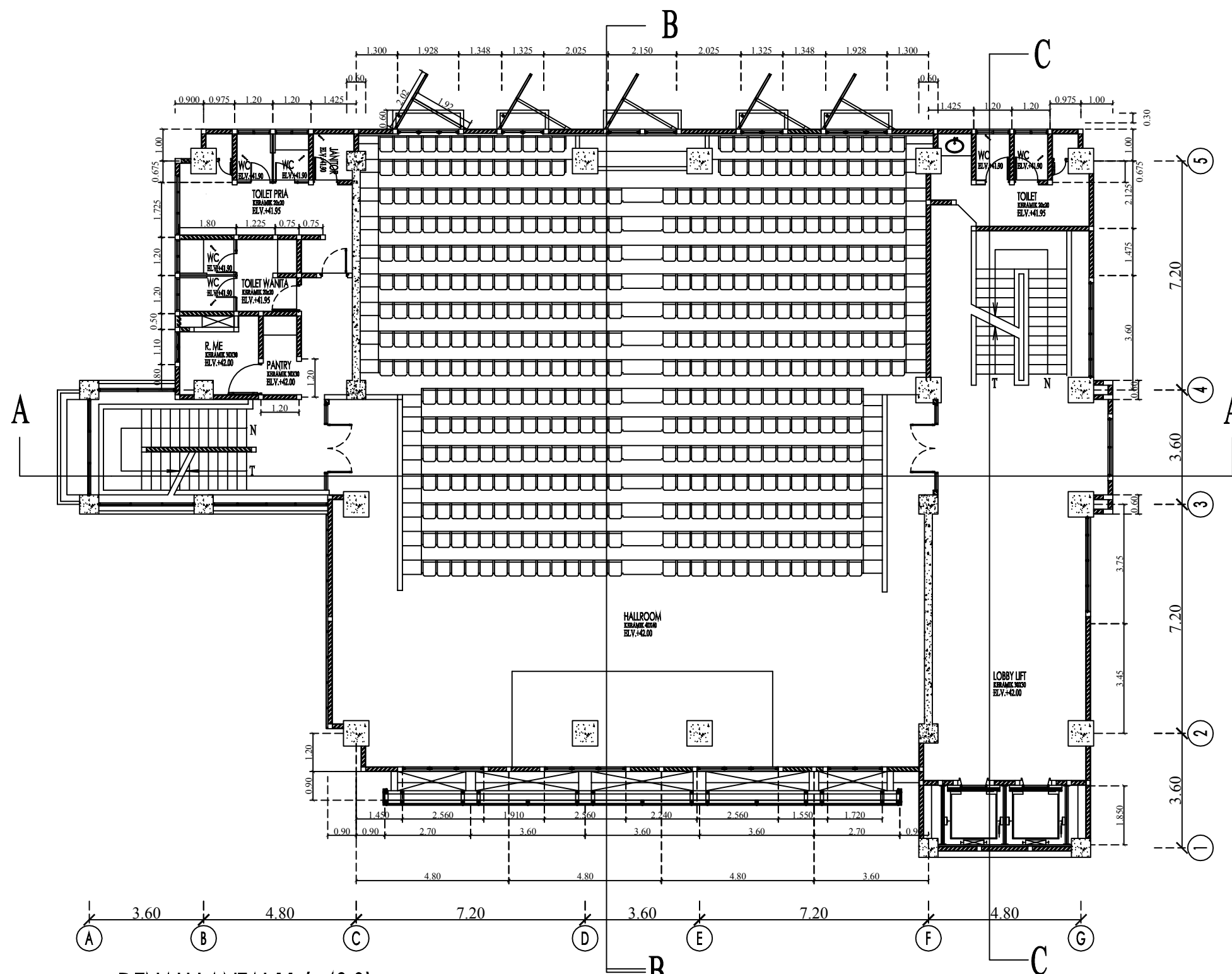
**11**

**SKALA**

**1 : 150**

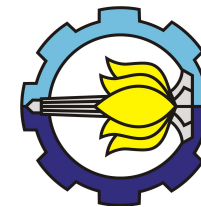
**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01  
 A.1 | 11  
**DENAH LANTAI 11 (+42,0)**  
 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR  
 BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI  
 SURABAYA MENGGUNAKAN  
 SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN  
 PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**TAMPAK TENGGARA**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**SKALA**

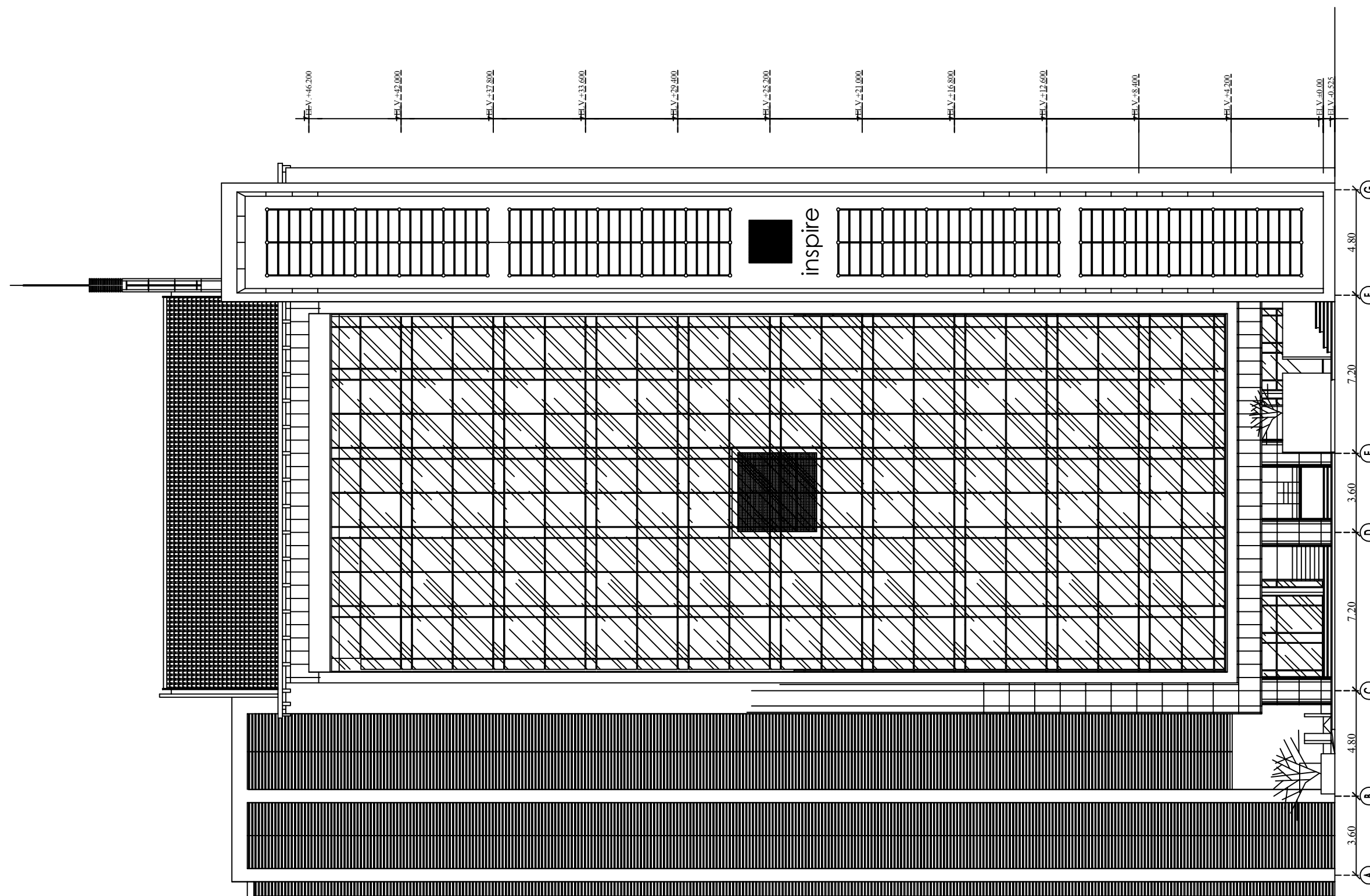
**1 : 200**

**NO. LEMBAR**

**12**

**JUMLAH LEMBAR**

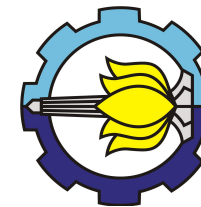
**69**



TAMPAK TENGGARA

1:200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR  
 BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI  
 SURABAYA MENGGUNAKAN  
 SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN  
 PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**TAMPAK BARAT LAUT**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**SKALA**

**1 : 200**

**NO. LEMBAR**

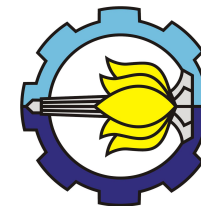
**13**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



TAMPAK BARAT LAUT  
 1:200  
 01  
 A2 | 13



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR  
 BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI  
 SURABAYA MENGGUNAKAN  
 SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN  
 PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D**  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

**Hisyam Ashfahani**  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**TAMPAK BARAT DAYA**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**SKALA**

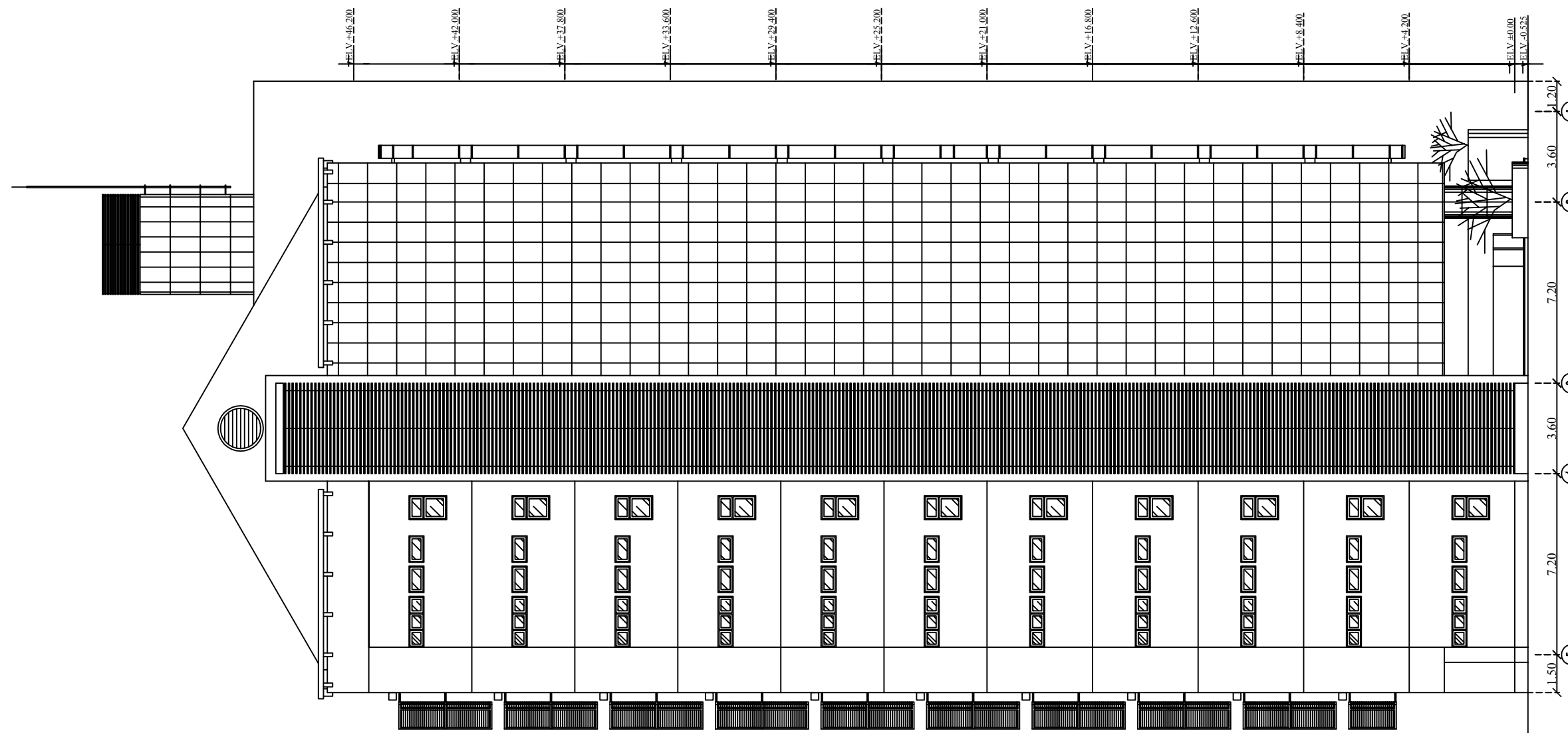
**1 : 200**

**NO. LEMBAR**

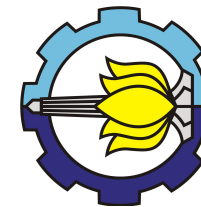
**14**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



**TAMPAK BARAT DAYA**  
 1:200  
 01  
 A.2 | 14



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR  
 BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI  
 SURABAYA MENGGUNAKAN  
 SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN  
 PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D**  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

**Hisyam Ashfahani**  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

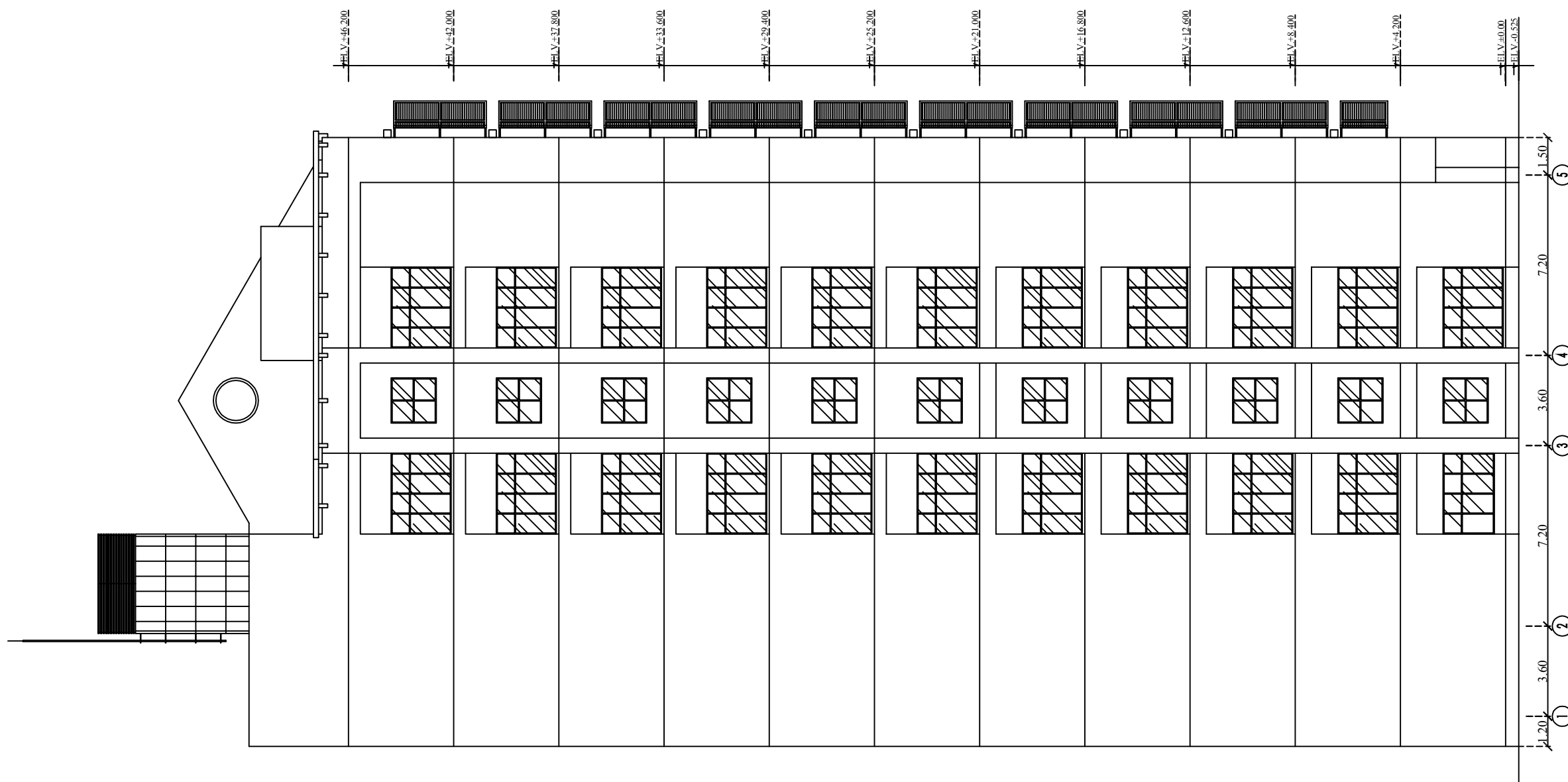
**TAMPAK TIMUR LAUT**

<b>KODE GAMBAR</b>	<b>SKALA</b>
--------------------	--------------

<b>ARS</b>	<b>1 : 200</b>
------------	----------------

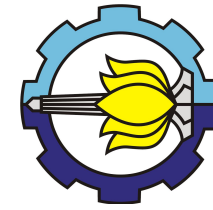
<b>NO. LEMBAR</b>	<b>JUMLAH LEMBAR</b>
-------------------	----------------------

<b>15</b>	<b>69</b>
-----------	-----------



**TAMPAK TIMUR LAUT**  
 1:200  
 01  
 A2 15





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D**  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

**Hisyam Ashfahani**  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**POTONGAN A-A**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**SKALA**

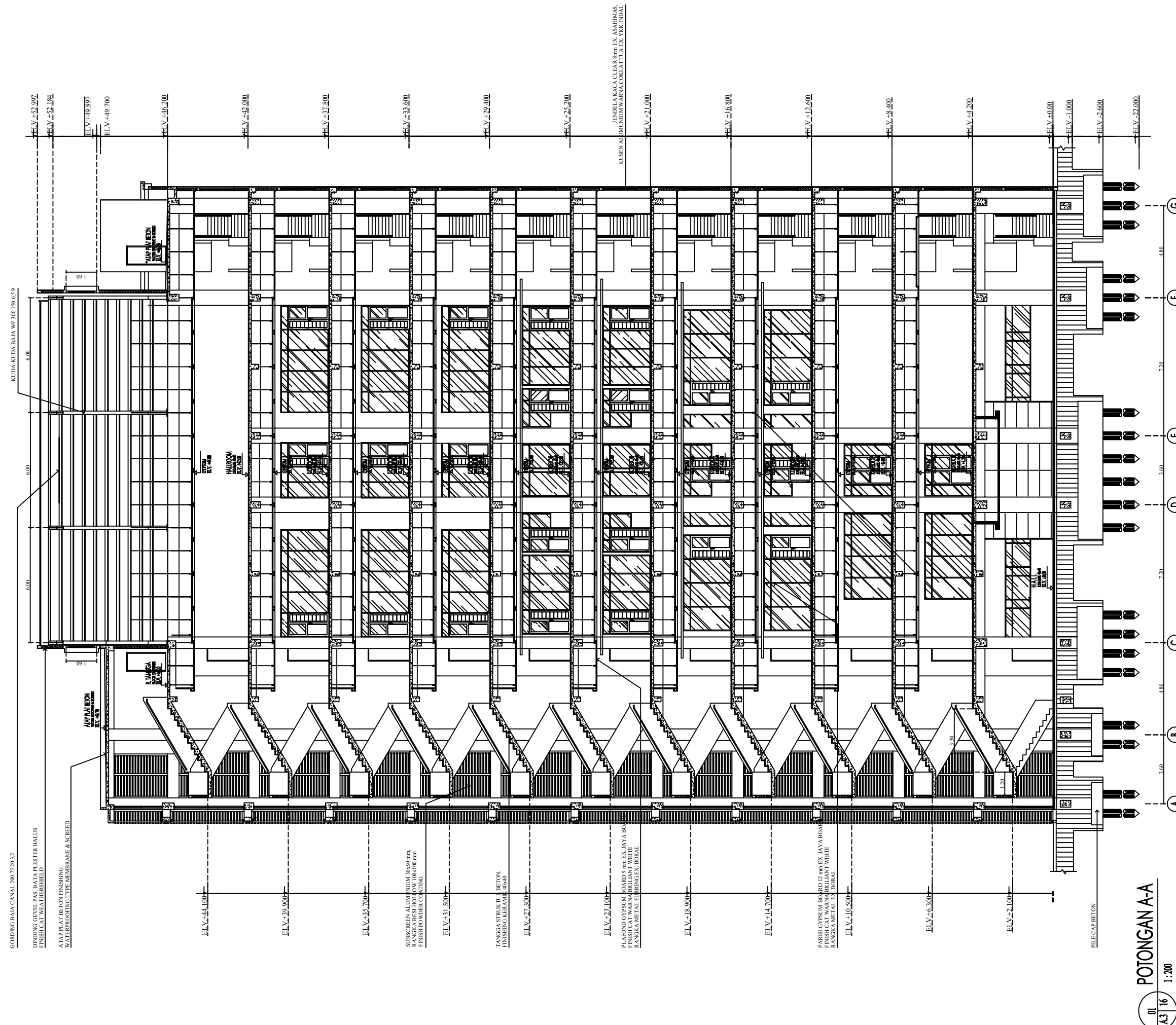
**1 : 200**

**NO. LEMBAR**

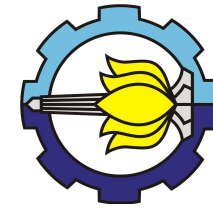
**16**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



**POTONGAN A-A**  
 1:200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

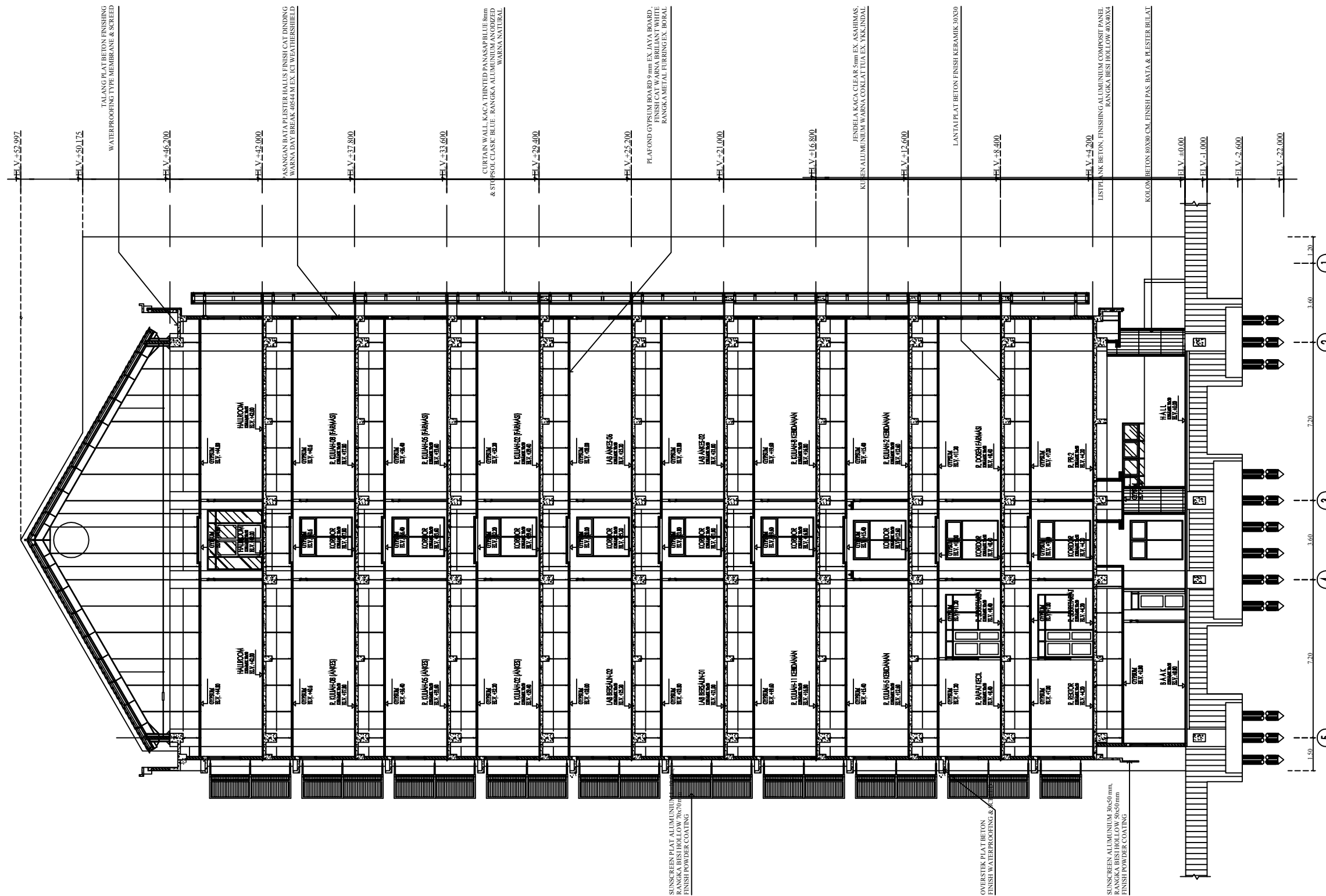
**POTONGAN B-B**

**KODE GAMBAR**      **SKALA**

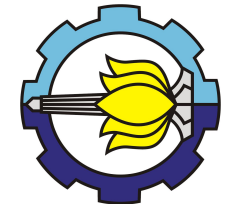
**ARS**                      **1 : 200**

**NO. LEMBAR**        **JUMLAH LEMBAR**

**17**                        **69**



**POTONGAN B-B**  
 01  
 A3 | 17  
 1:200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**POTONGAN C-C**

**KODE GAMBAR**

**SKALA**

**ARS**

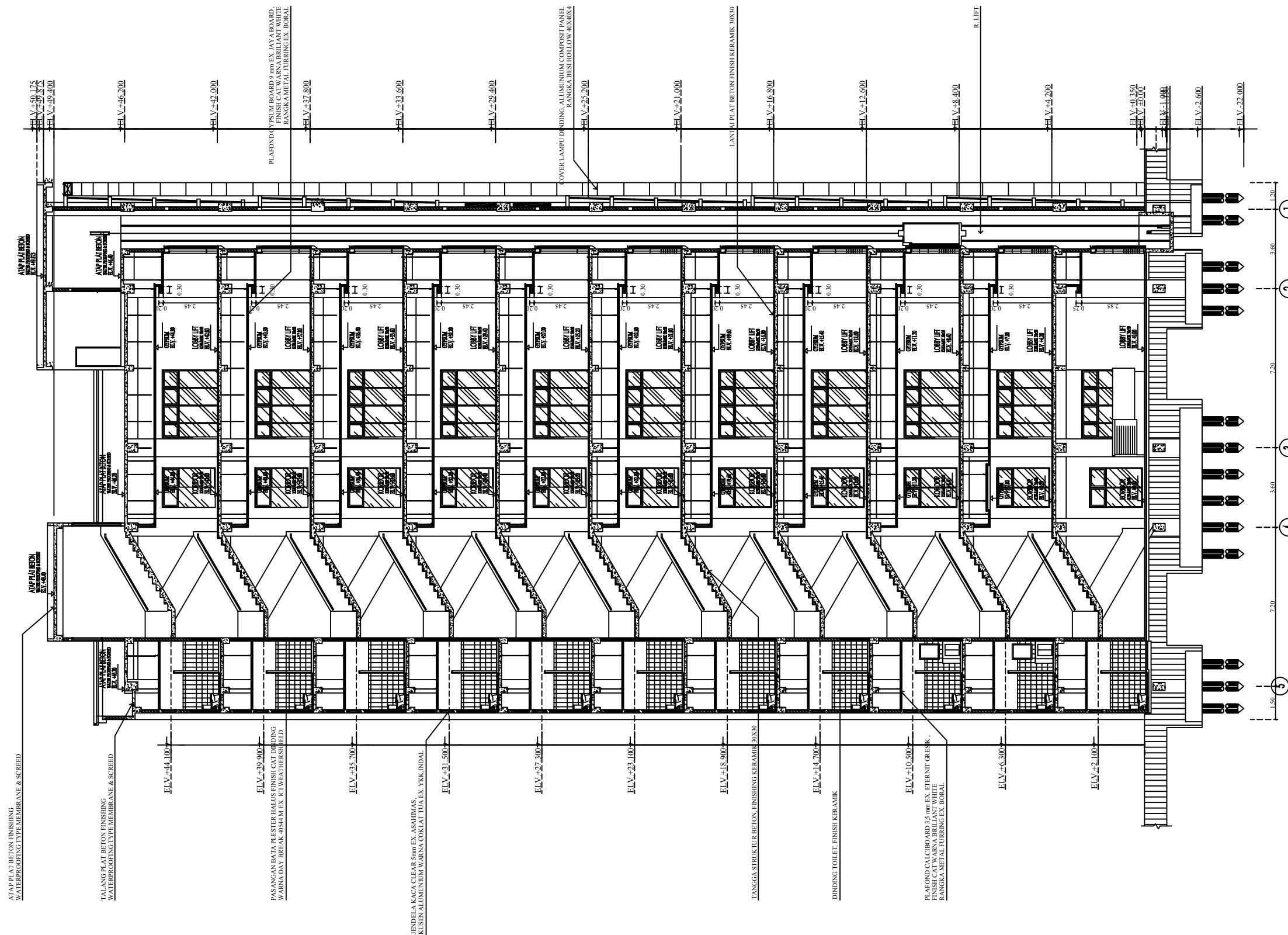
**1 : 200**

**NO. LEMBAR**

**JUMLAH LEMBAR**

**18**

**69**



**POTONGAN C-C**  
 1:200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DETAIL TANGGA 1**

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

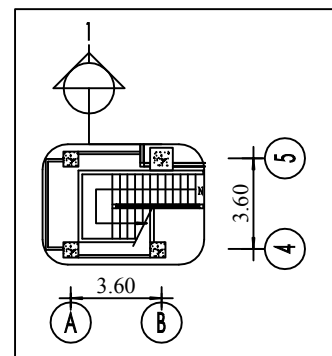
-

NO. LEMBAR

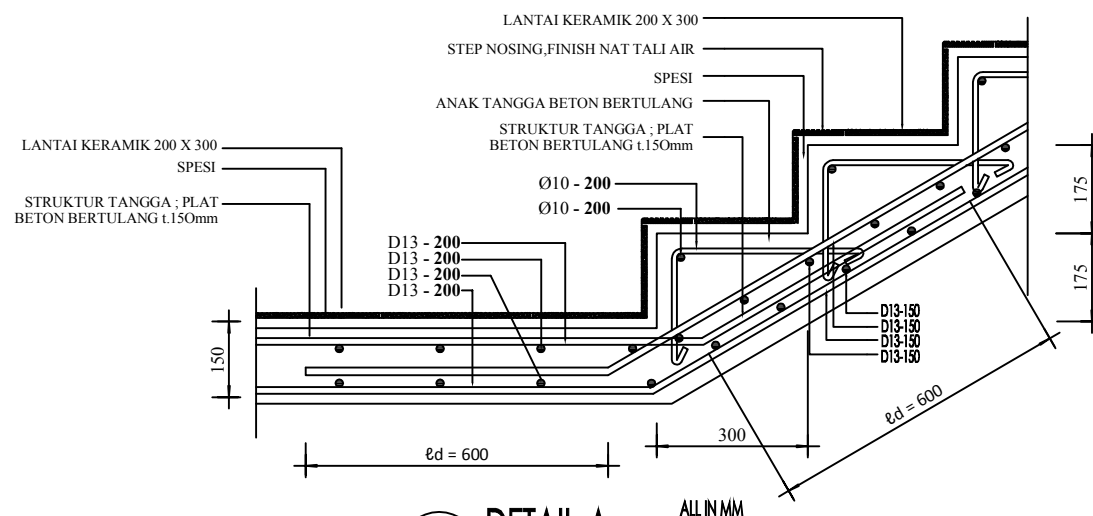
JUMLAH LEMBAR

**19**

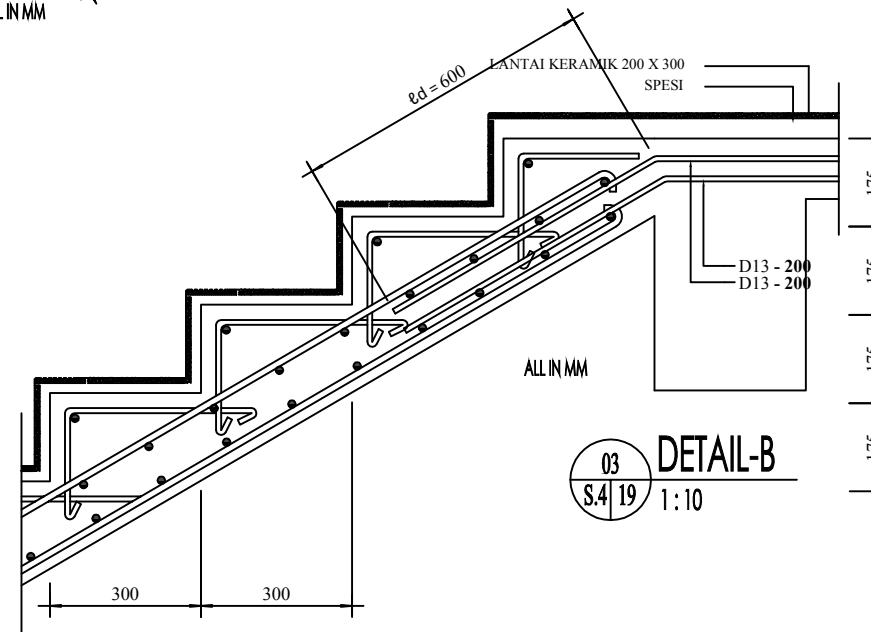
**69**



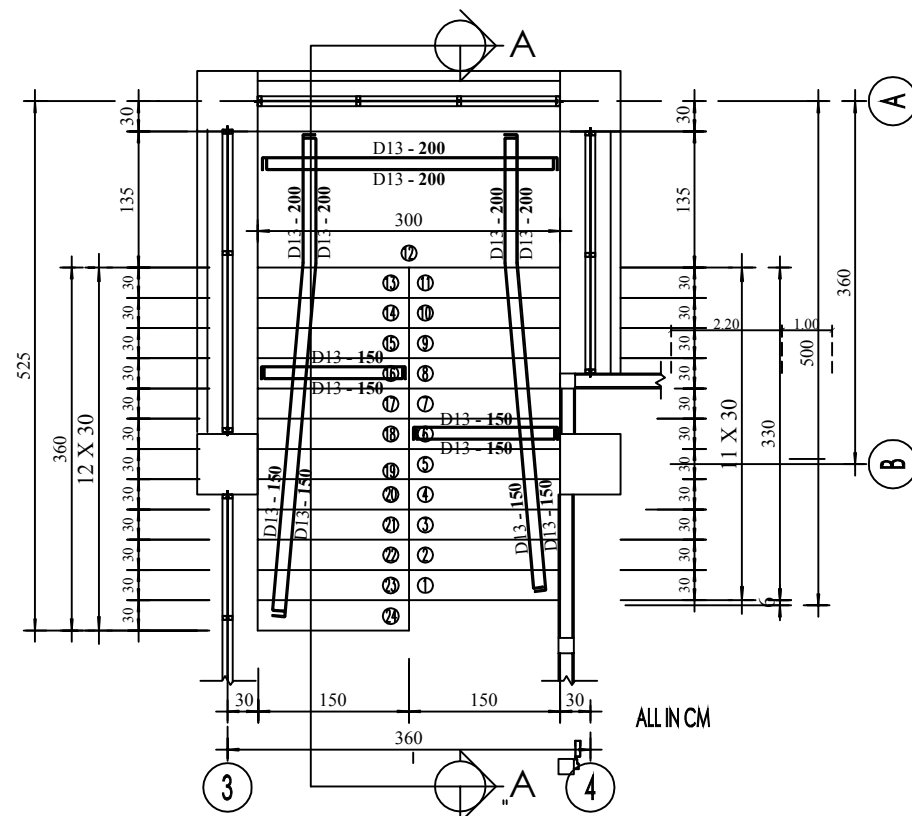
01 KEYPLAN TANGGA 1  
 S.4 | 19 1:200



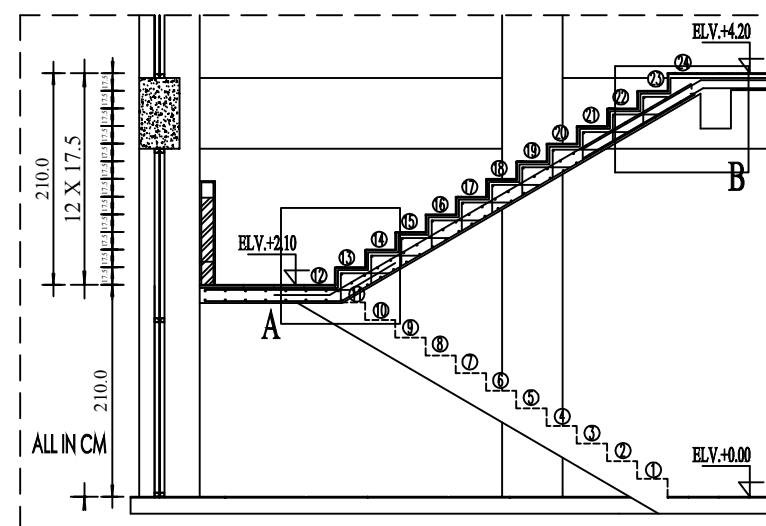
02 DETAIL-A  
 S.4 | 19 1:10



03 DETAIL-B  
 S.4 | 19 1:10



05 RENCANA PENULANGAN TANGGA 1  
 (ELV. +0,00 s/d ELV. +42,00)  
 S.4 | 19 1:50



06 POTONGAN A - RENCANA PENULANGAN TANGGA 1  
 S.4 | 19 1:50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DETAIL TANGGA 2**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

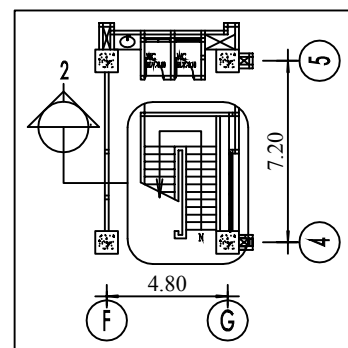
-

**NO. LEMBAR**

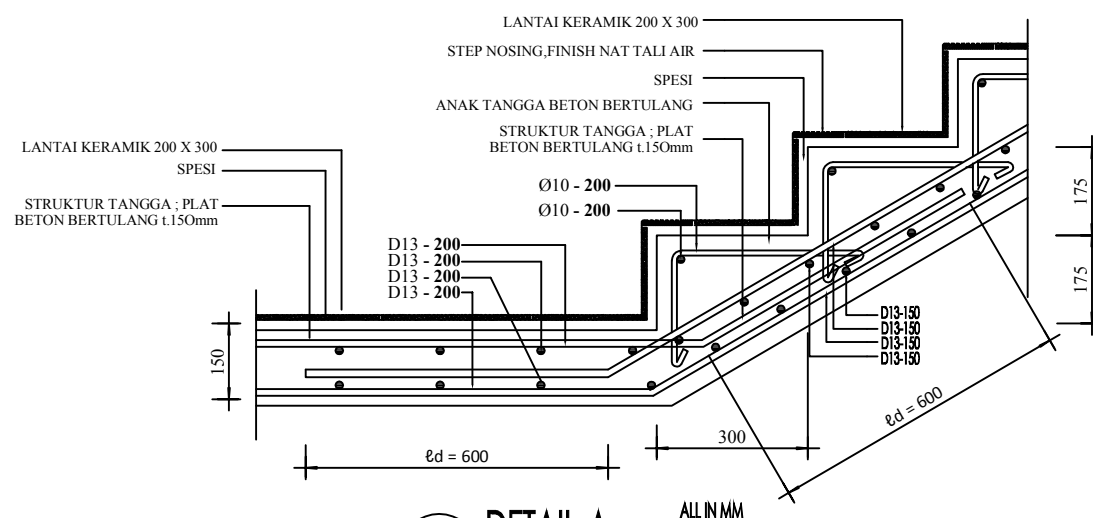
**20**

**JUMLAH LEMBAR**

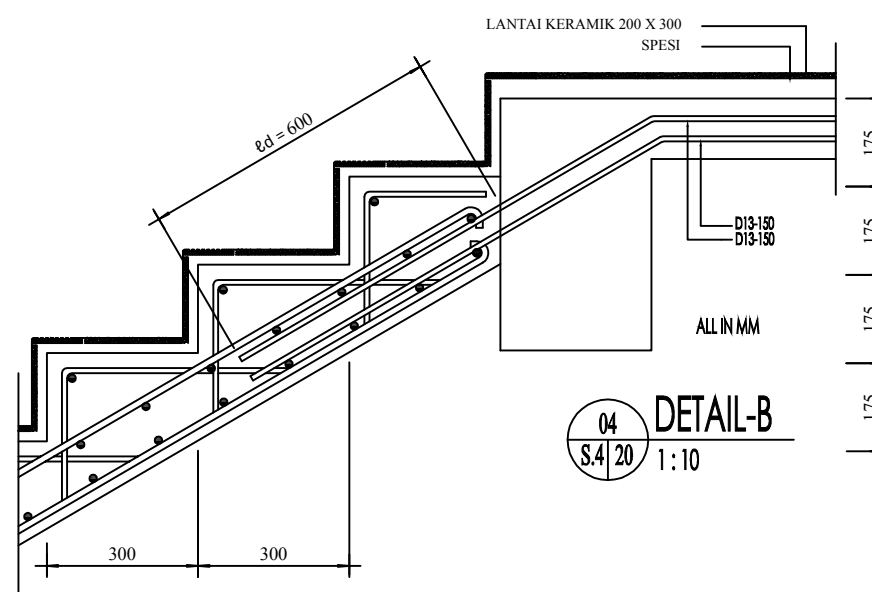
**69**



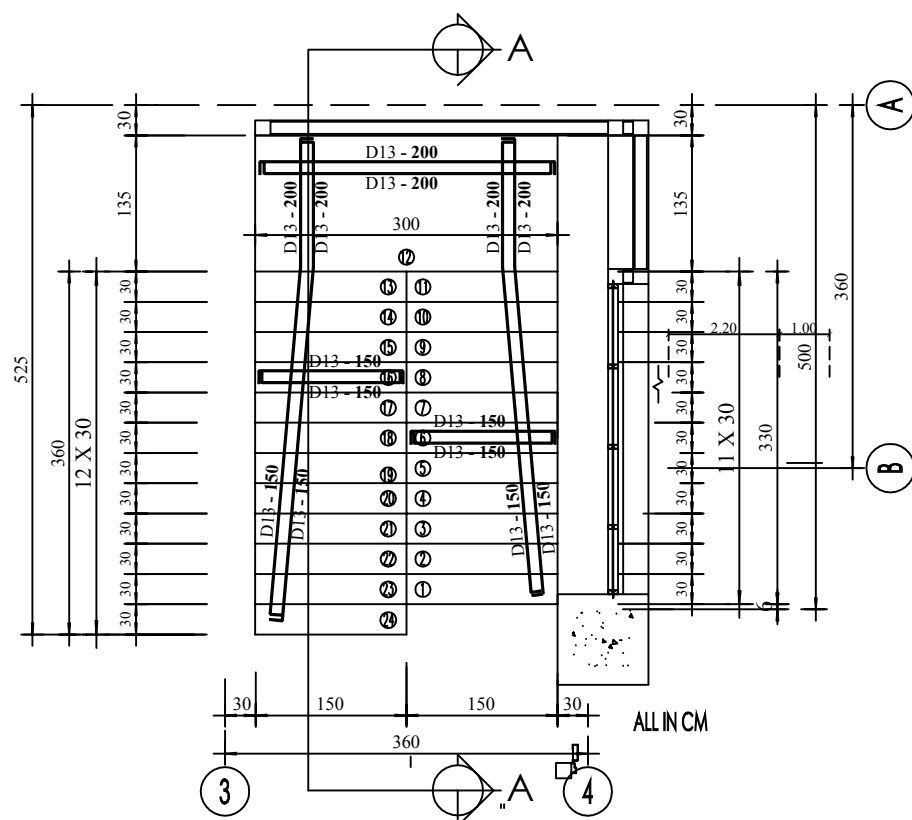
01 KEYPLAN TANGGA 2  
 S.4/20 1:200



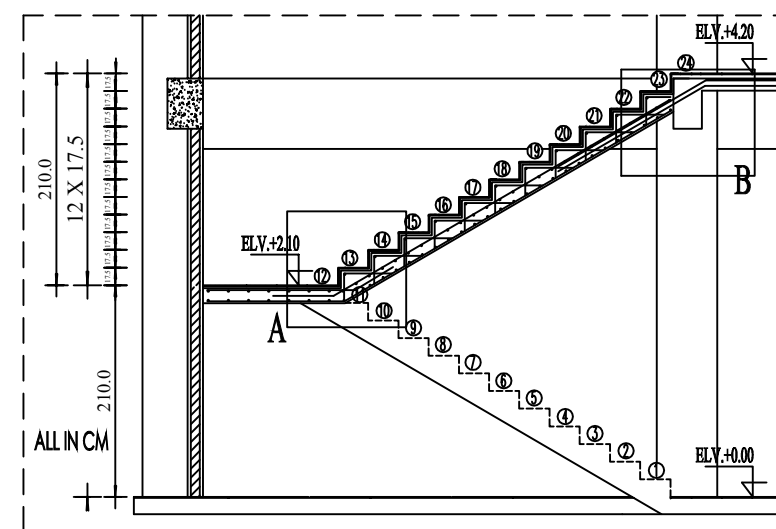
02 DETAIL-A  
 S.4/19 1:10



04 DETAIL-B  
 S.4/20 1:10



05 RENCANA PENULANGAN TANGGA 2  
 (ELV. +0,00 s/d ELV. +42,00)  
 S.4/20 1:50



06 POTONGAN A - RENCANA PENULANGAN TANGGA 2  
 S.4/20 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**RENCANA BALOK LT. 2 - LT. 11**  
 (+4,2 s/d +42,0)

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

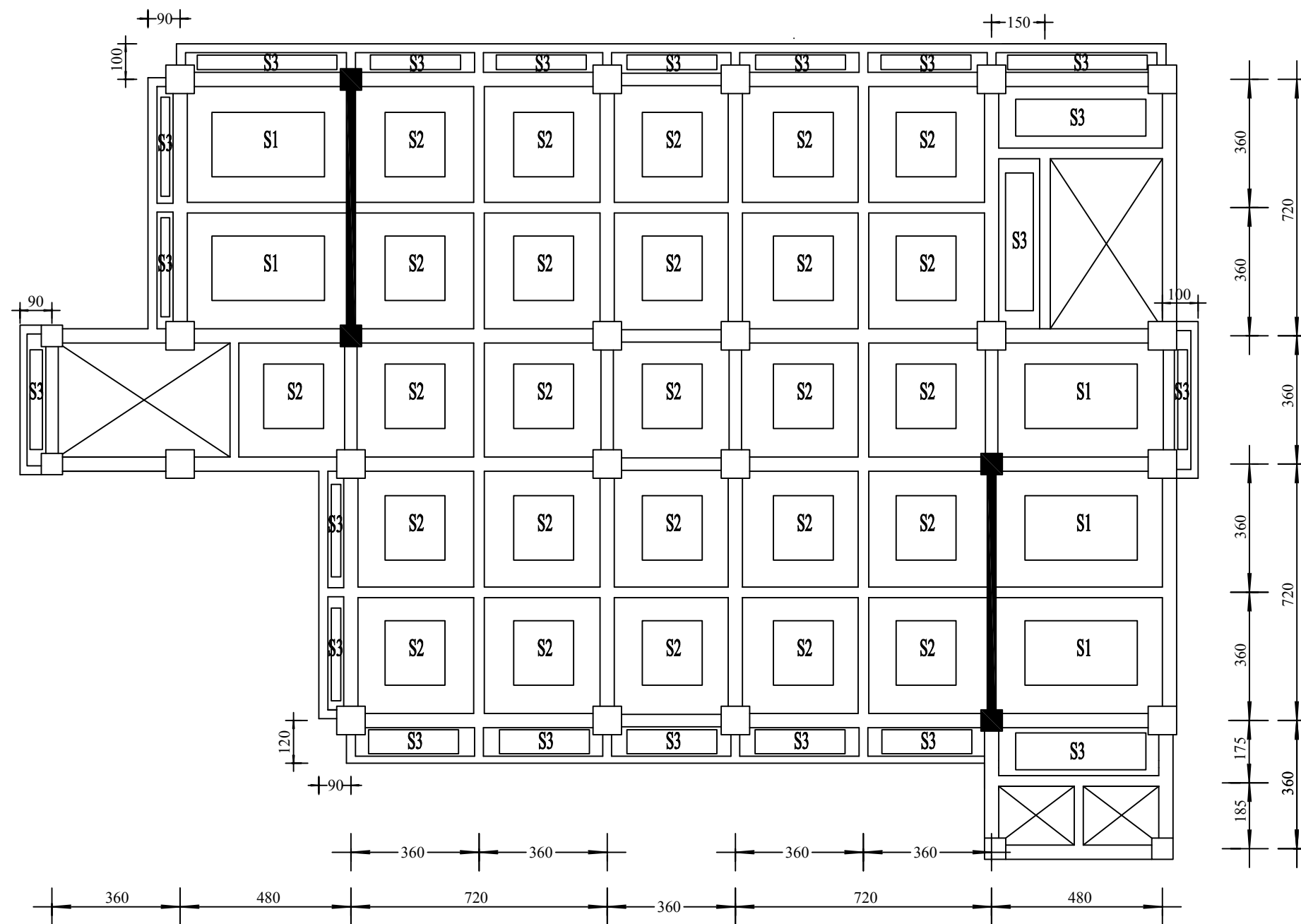
**1 : 150**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**21**

**69**



01  
 S.5 | 21  
**RENCANA PLAT LT. 2 - LT. 10 (ELV.+4,20 s/d +37,80)**  
 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**RENCANA BALOK LT. 2 - LT. 11  
 (+4,2 s/d +42,0)**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

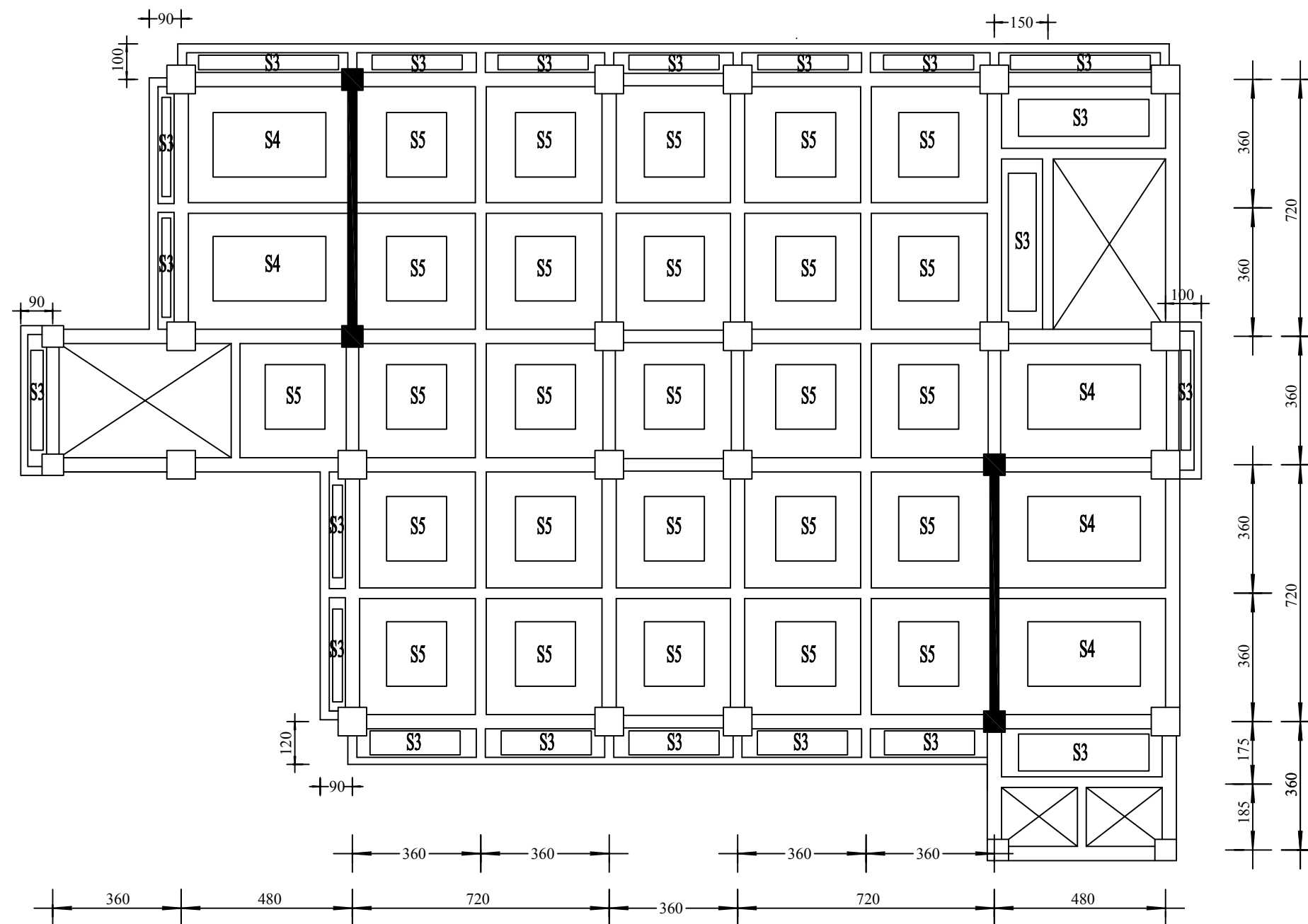
**22**

**SKALA**

**1 : 150**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01  
 S.5 22  
**RENCANA PLAT LT. 11 (ELV.+42,0)**  
 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

RENCANA BALOK LT. ATAP (+46,2)

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

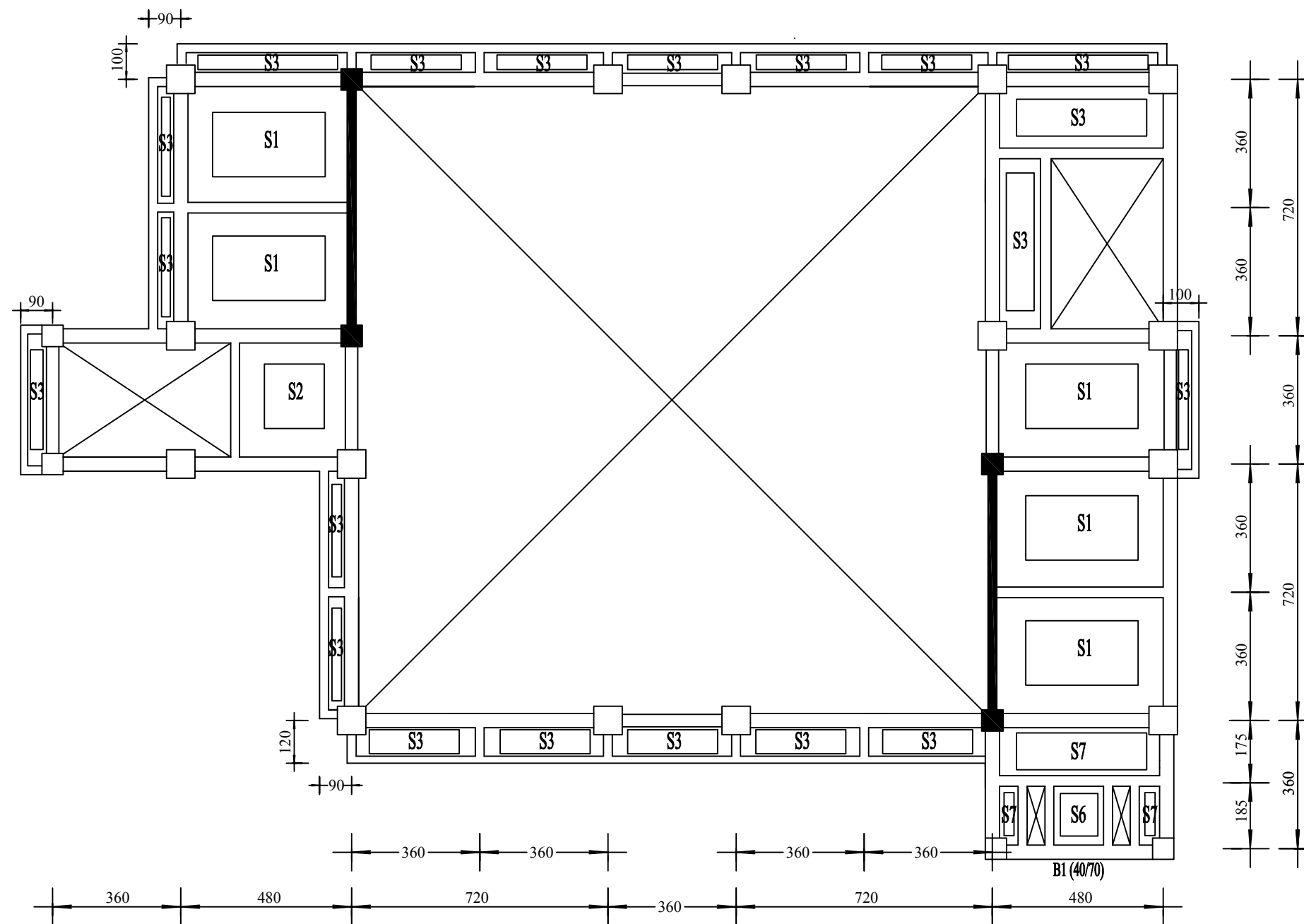
**1 : 150**

**NO. LEMBAR**

**23**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01  
 S.5 | 23  
**RENCANA PLAT LT. ATAP (ELV.+46,2)**  
 1:150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S1

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

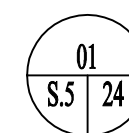
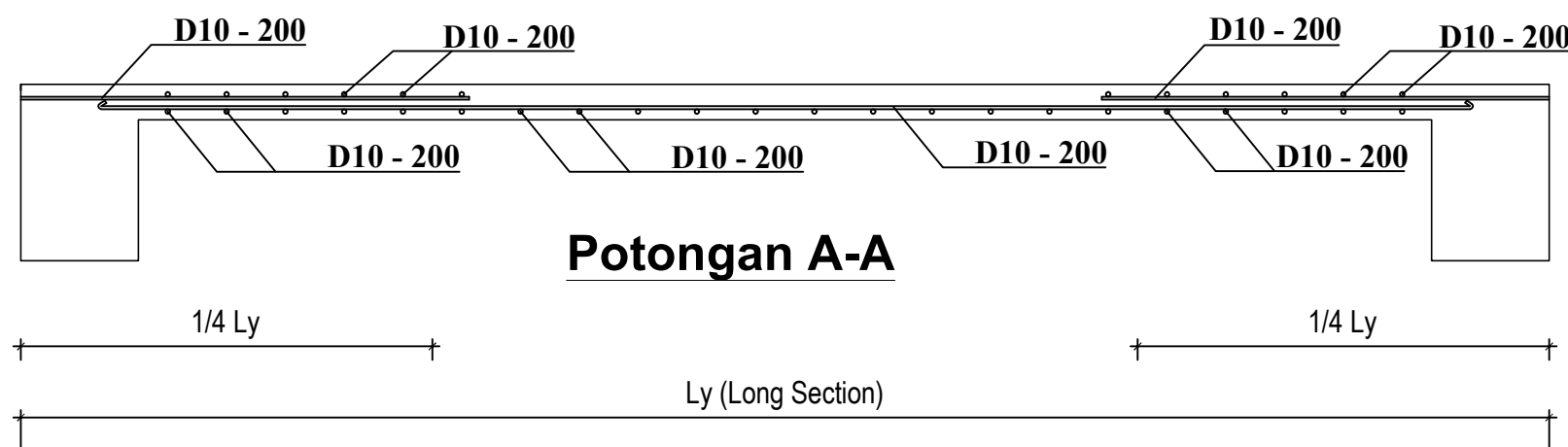
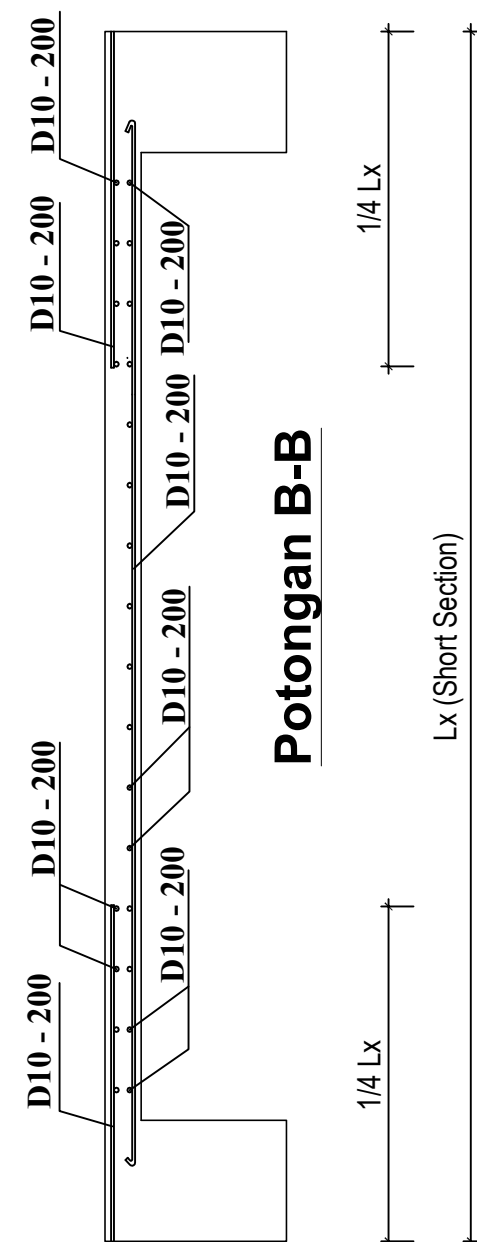
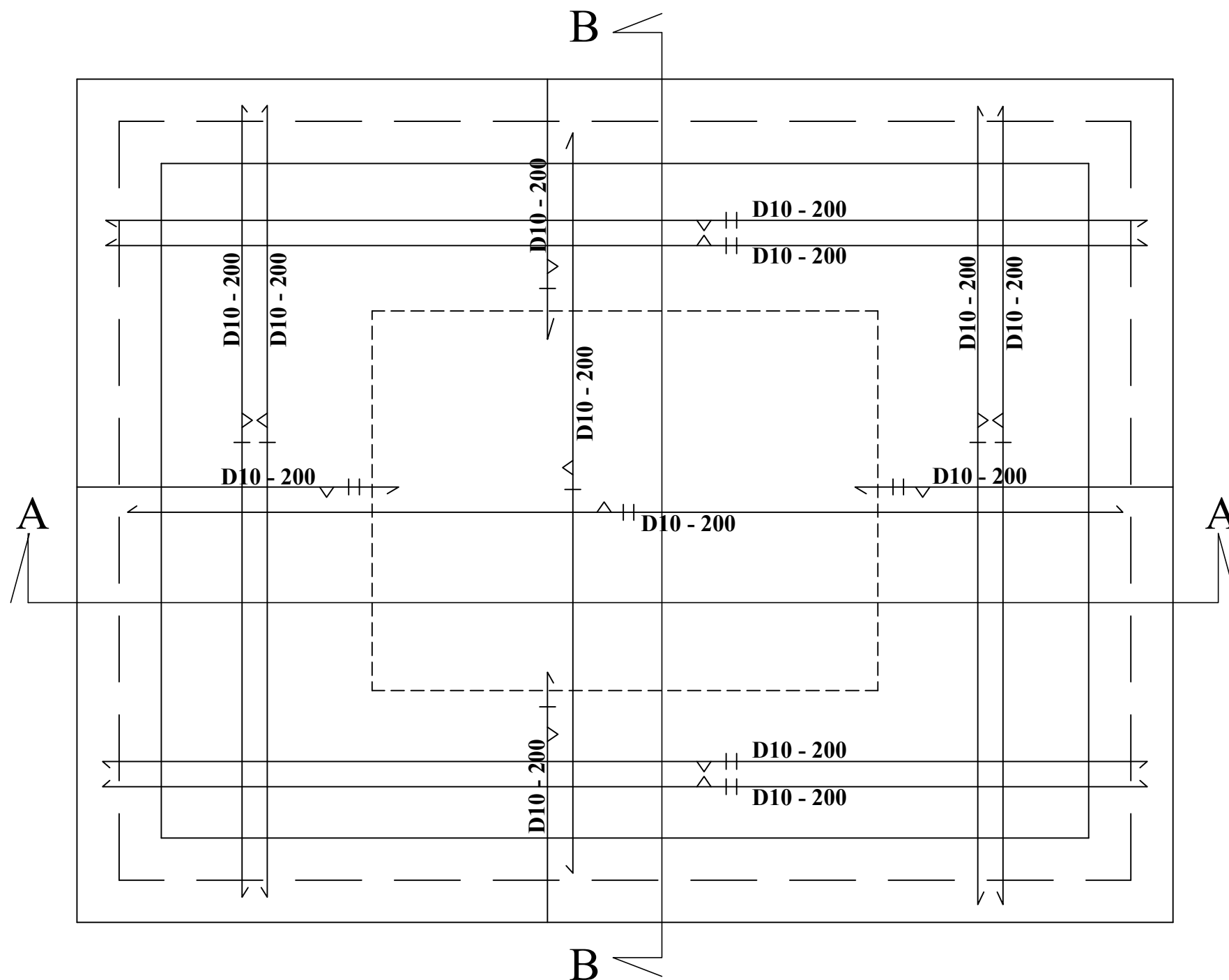
**1 : 50**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**24**

**69**



DETAIL PLAT S1 (T = 120)

1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S2

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

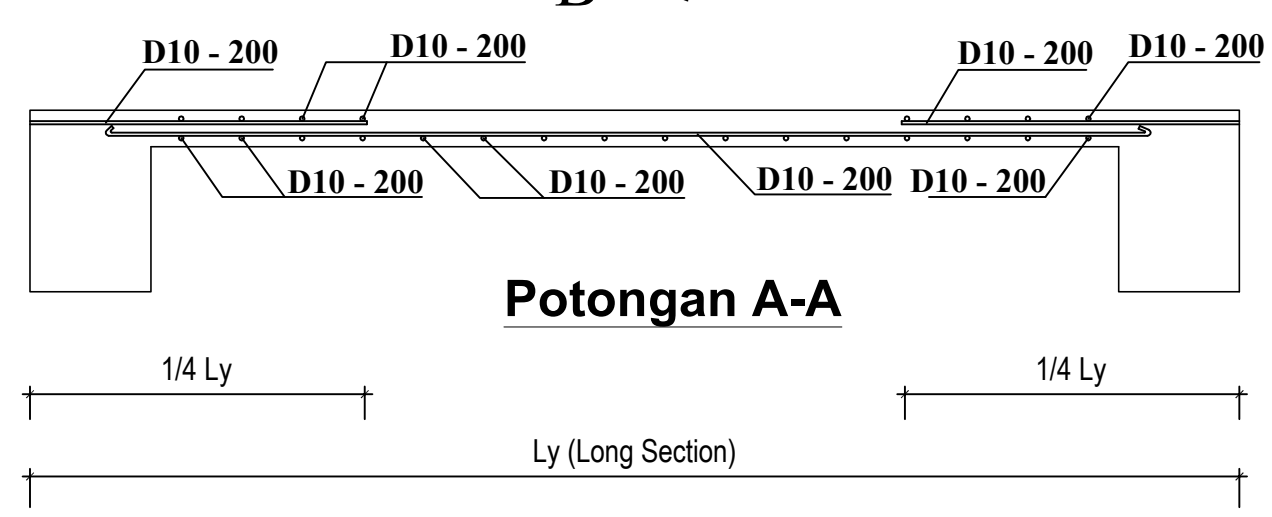
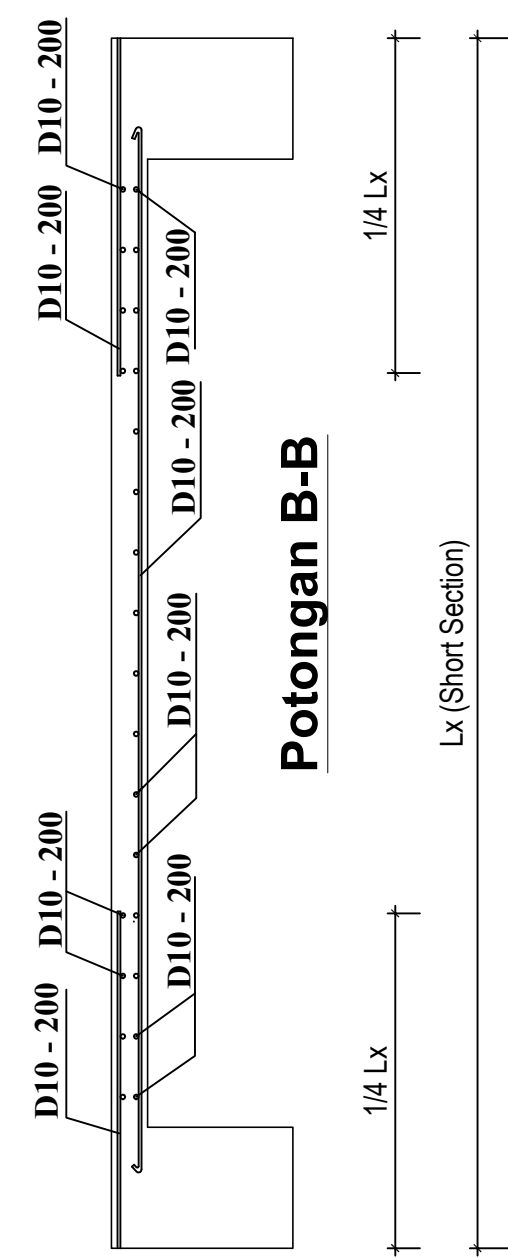
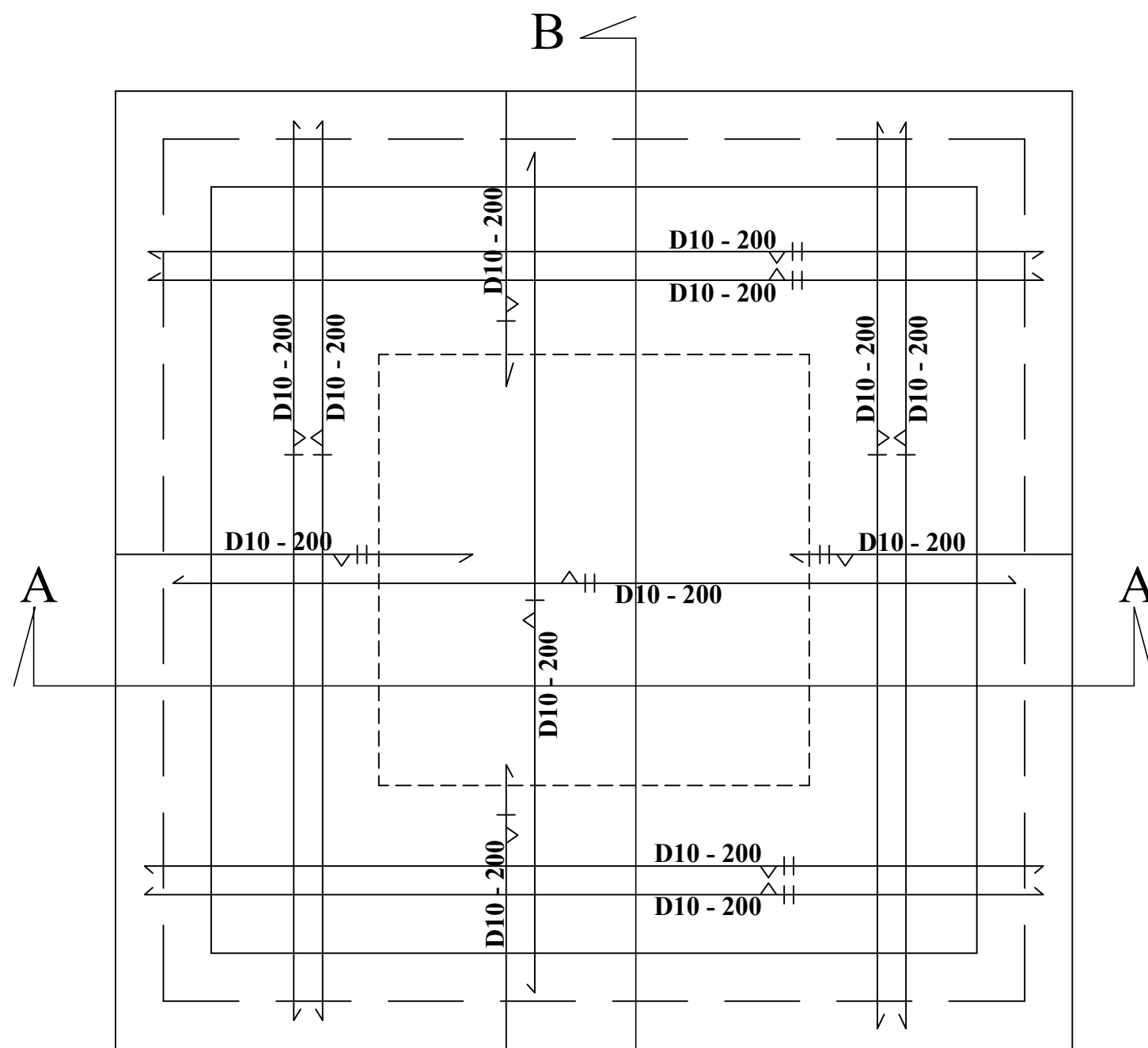
**1 : 50**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**25**

**69**



02  
 S.5 | 25  
**DETAIL PLAT S2 (T = 120)**  
 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S3

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

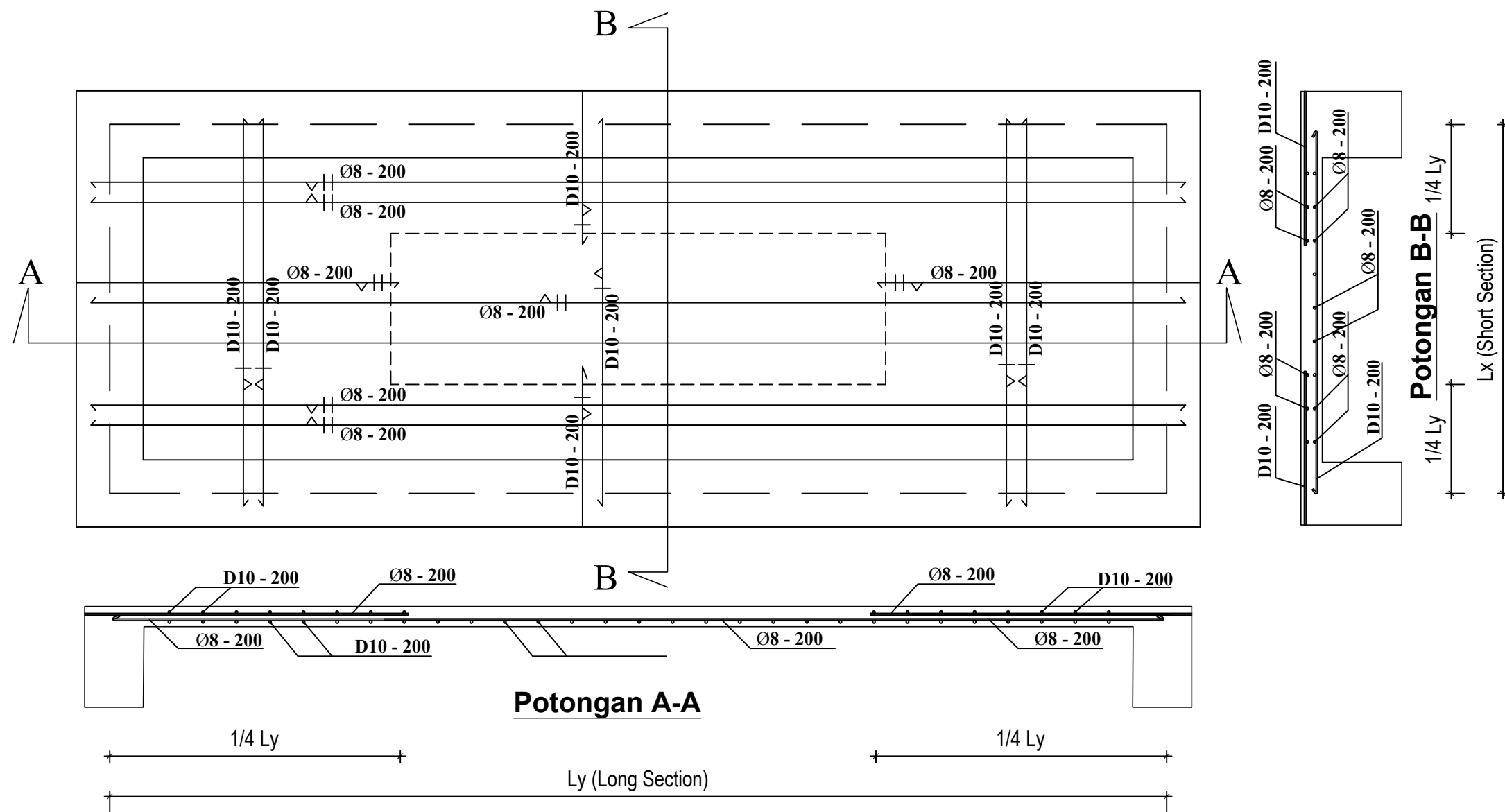
**26**

**SKALA**

**1 : 50**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



03  
 S.5 26  
 1:50  
**DETAIL PLAT S3 (T = 120)**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S4

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

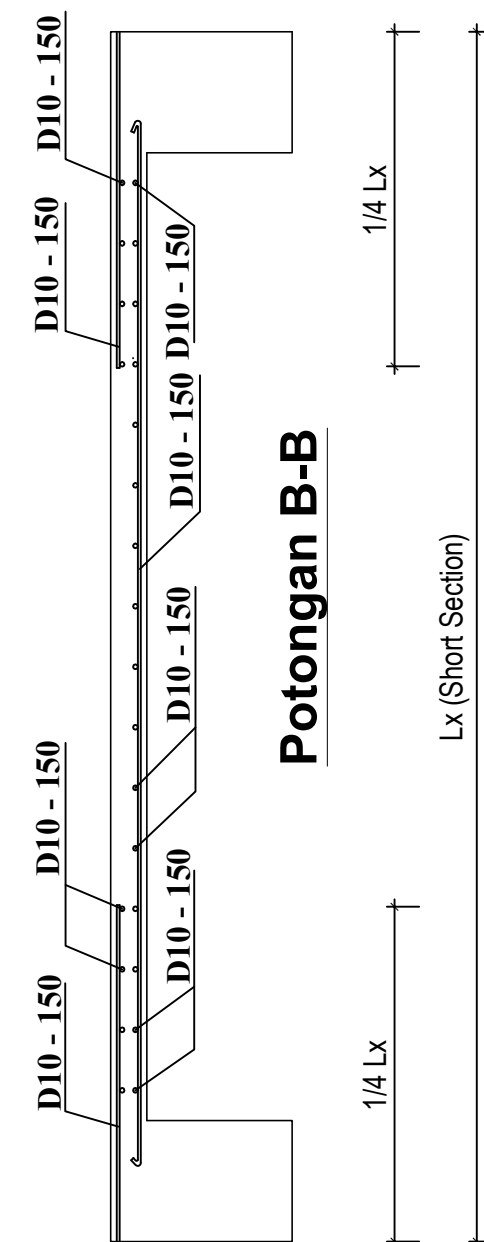
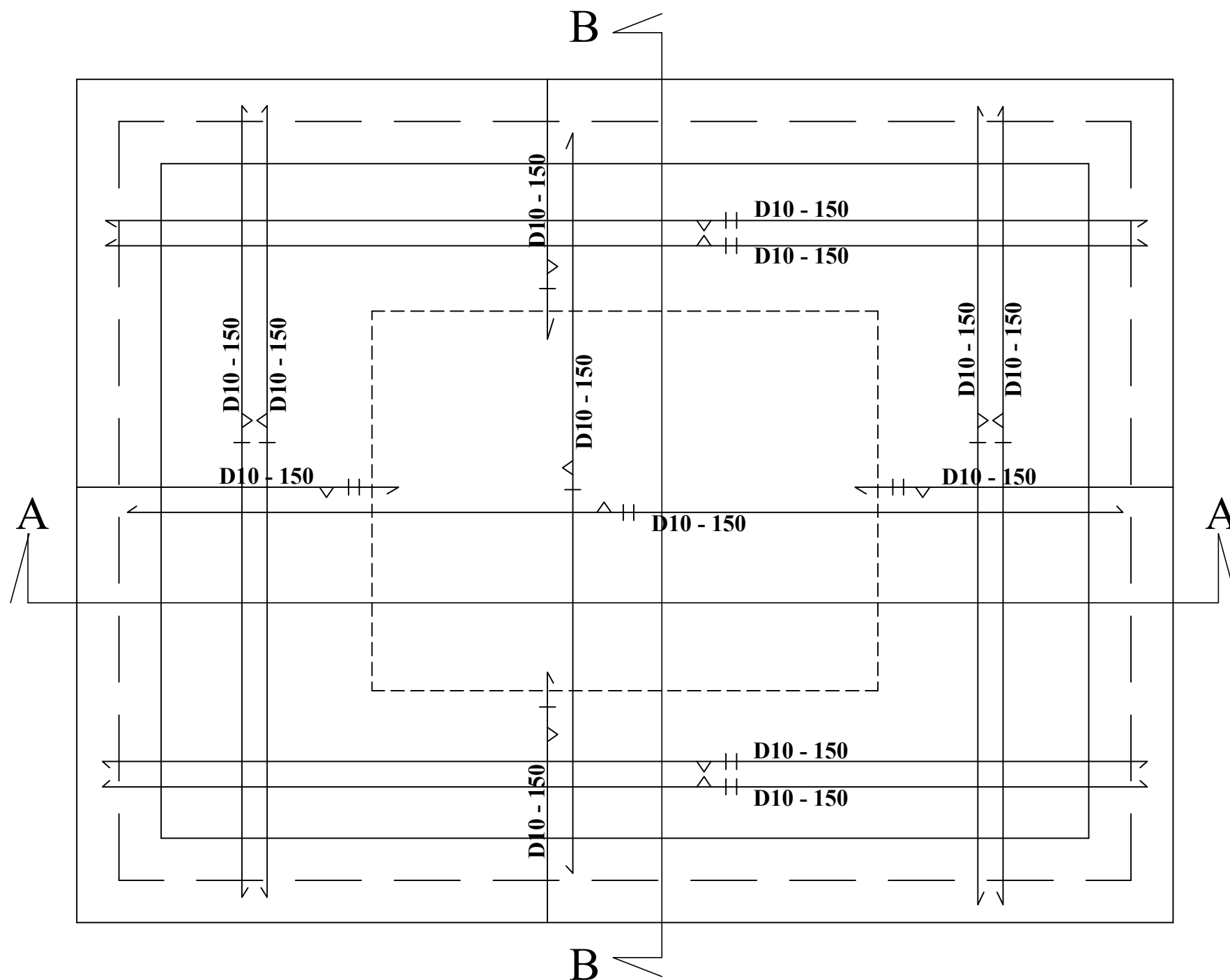
**1 : 50**

NO. LEMBAR

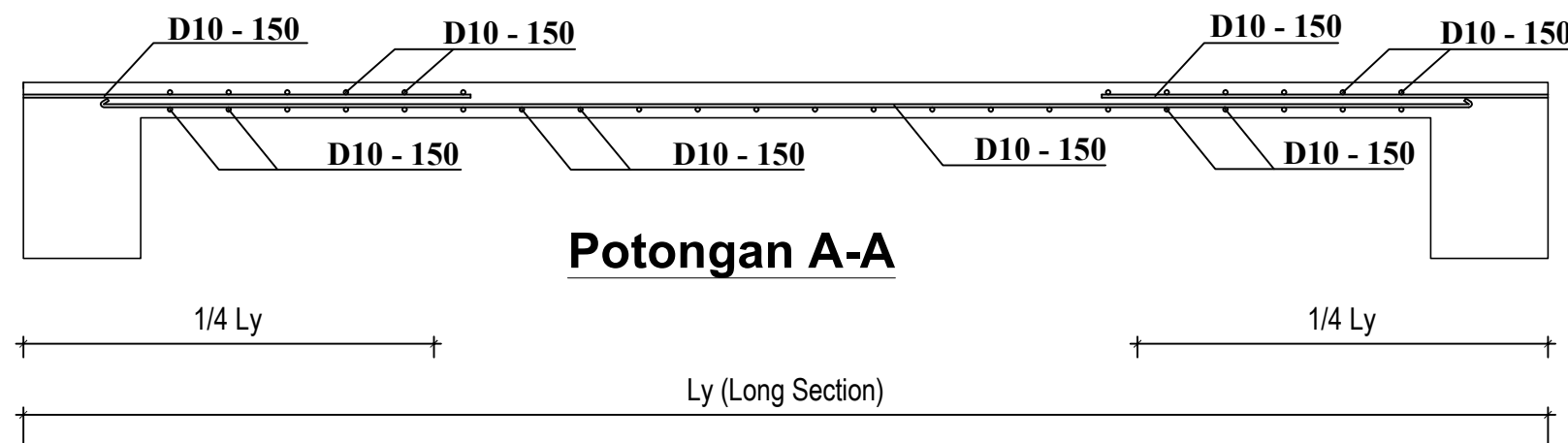
JUMLAH LEMBAR

**27**

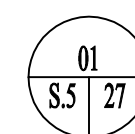
**69**



**Potongan B-B**



**Potongan A-A**



**DETAIL PLAT S4 (T = 120)**

1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S5

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

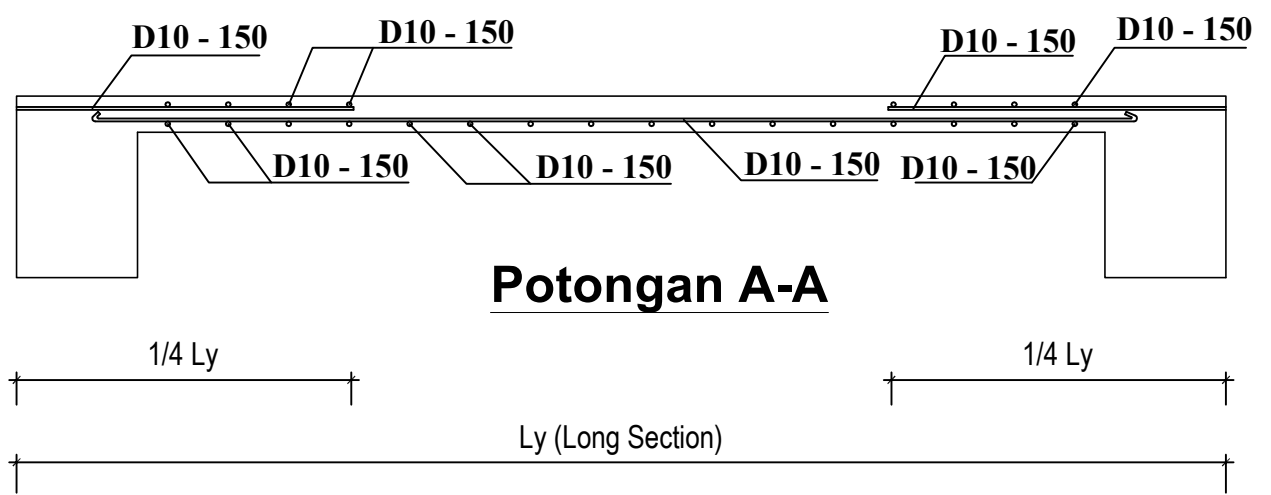
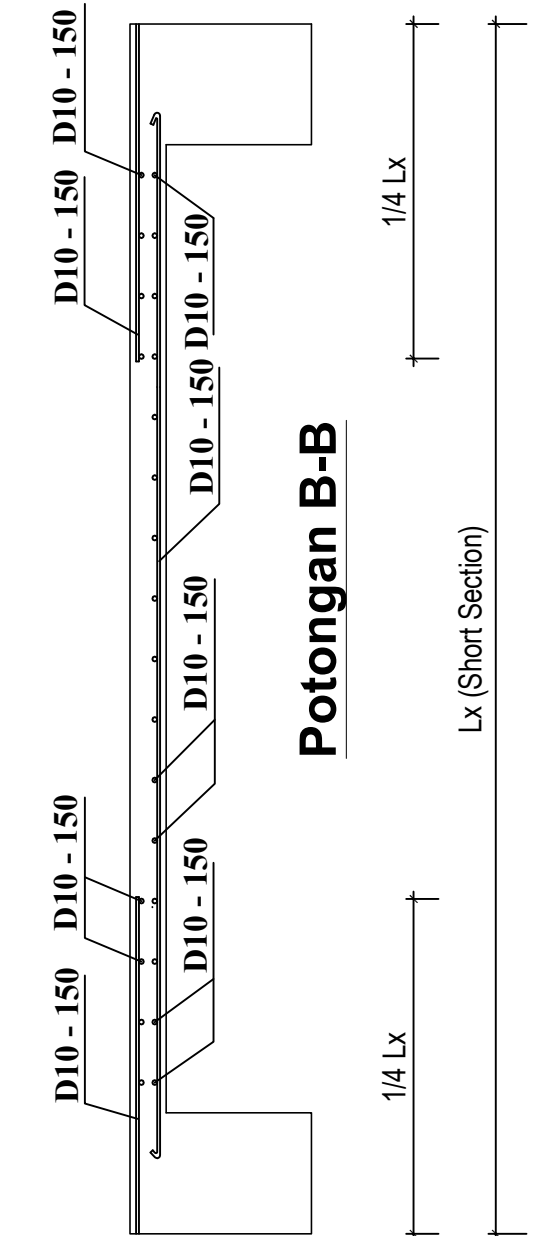
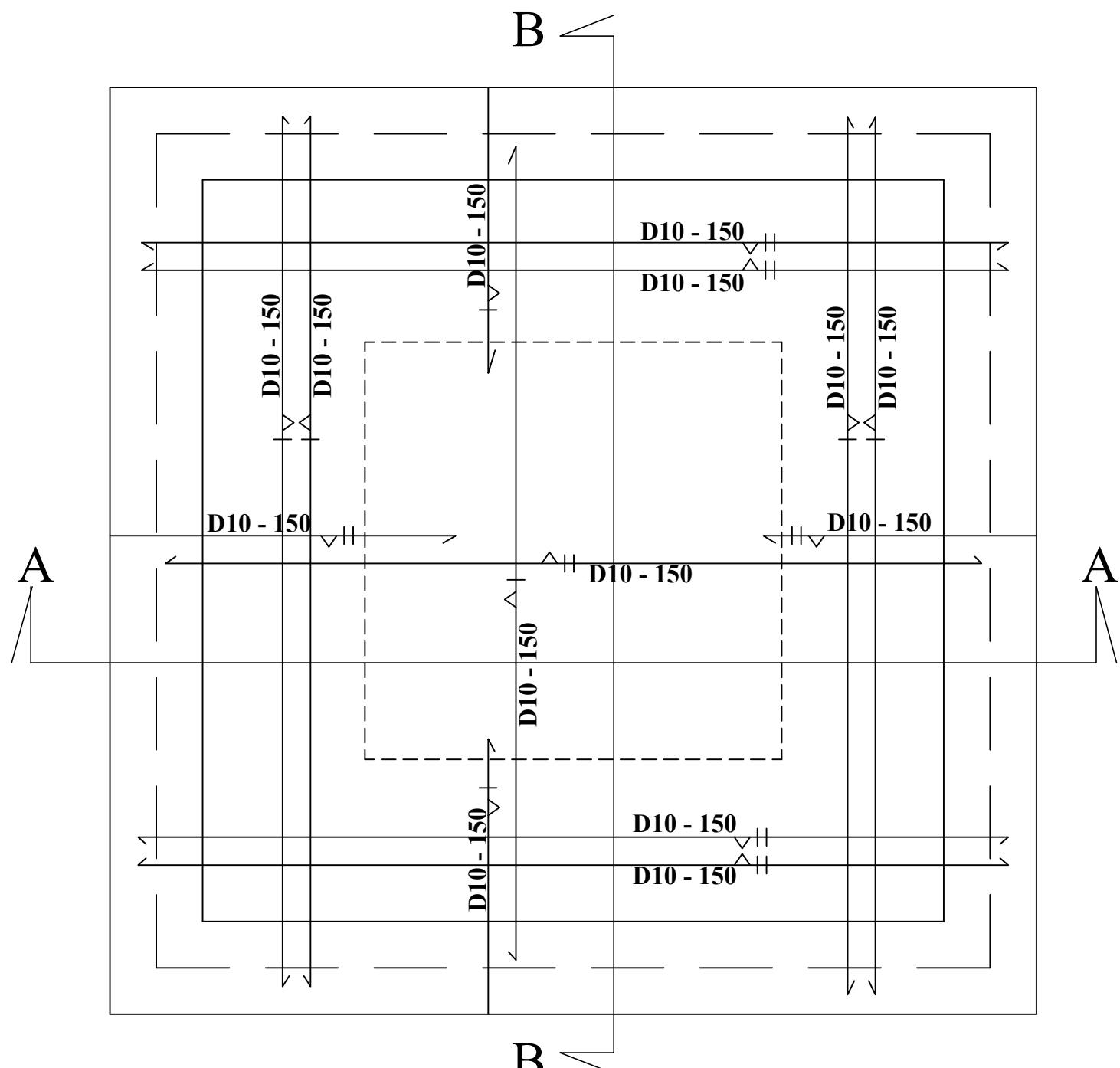
**1 : 50**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**28**

**69**



02  
 S.5 | 28  
 1 : 50  
**DETAIL PLAT S5 (T = 120)**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S6

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

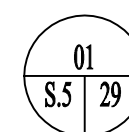
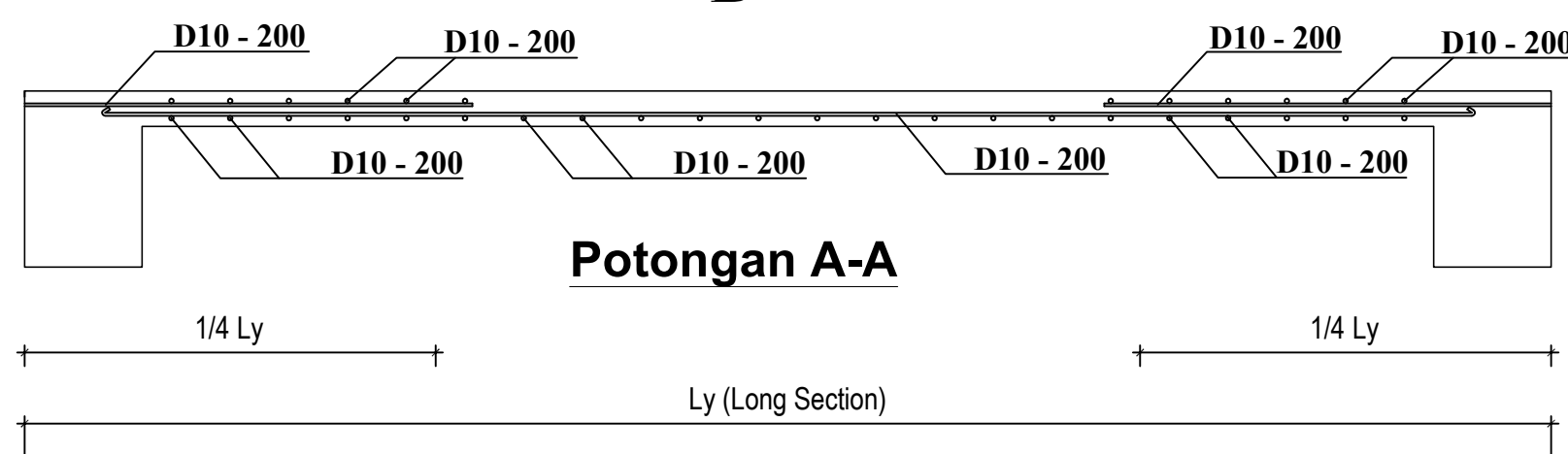
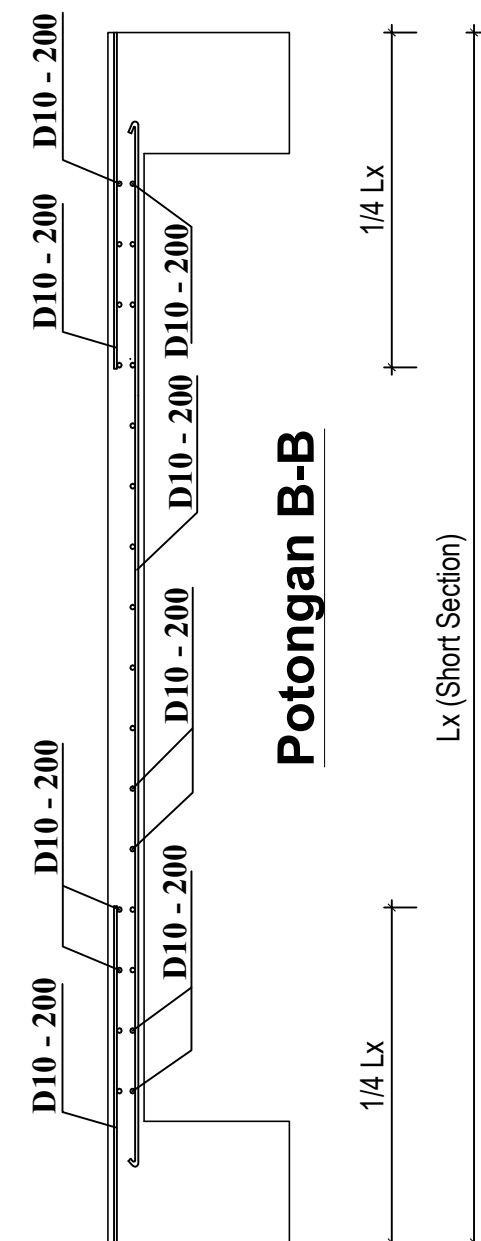
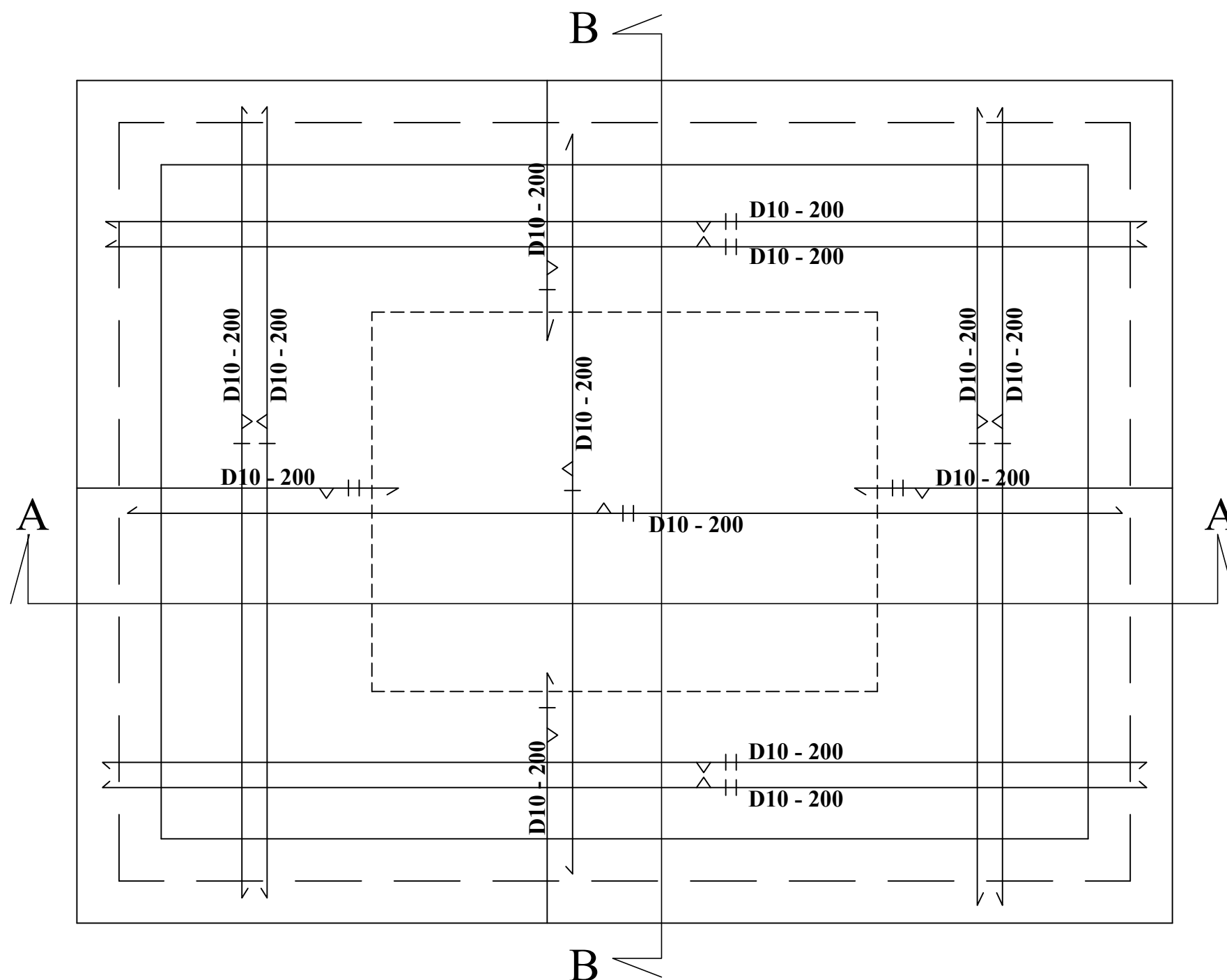
**1 : 50**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**29**

**69**



**DETAIL PLAT S6 (T = 150)**

1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PLAT S7

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

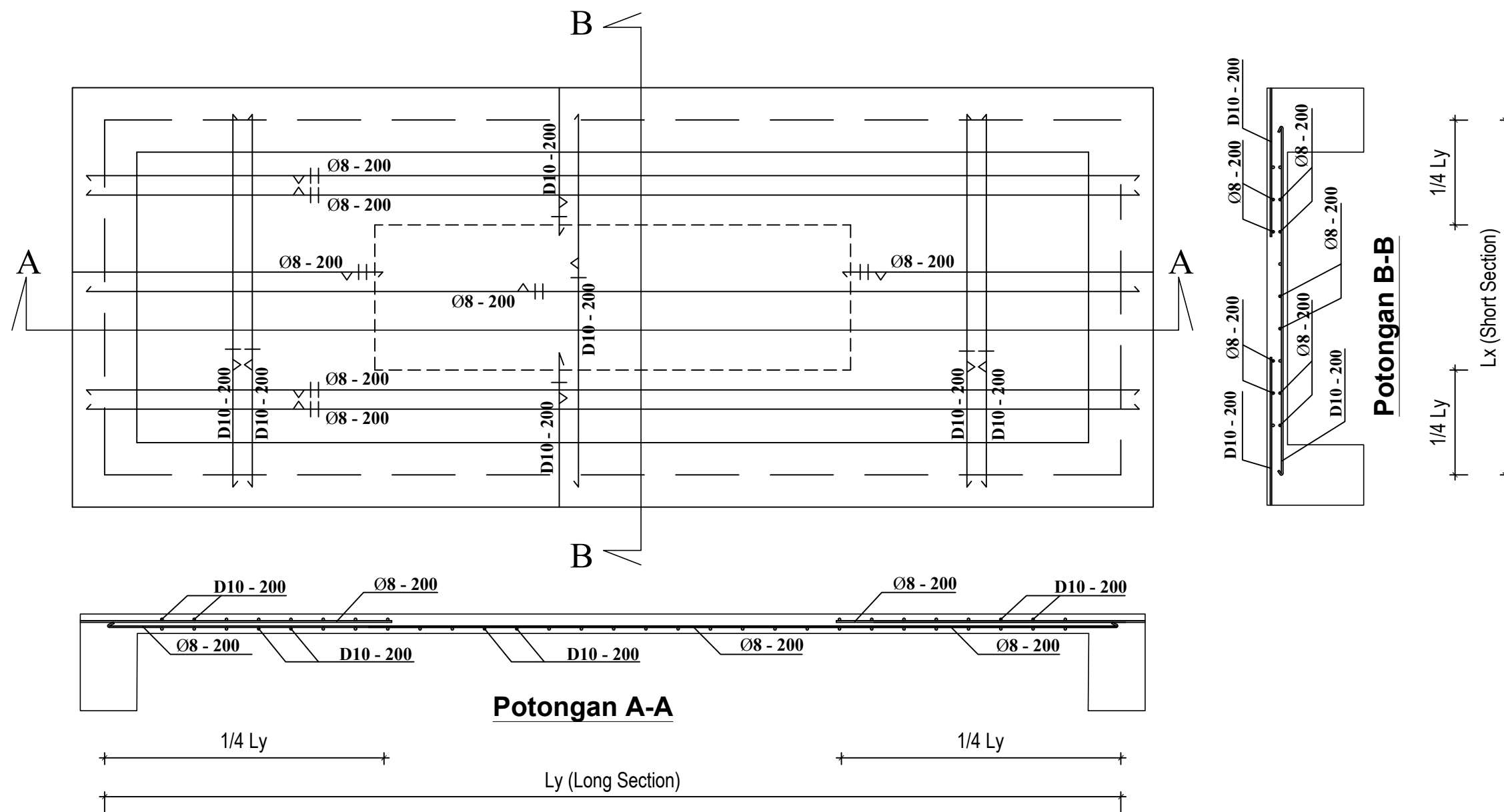
**30**

**SKALA**

**1 : 50**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



02  
 S.5 30  
 1:50  
**DETAIL PLAT S7 (T = 150)**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DETAIL PENULANGAN  
 PER LANTAI (ELV.+4,20)**

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

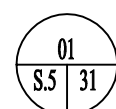
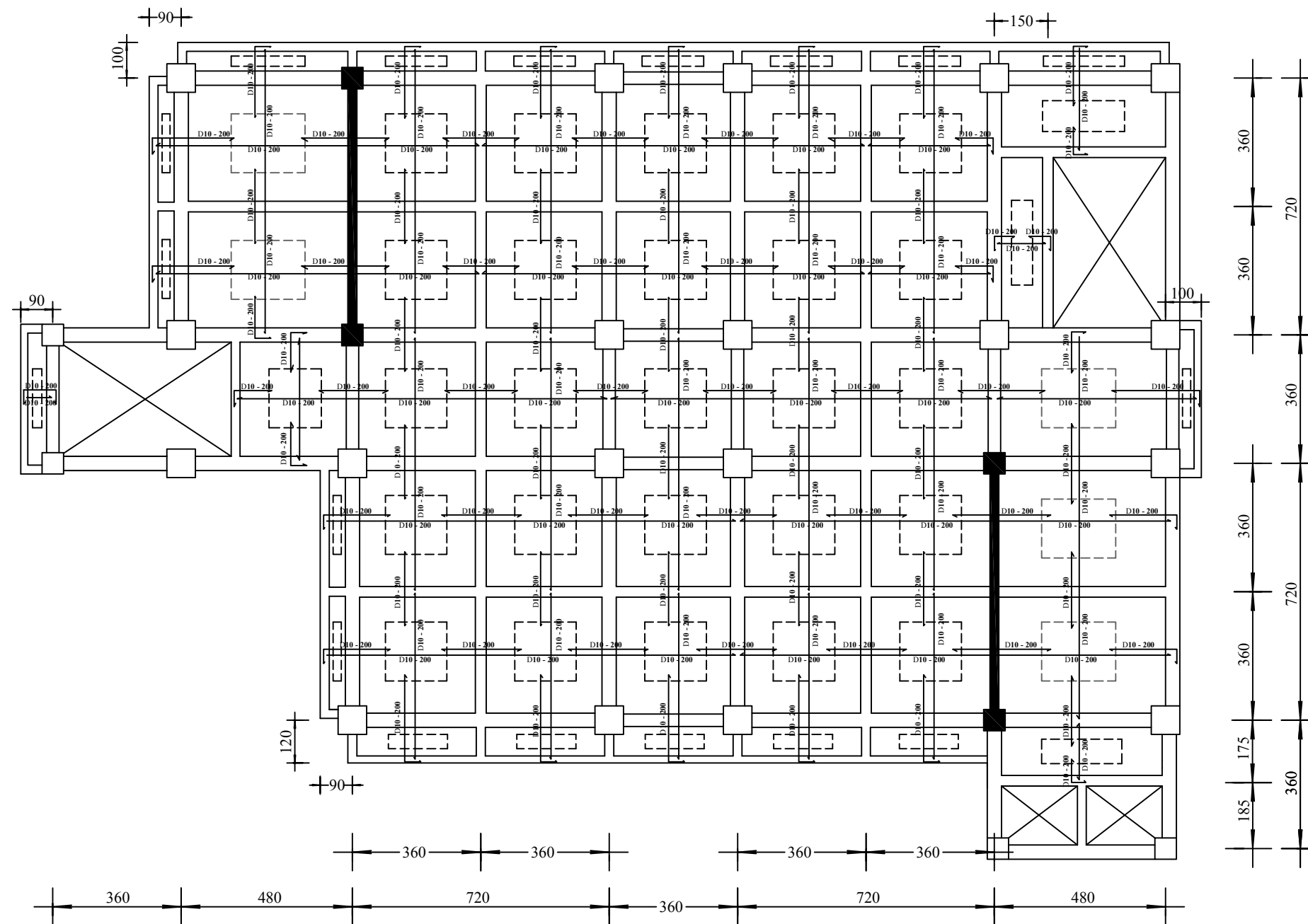
**1 : 150**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**31**

**69**



DETAIL PENULANGAN PER LANTAI (ELV.+4,20)

1:150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH RENCANA BALOK  
 LT. 2 - LT. 11 (+4,2 s/d +42,0)**

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

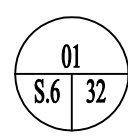
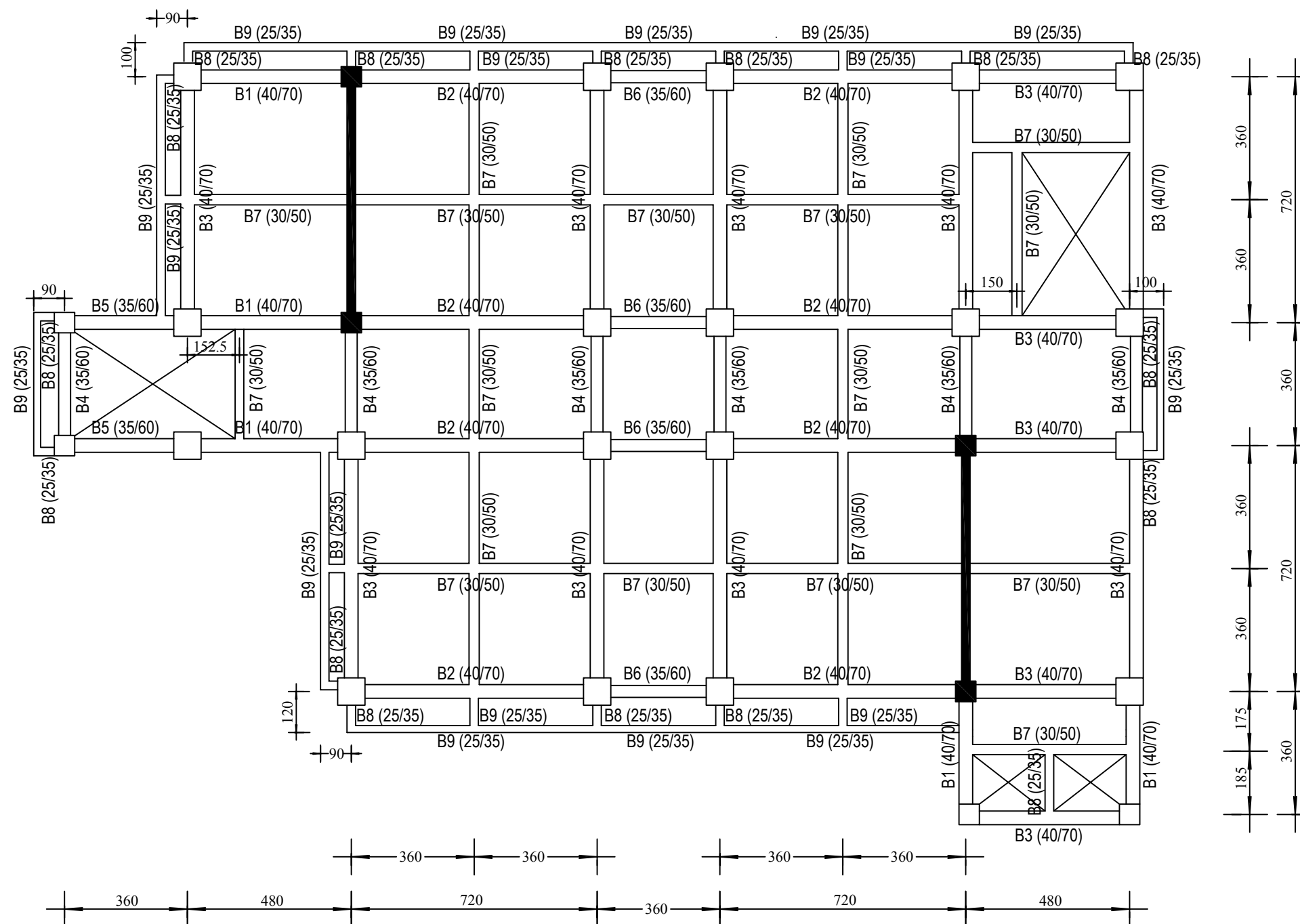
**1 : 150**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**32**

**69**



**DENAH RENCANA BALOK LT. 2 - LT11 (ELV.+4,20 s/d ELV.+42,00)**

1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DENAH RENCANA BALOK  
 LT. ATAP (+46,2)

KODE GAMBAR

**STR**

SKALA

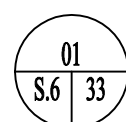
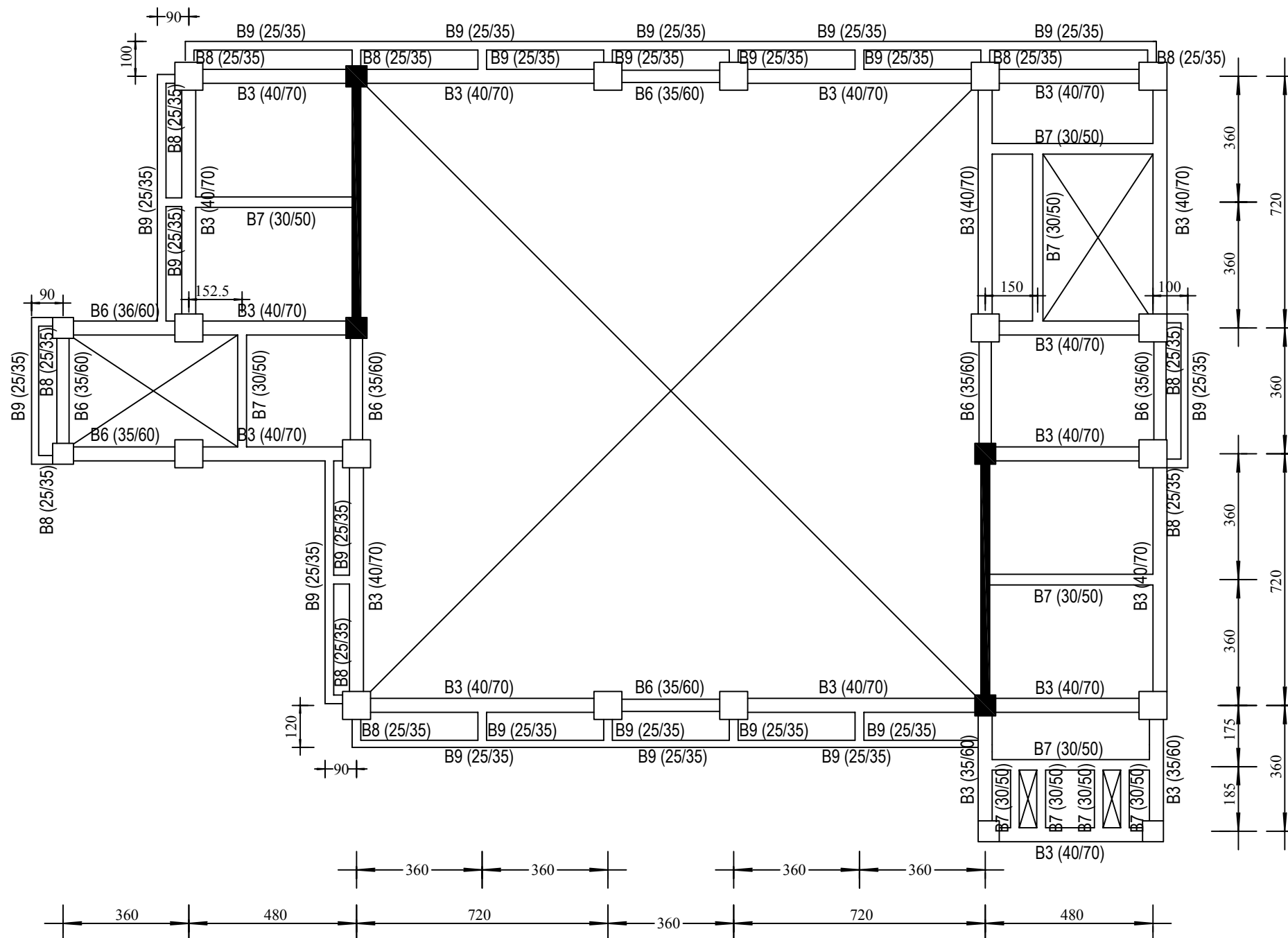
**1 : 150**

NO. LEMBAR

**33**

JUMLAH LEMBAR

**69**



**DENAH RENCANA BALOK LT. ATAP (ELV.+46,20)**

1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**PENULANGAN BALOK B1-B3**

KODE GAMBAR	SKALA
<b>STR</b>	<b>1 : 150</b>
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

**34** **69**

KODE	B1		B2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI				
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI ( mm )	400 x 700	400 x 700	400 x 700	400 x 700
T. PLAT ( mm )	120	120	120	120
TUL. ATAS	4 D 25	2 D 25	4 D 25	2 D 25
TUL. SAMPING	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19
TUL. BAWAH	3 D 25	3 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13 - 80	2D13 - 125	2D13 - 100	2D13 - 150

KODE	B3	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI ( mm )	400 x 700	400 x 700
T. PLAT ( mm )	120	120
TUL. ATAS	3 D 25	2 D 25
TUL. SAMPING	4 D 19	4 D 19
TUL. BAWAH	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 150

01 PENULANGAN BALOK B1 - B3  
 S.6 | 34 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN  
SHEARWALL SERTA METODE  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
MUTU BETON = 35 Mpa  
MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**PENULANGAN BALOK B4-B6**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

**35**

**SKALA**

**1 : 150**

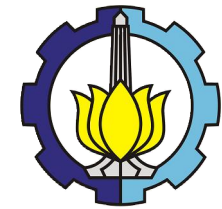
**JUMLAH LEMBAR**

**69**

KODE	B4		B5	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI ( mm )	350 x 600	350 x 600	350 x 600	350 x 600
T. PLAT ( mm )	120	120	120	120
TUL. ATAS	4 D 25	2 D 25	3 D 25	3 D 25
TUL. SAMPING	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19
TUL. BAWAH	2 D 25	2 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	2D13 - 80	2D13 - 125	2D13 - 100	2D13 - 150

KODE	B6	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI ( mm )	350 x 600	350 x 600
T. PLAT ( mm )	120	120
TUL. ATAS	3 D 25	2 D 25
TUL. SAMPING	2 D 19	2 D 19
TUL. BAWAH	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 150

01 PENULANGAN BALOK B4-B6  
S.6 | 35 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN  
SHEARWALL SERTA METODE  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
MUTU BETON = 35 Mpa  
MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**PENULANGAN BALOK B7-B9**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

**36**

**SKALA**

**1 : 150**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**

KODE	B7		B8	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI ( mm )	300 x 500	300 x 500	250 x 350	250 x 350
T. PLAT ( mm )	120	120	120	120
TUL. ATAS	3 D 19	2 D 19	2 D 25	2 D 25
TUL. SAMPING	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19
TUL. BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2Ø10 - 150	2Ø10 - 150	2Ø10 - 125	2Ø10 - 125

KODE	B9	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI ( mm )	250 x 350	250 x 350
T. PLAT ( mm )	120	120
TUL. ATAS	2 D 19	2 D 19
TUL. SAMPING	2 D 19	2 D 19
TUL. BAWAH	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	2Ø10 - 125	2Ø10 - 125

01 PENULANGAN BALOK B7-B9  
S.6/36 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN BALOK B1

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

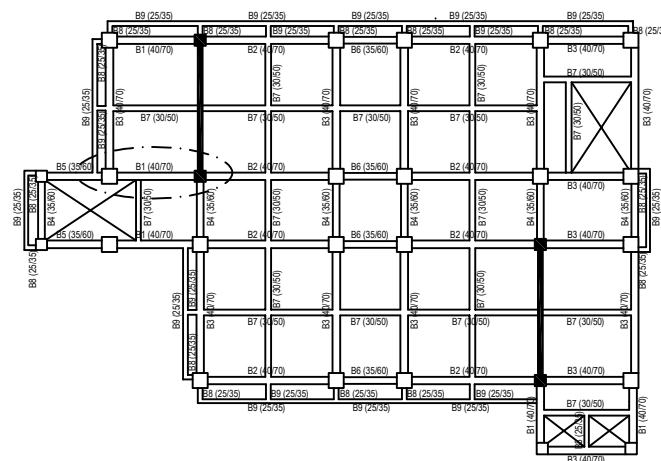
-

NO. LEMBAR

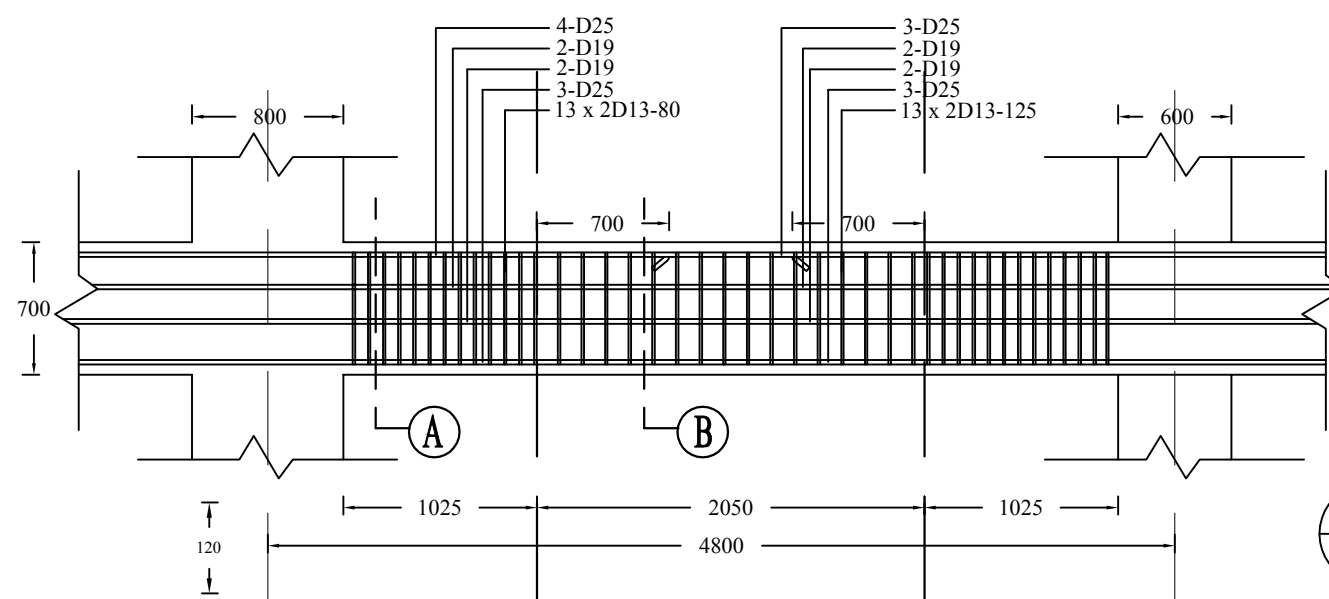
JUMLAH LEMBAR

**37**

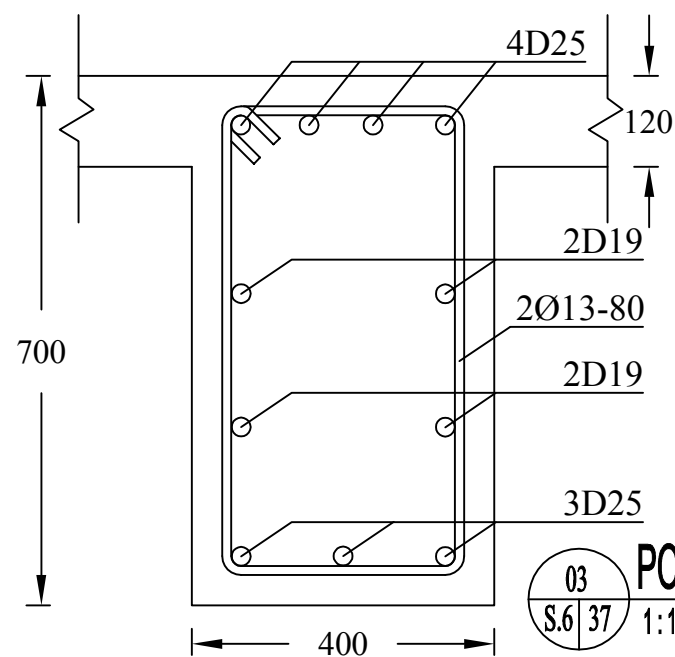
**69**



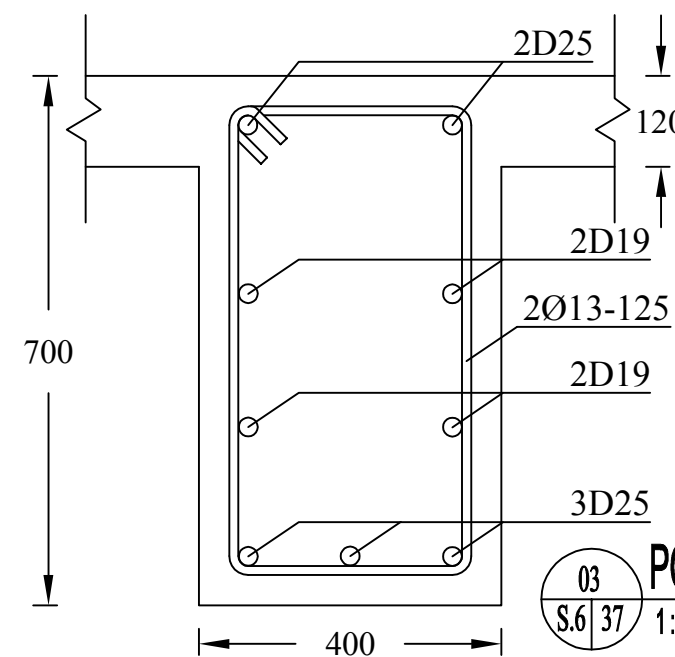
01 KEYPLAN BALOK B1  
 S.6 | 37 1:500



02 PENULANGAN BALOK B1  
 S.6 | 37 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 37 1:10



03 POTONGAN B-B  
 S.6 | 37 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN BALOK B2

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

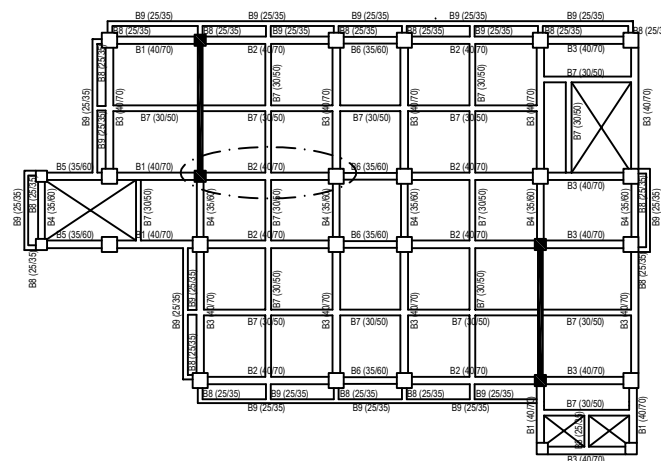
**38**

**SKALA**

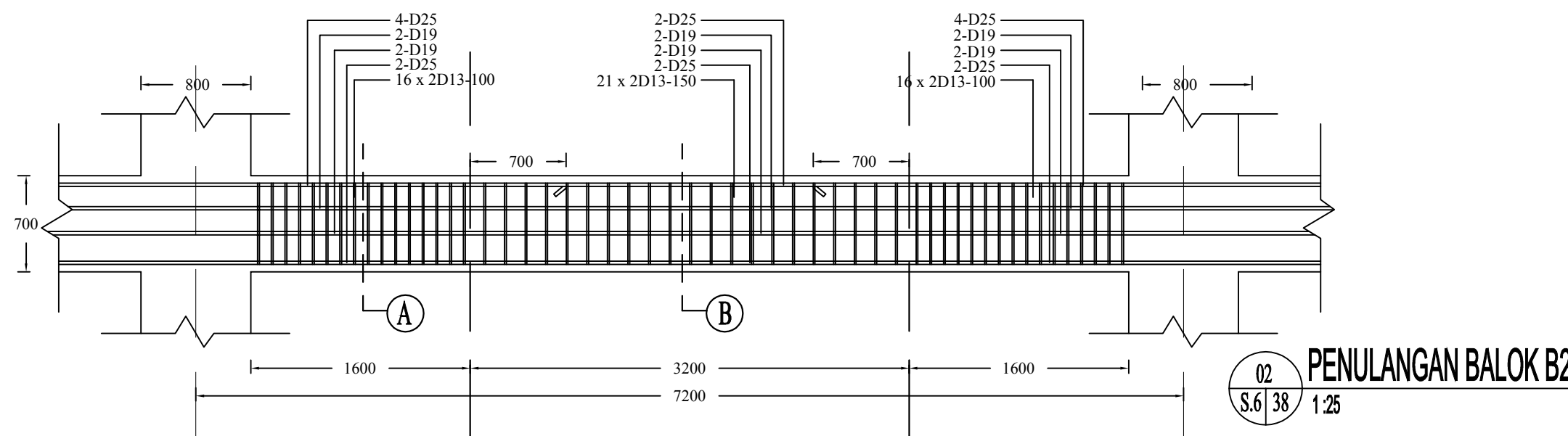
-

**JUMLAH LEMBAR**

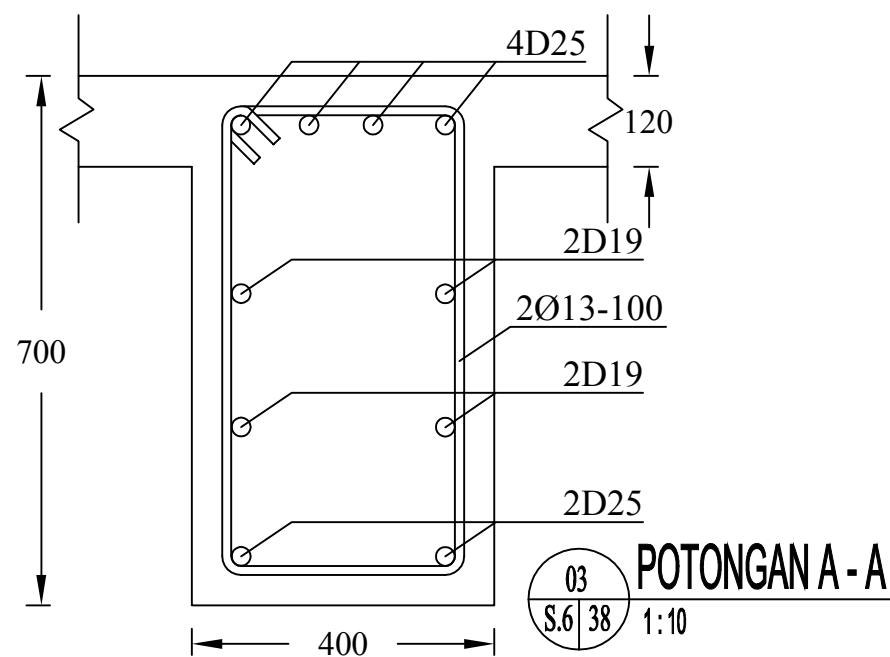
**69**



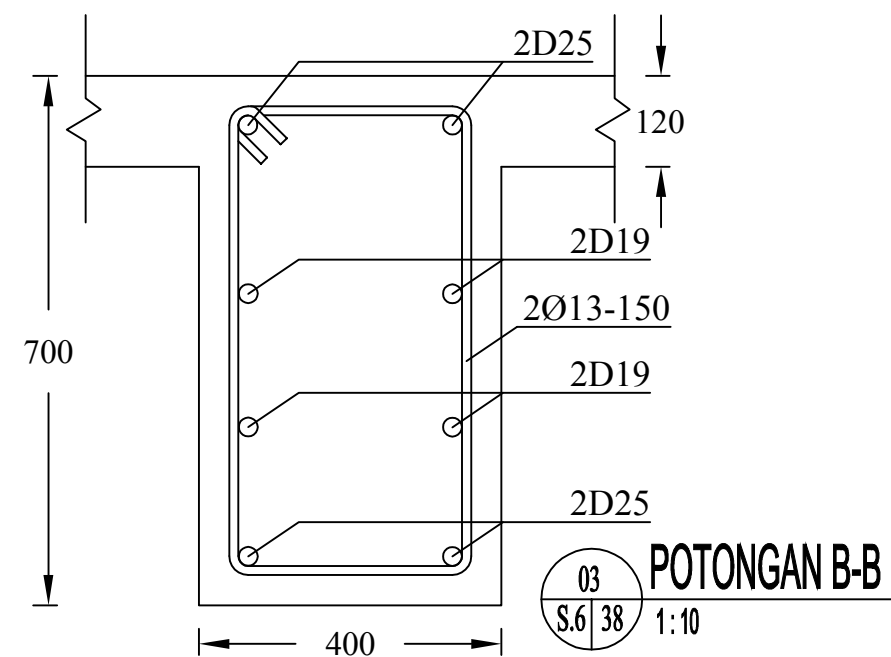
01 KEYPLAN BALOK B2  
 S.6 | 38 1:500



02 PENULANGAN BALOK B2  
 S.6 | 38 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 38 1:10



03 POTONGAN B-B  
 S.6 | 38 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN BALOK B3

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

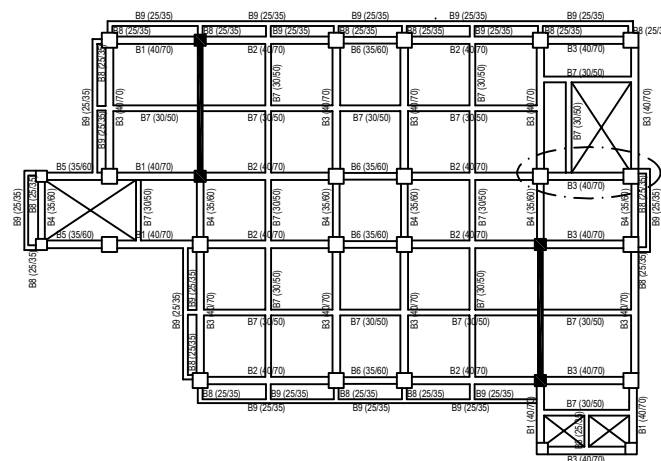
**39**

**SKALA**

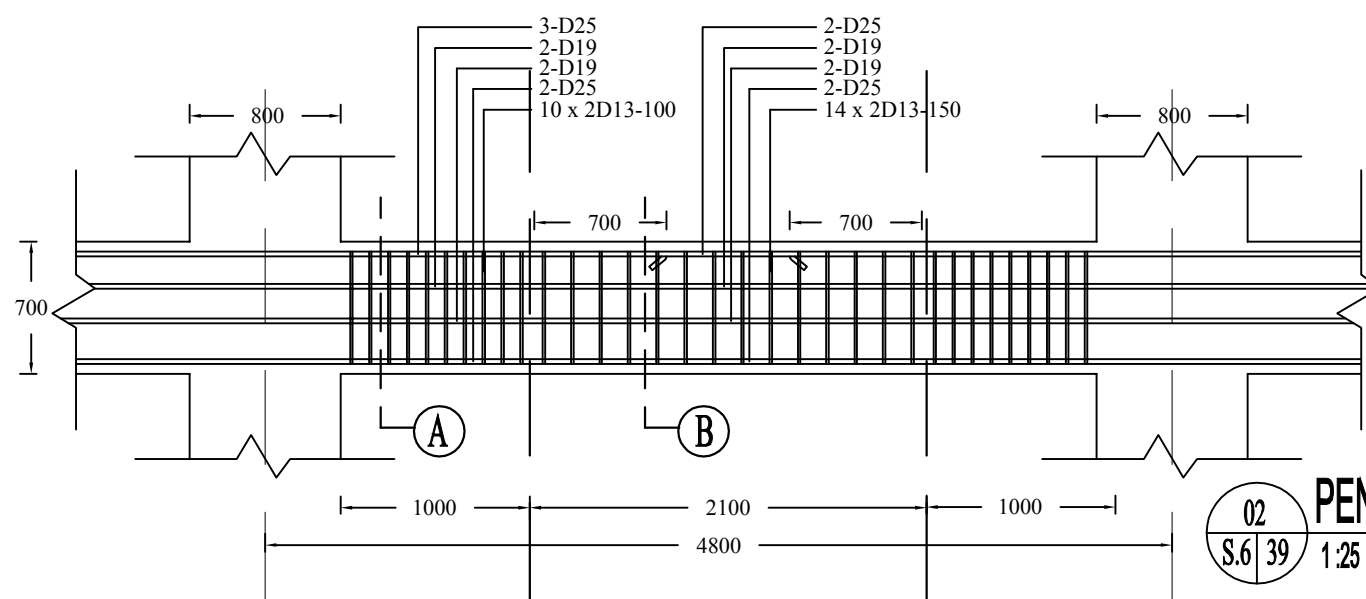
-

**JUMLAH LEMBAR**

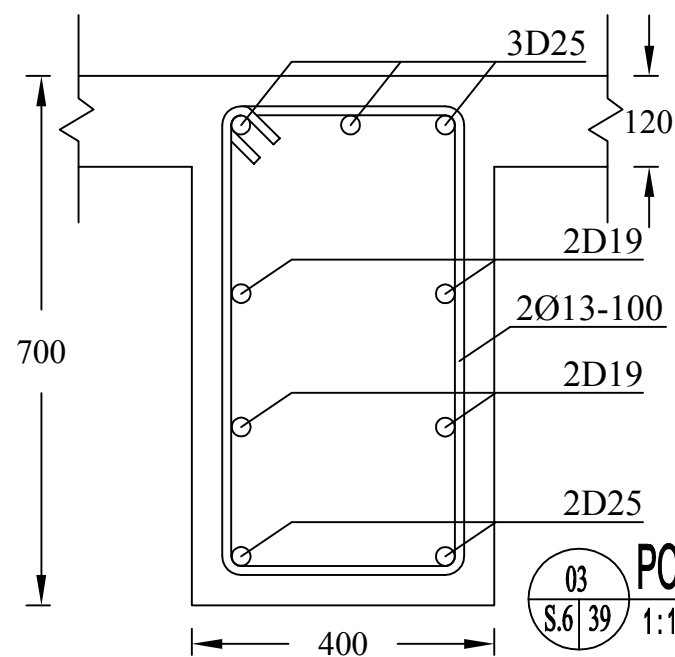
**69**



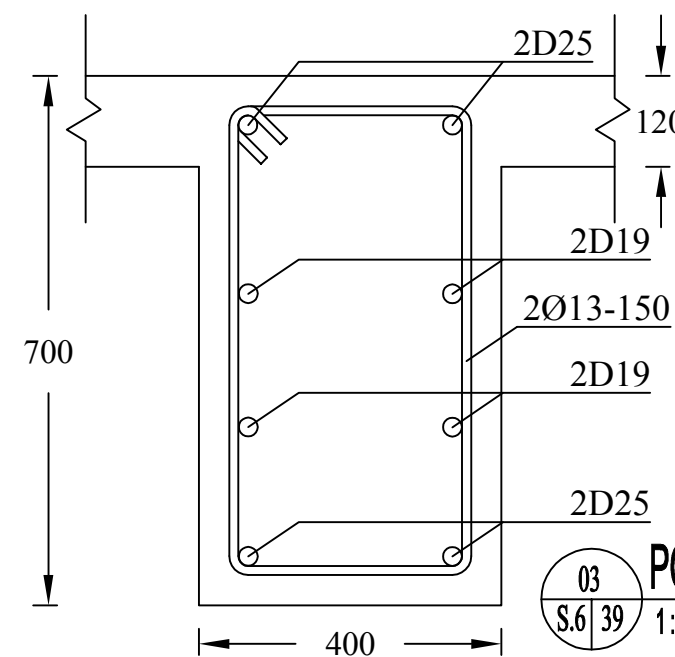
01 KEYPLAN BALOK B3  
 S.6 | 39 1:500



02 PENULANGAN BALOK B3  
 S.6 | 39 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 39 1:10



03 POTONGAN B-B  
 S.6 | 39 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN BALOK B4

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

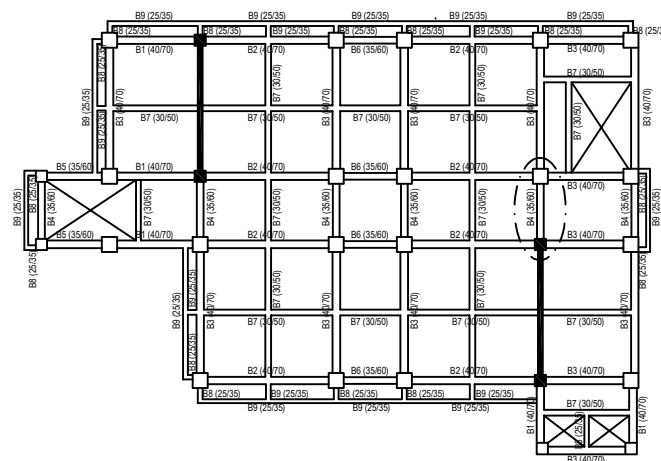
**40**

**SKALA**

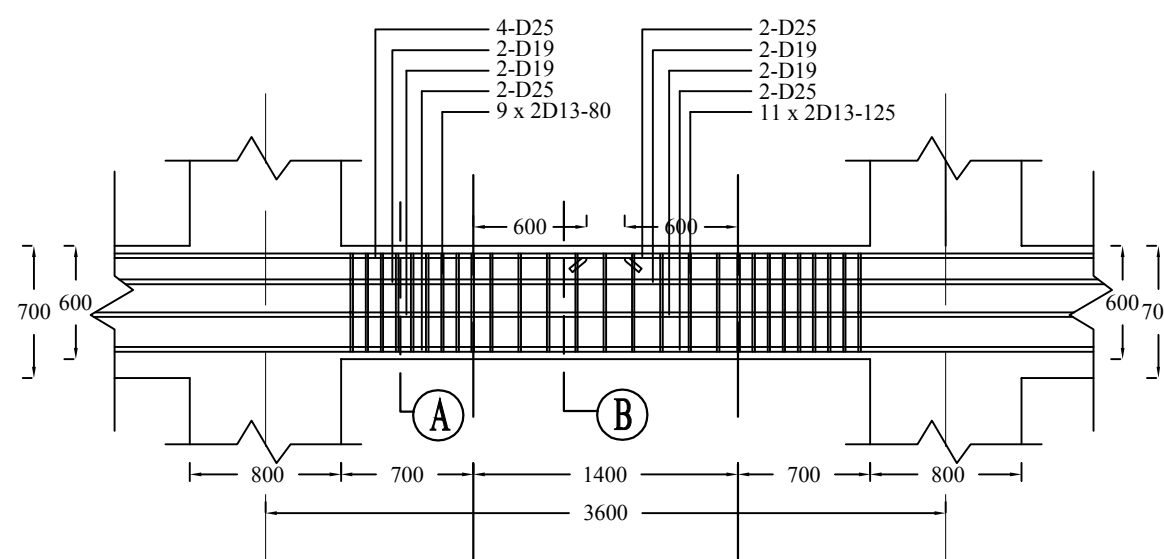
-

**JUMLAH LEMBAR**

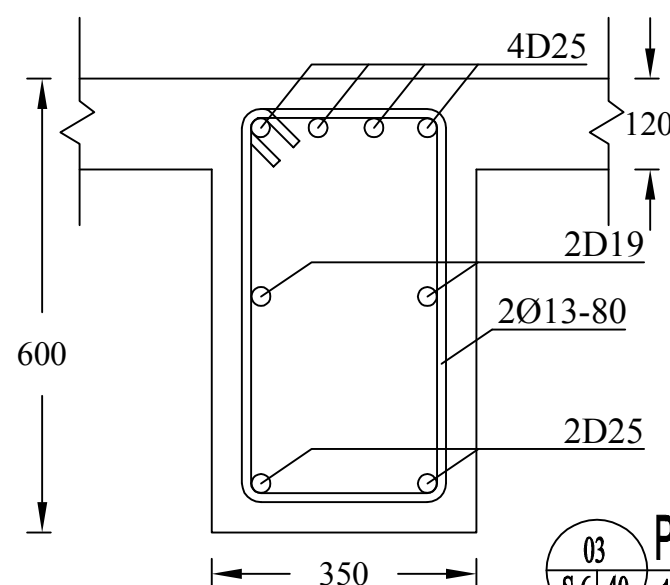
**69**



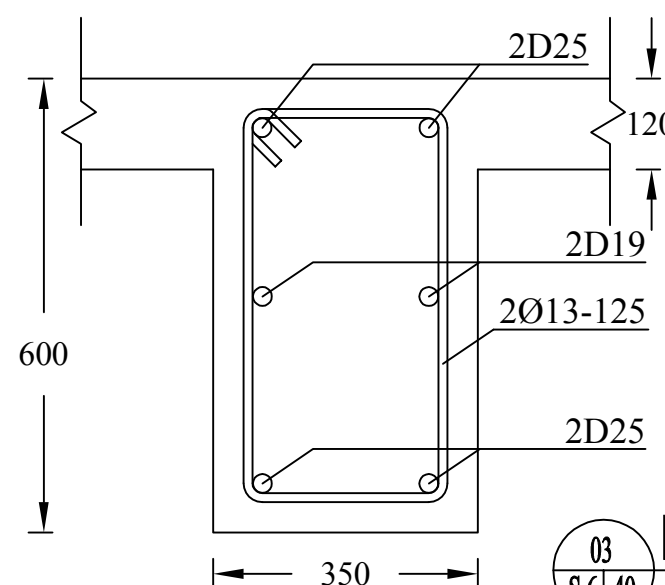
01 KEYPLAN BALOK B4  
 S.6 | 40 1:500



02 PENULANGAN BALOK B4  
 S.6 | 40 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 40 1:10



03 POTONGAN B-B  
 S.6 | 40 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DETAIL PENULANGAN BALOK B5**

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

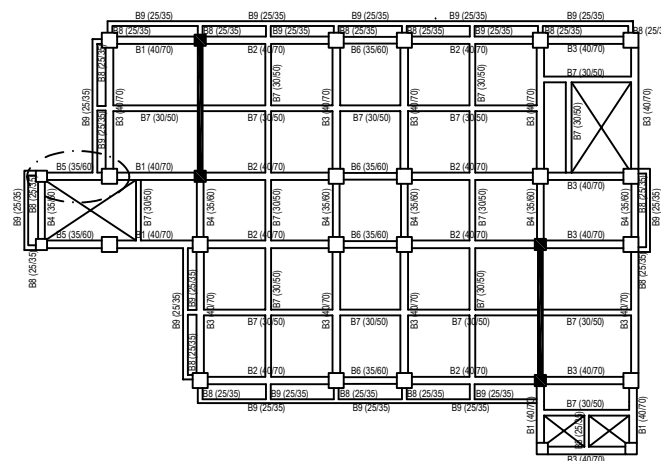
-

NO. LEMBAR

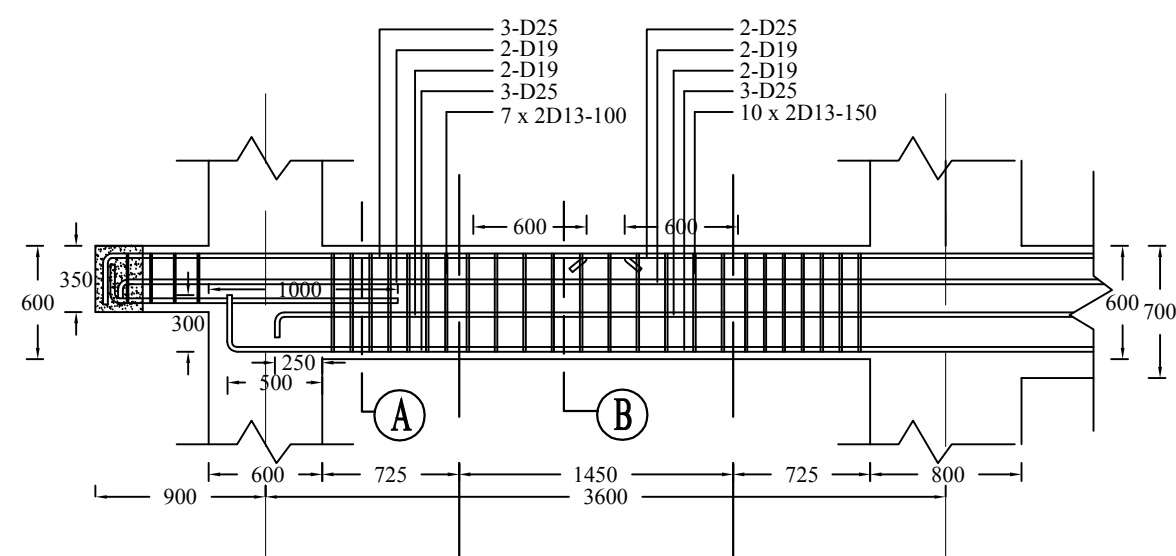
JUMLAH LEMBAR

**41**

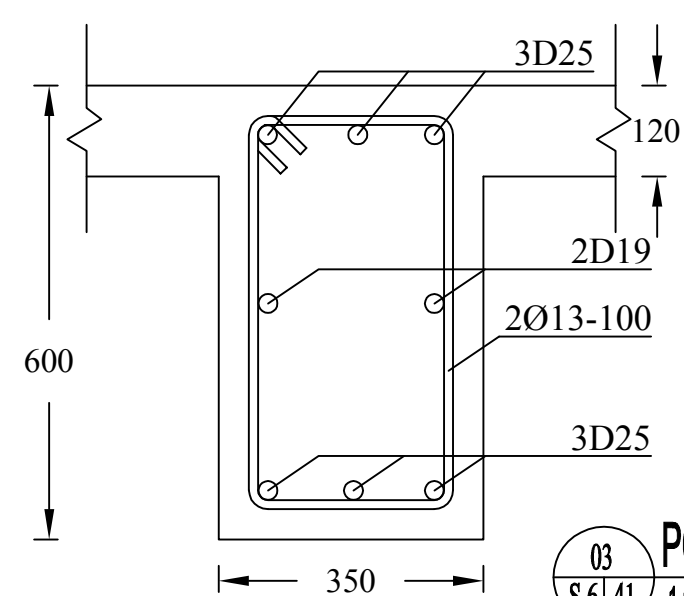
**69**



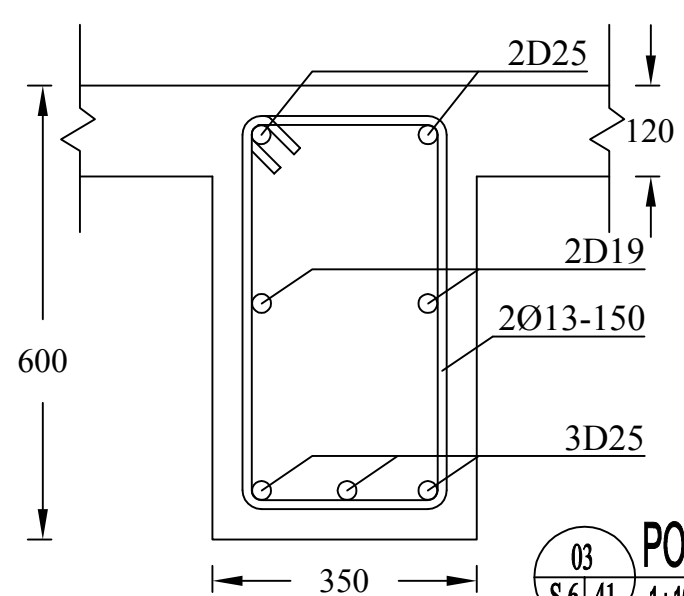
01 KEYPLAN BALOK B5  
 S.6 | 41 1:500



02 PENULANGAN BALOK B5  
 S.6 | 41 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 41 1:10



03 POTONGAN B-B  
 S.6 | 41 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN BALOK B6

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

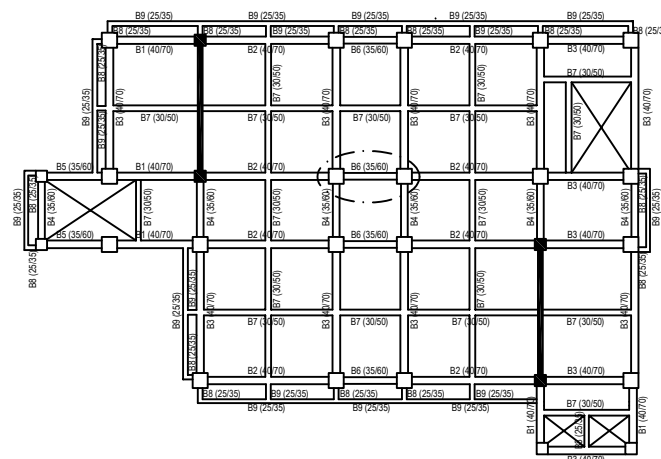
-

NO. LEMBAR

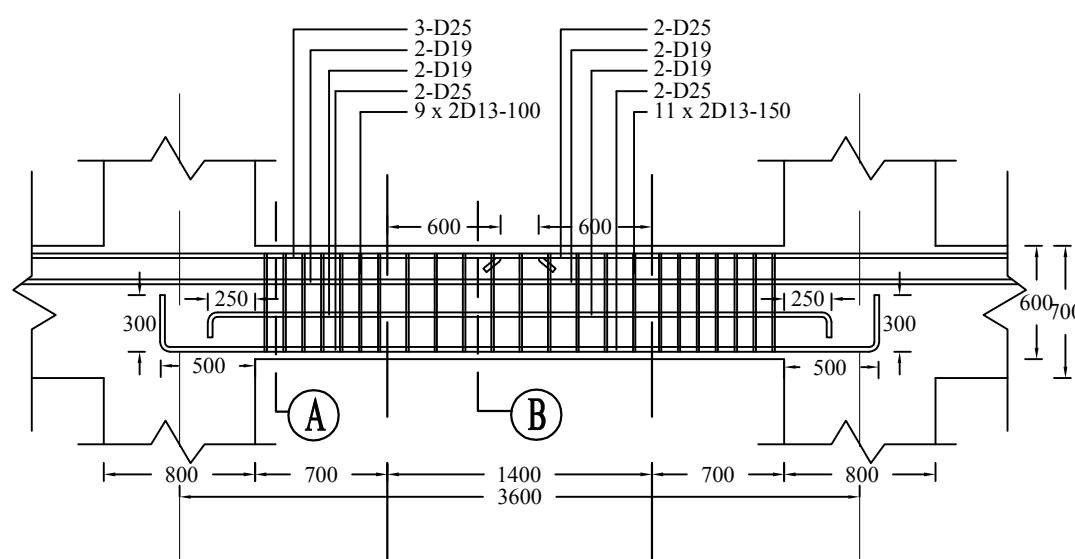
JUMLAH LEMBAR

**42**

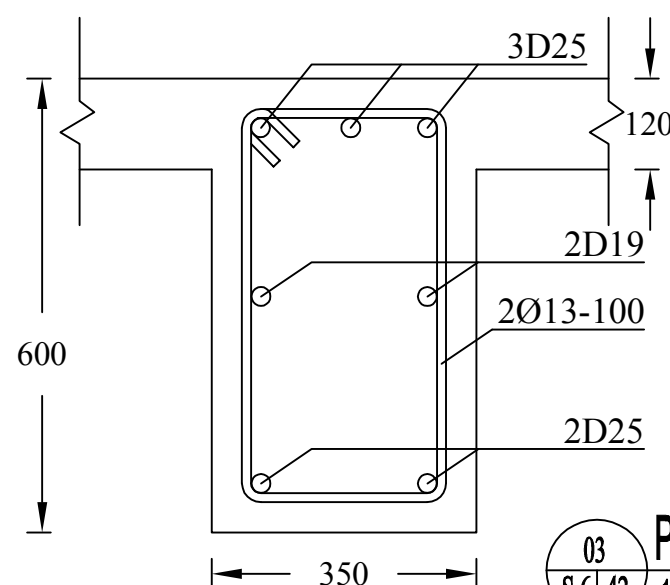
**69**



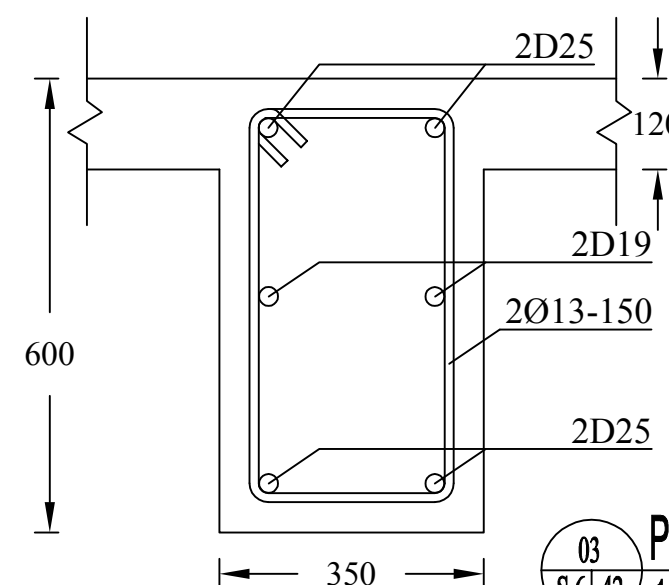
01 KEYPLAN BALOK B6  
 S.6 | 42 | 1:500



02 PENULANGAN BALOK B6  
 S.6 | 42 | 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 42 | 1:10



03 POTONGAN B-B  
 S.6 | 42 | 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN BALOK B7

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

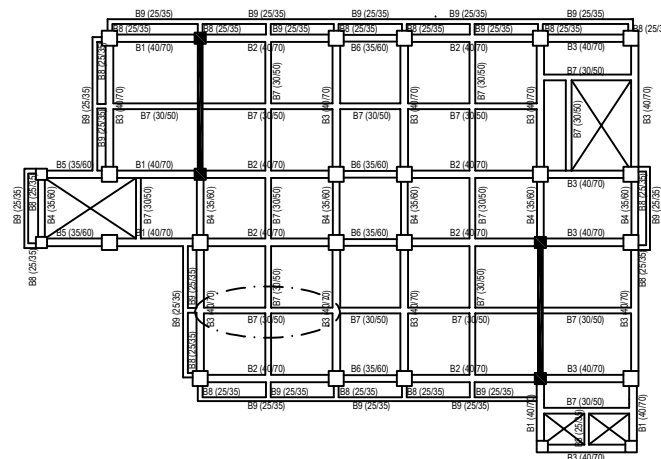
**43**

**SKALA**

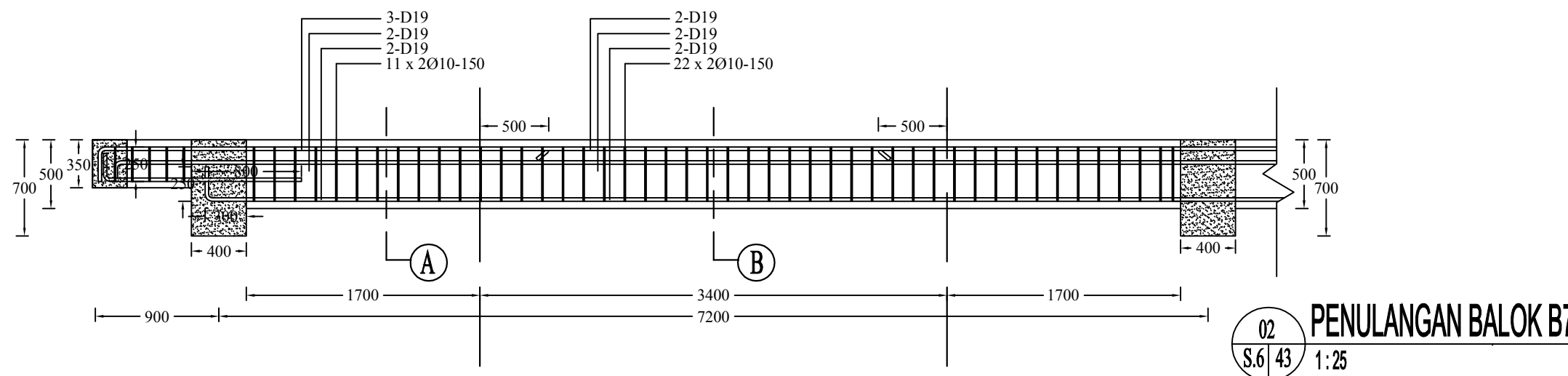
-

**JUMLAH LEMBAR**

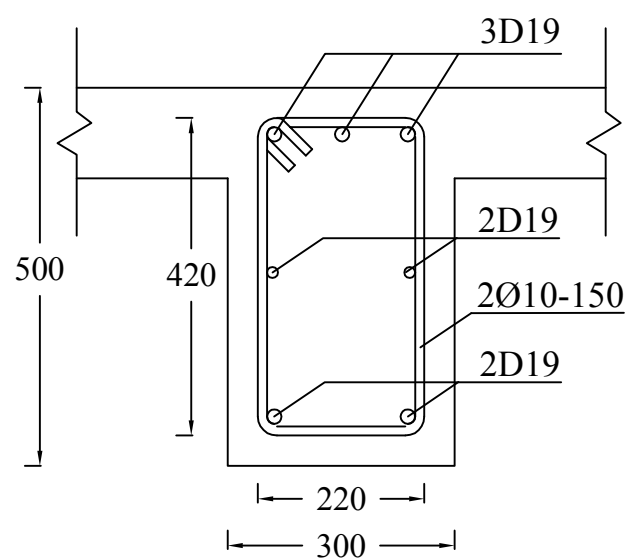
**69**



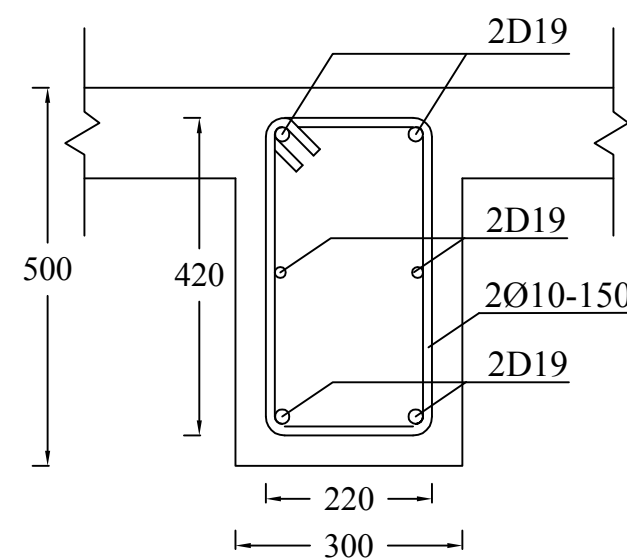
01 KEYPLAN BALOK B7  
 S.6 | 43 | 1:500



02 PENULANGAN BALOK B7  
 S.6 | 43 | 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.6 | 43 | 1:10



04 POTONGAN B-B  
 S.6 | 43 | 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**RENCANA KOLOM LT. 1 - LT. 6  
 (+0,0 s/d +21,0)**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

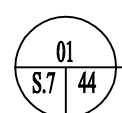
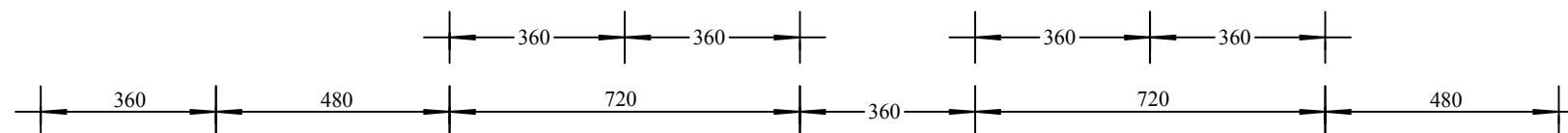
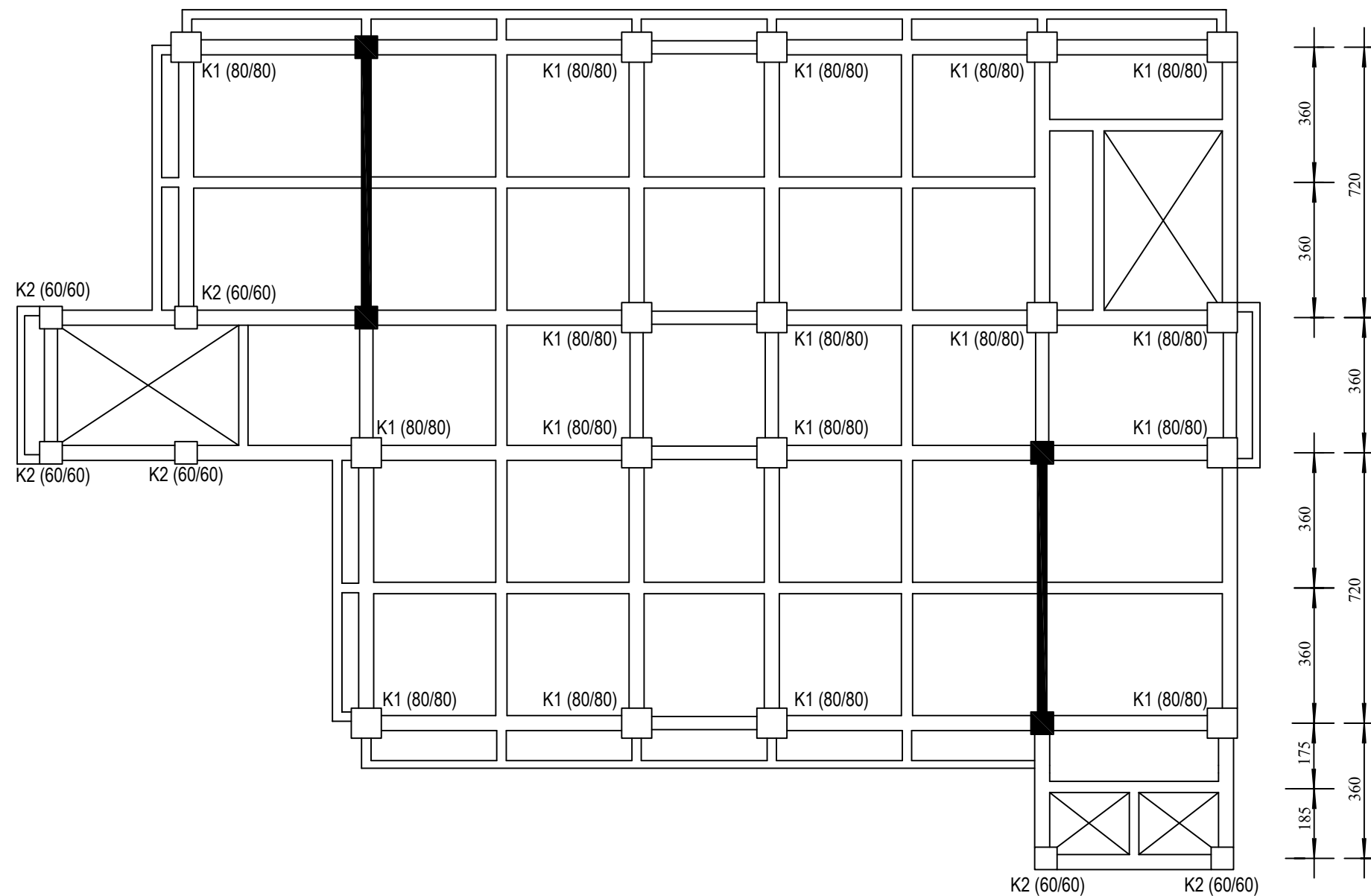
**44**

**SKALA**

**1 : 150**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



**RENCANA KOLOM LT. 1 - LT. 6 (+0,0 s/d +21,0)**

1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**RENCANA KOLOM LT. 7 - LT. 11  
 (+21,0 s/d +42,0)**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

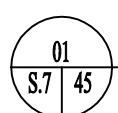
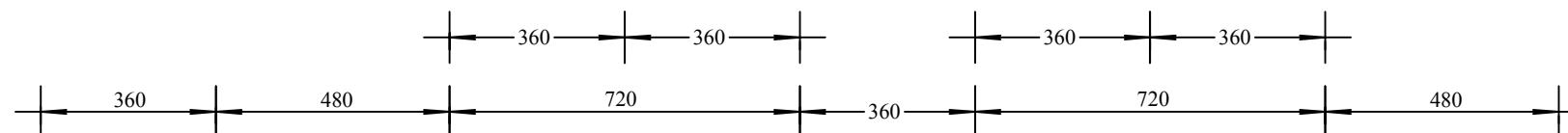
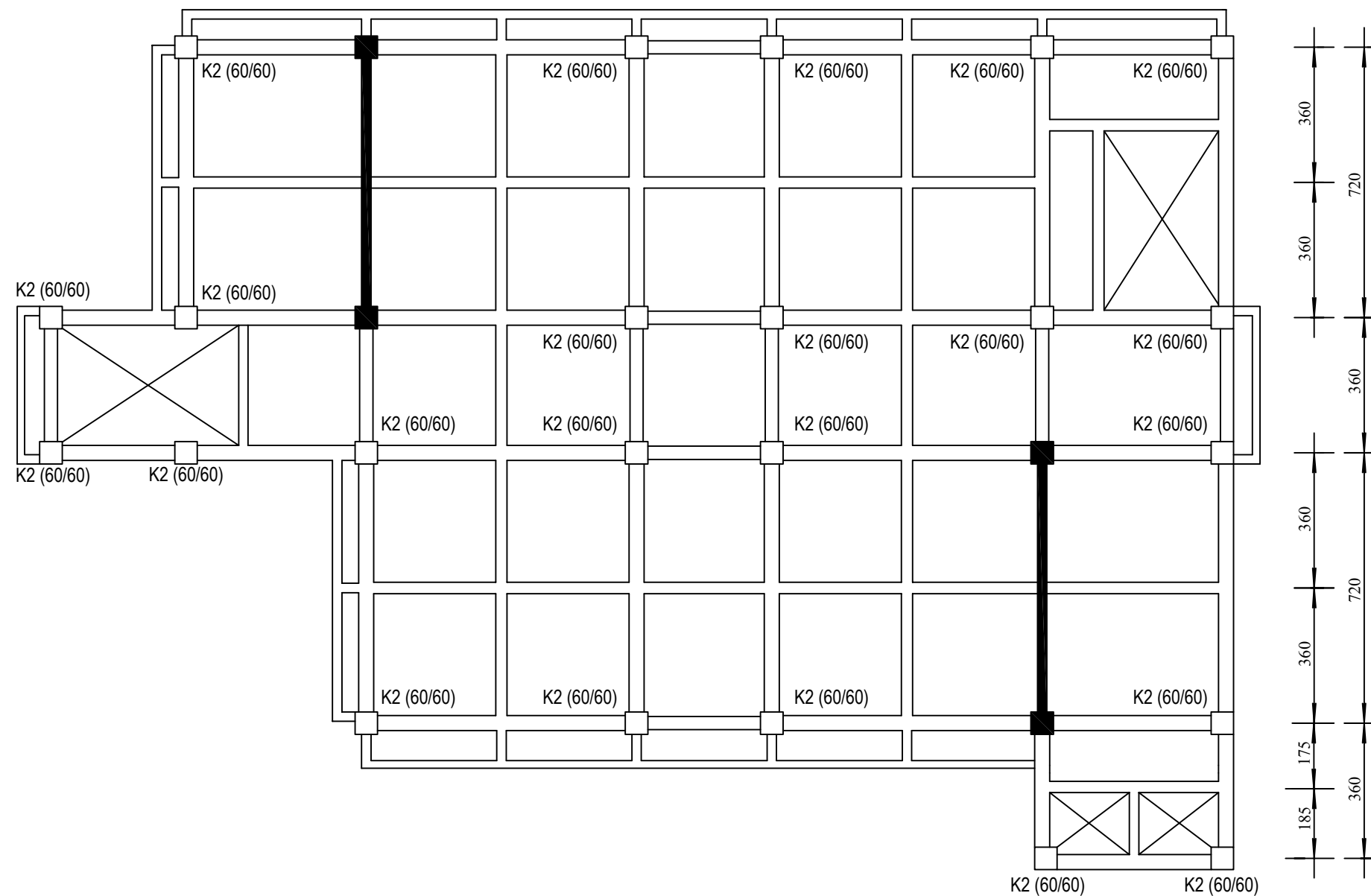
**1 : 150**

**NO. LEMBAR**

**45**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



**RENCANA KOLOM LT. 7 - LT. 11 (+21,0 s/d +42,0)**

1:150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

RENCANA KOLOM LT. ATAP (+46,2)

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

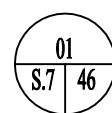
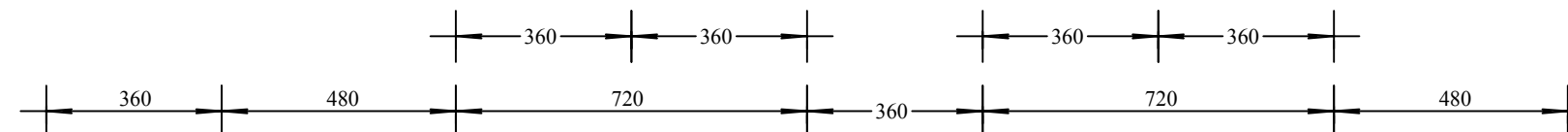
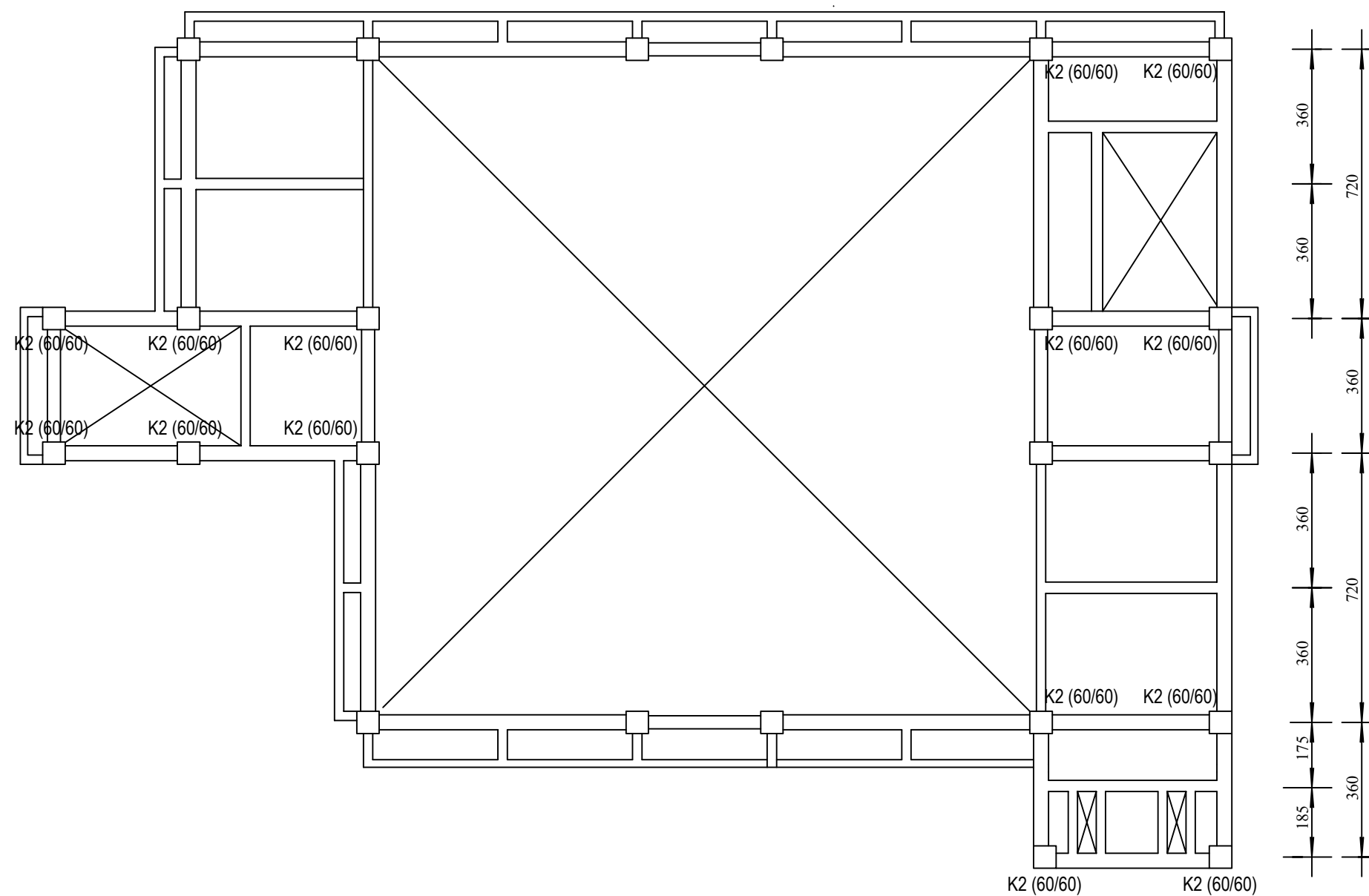
**1 : 150**

**NO. LEMBAR**

**46**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



**RENCANA KOLOM LT. ATAP (+46,2)**

1:150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN  
 KOLOM K1

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

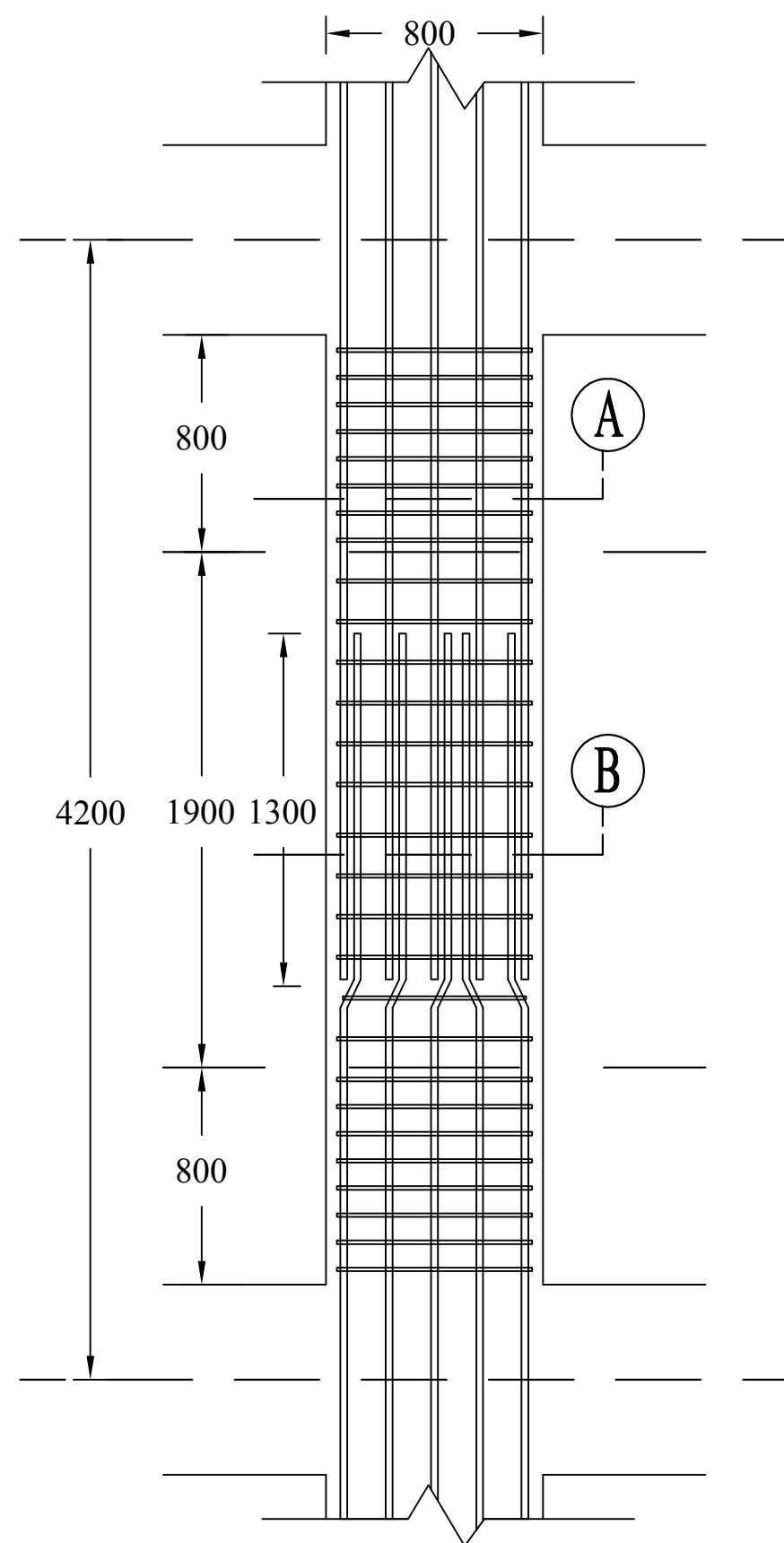
-

NO. LEMBAR

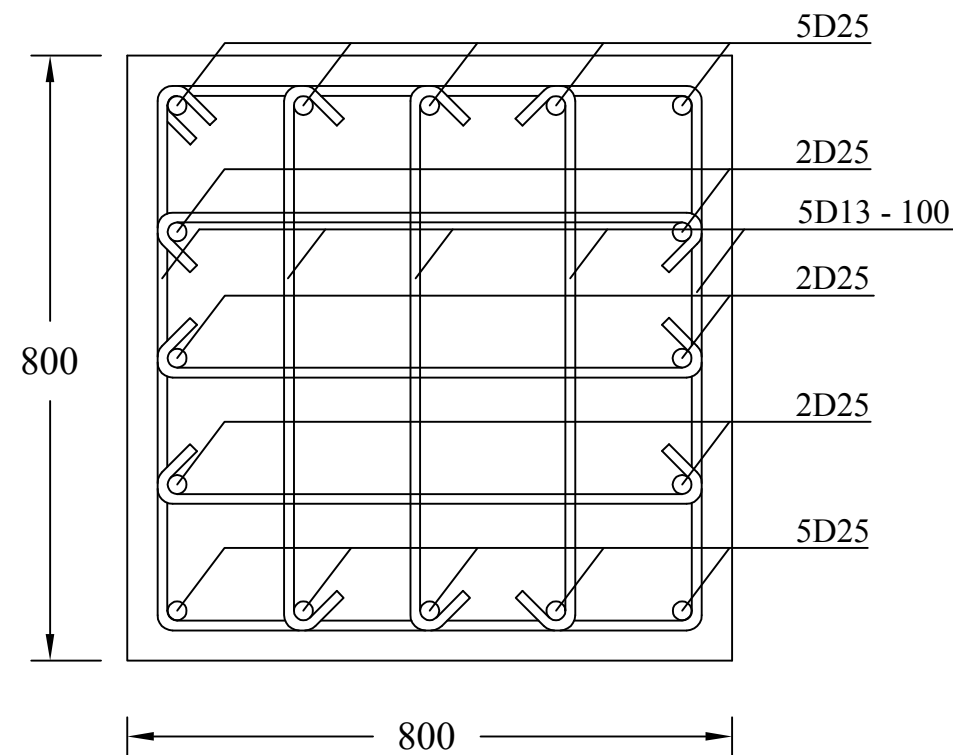
JUMLAH LEMBAR

**47**

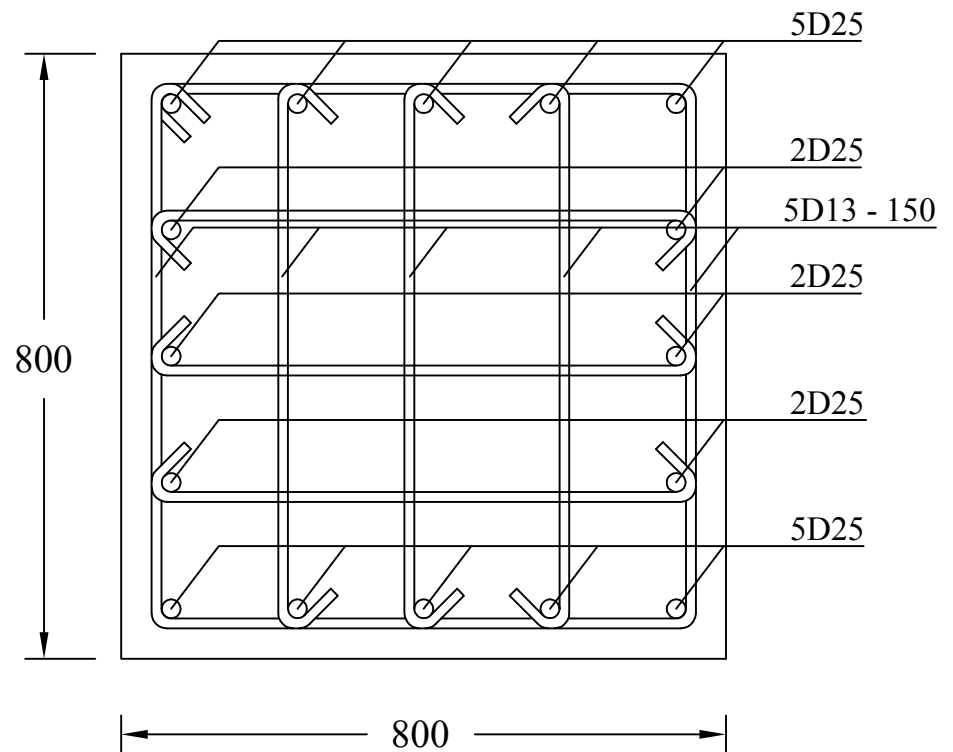
**69**



01 PENULANGAN KOLOM K1  
 S.7/47 1:40



02 POTONGAN A - A  
 S.7/47 1:10



03 POTONGAN B - B  
 S.7/47 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN  
 KOLOM K2

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

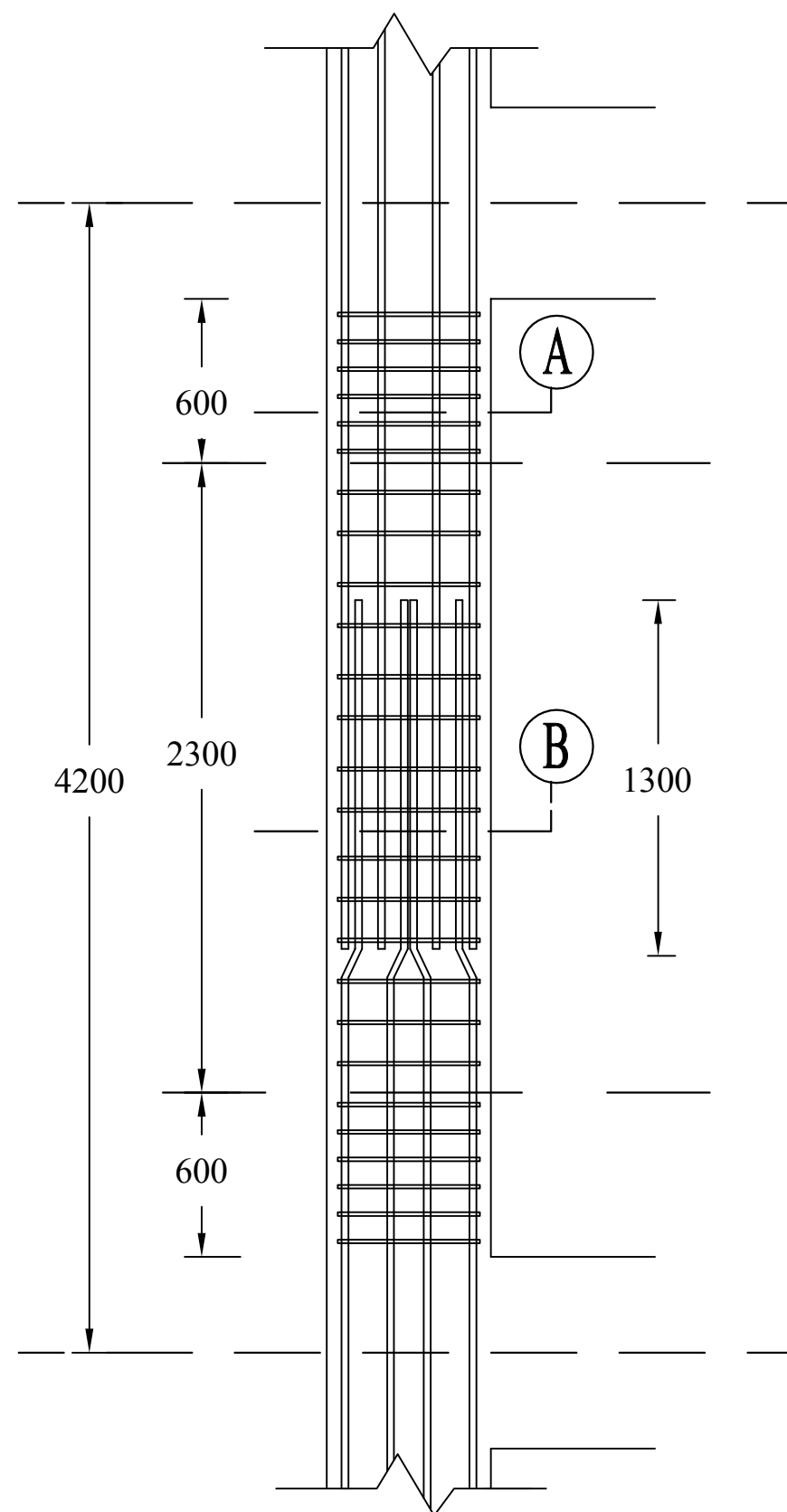
-

NO. LEMBAR

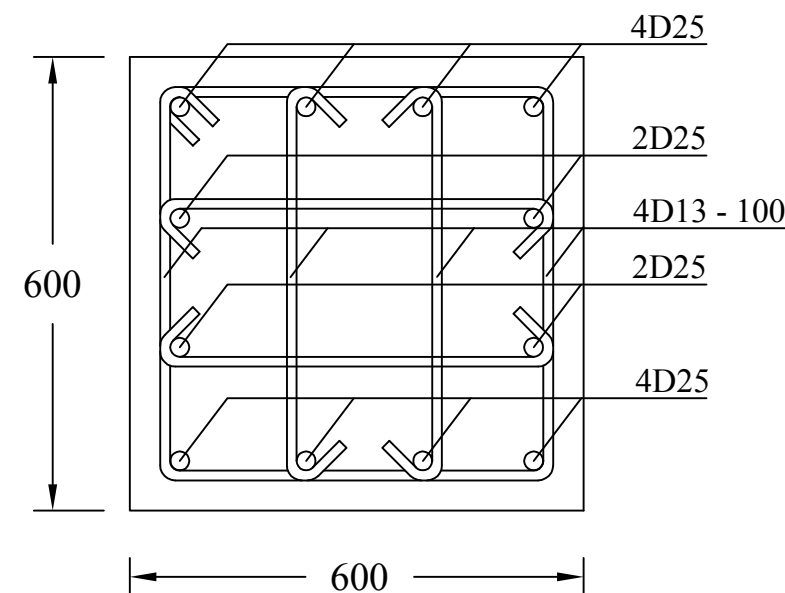
JUMLAH LEMBAR

**48**

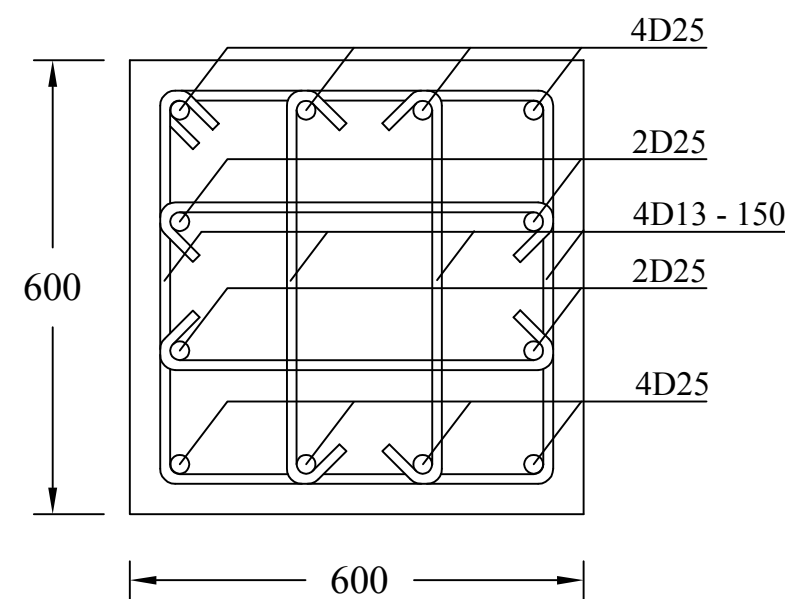
**69**



01 PENULANGAN KOLOM K2  
 S.7/48 1:40



02 POTONGAN A - A  
 S.7/48 1:10



03 POTONGAN B - B  
 S.7/48 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL HUBUNGAN  
 BALOK-KOLOM

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

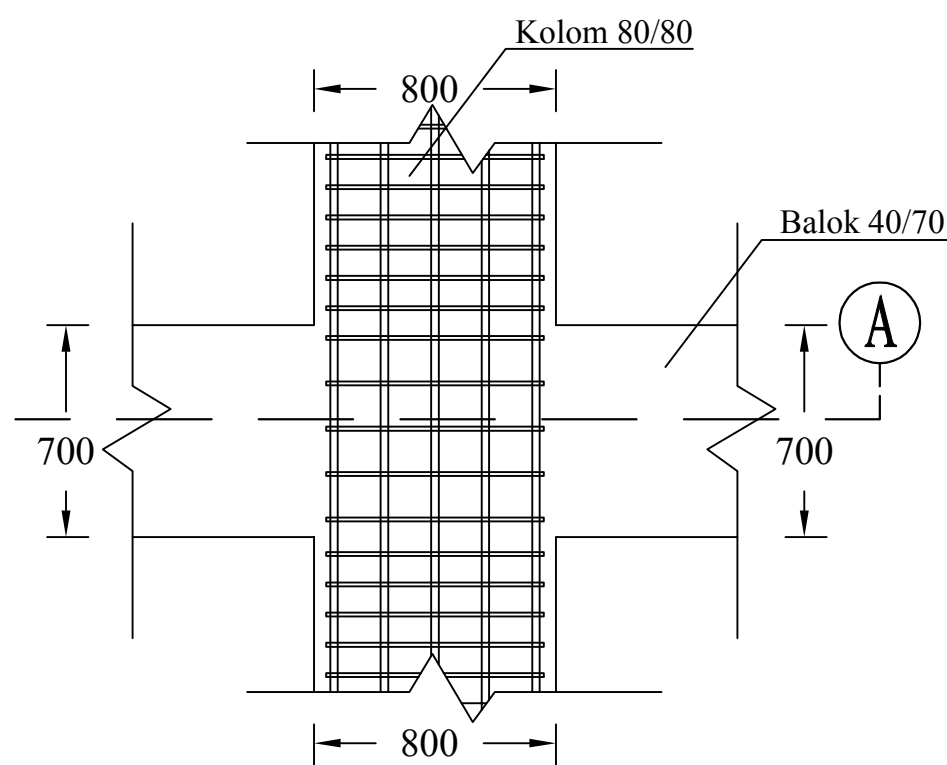
-

**NO. LEMBAR**

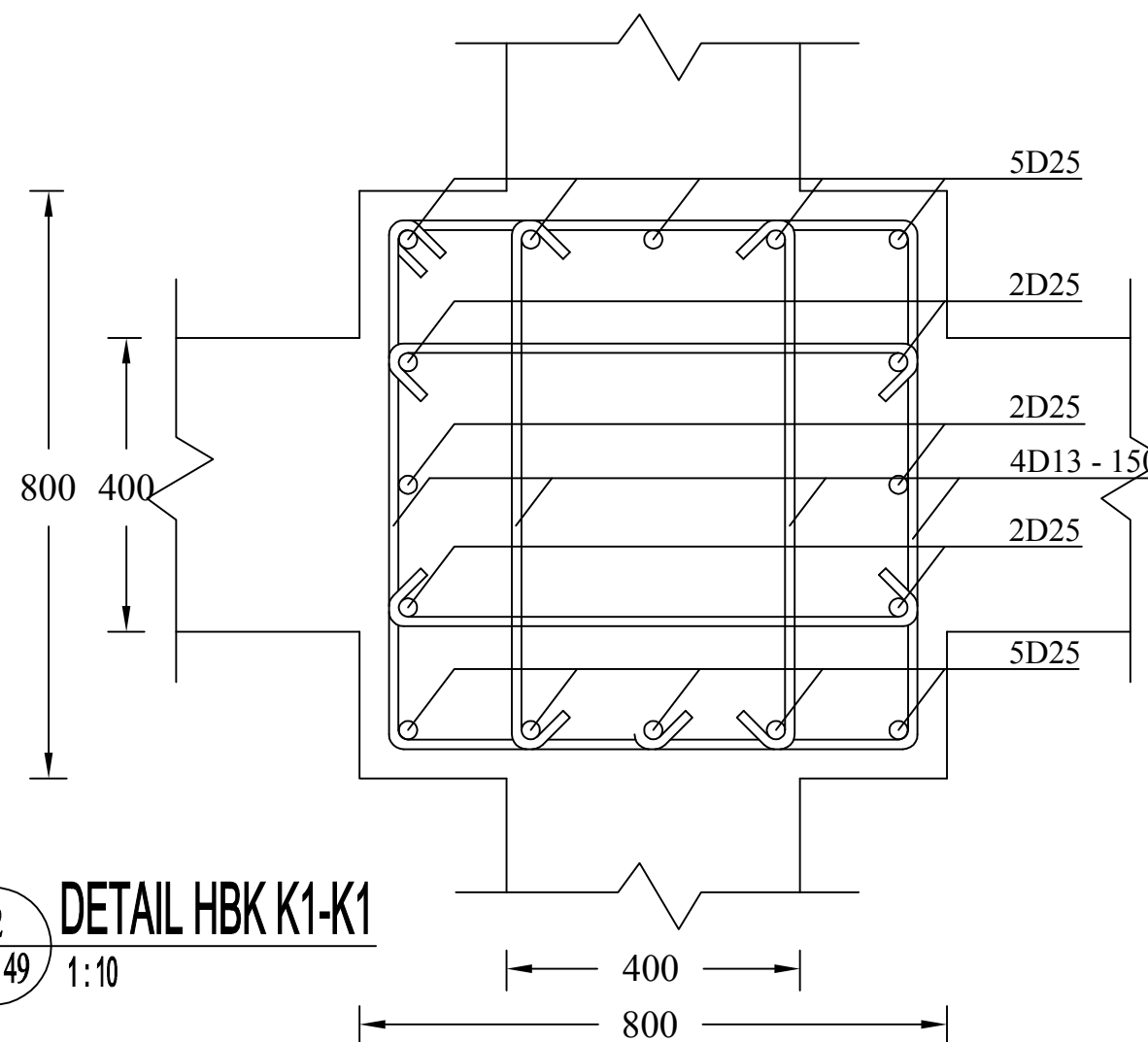
**49**

**JUMLAH LEMBAR**

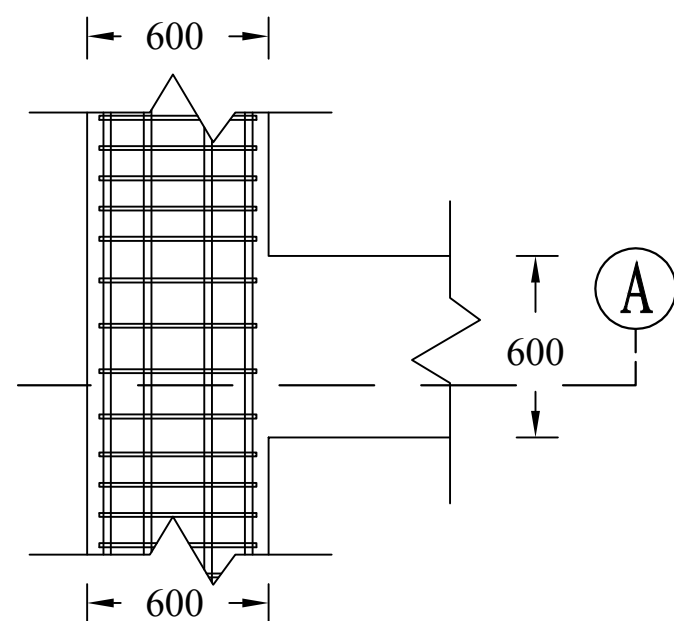
**69**



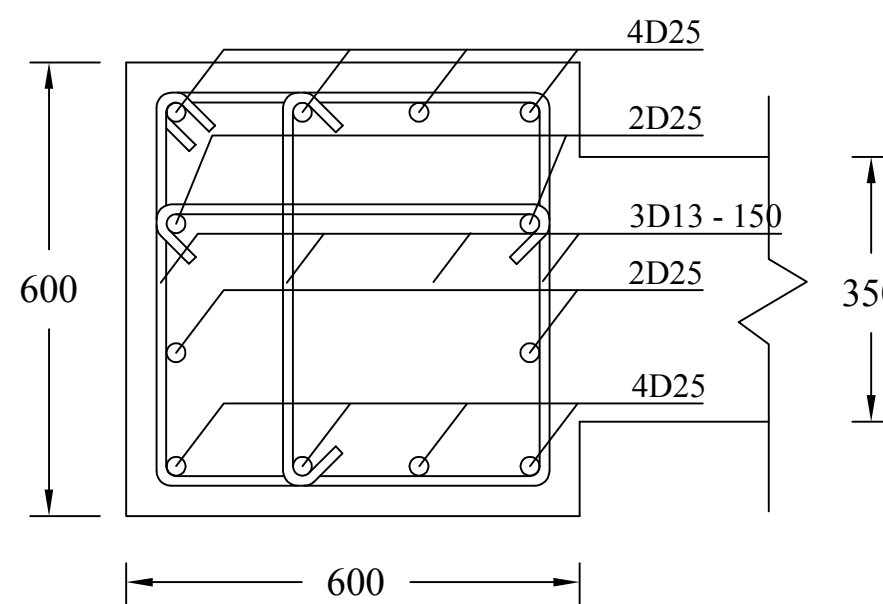
01 HUBUNGAN BALOK-KOLOM K1-K1  
 S.7/49 1:40



02 DETAIL HBK K1-K1  
 S.7/49 1:10



03 HUBUNGAN BALOK-KOLOM K2-K2  
 S.7/49 1:40



02 DETAIL HBK K2-K2  
 S.7/49 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
SERTA METODE PELAKSANAAN  
PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
MUTU BETON = 35 Mpa  
MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL HUBUNGAN  
BALOK-KOLOM K1-K2

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

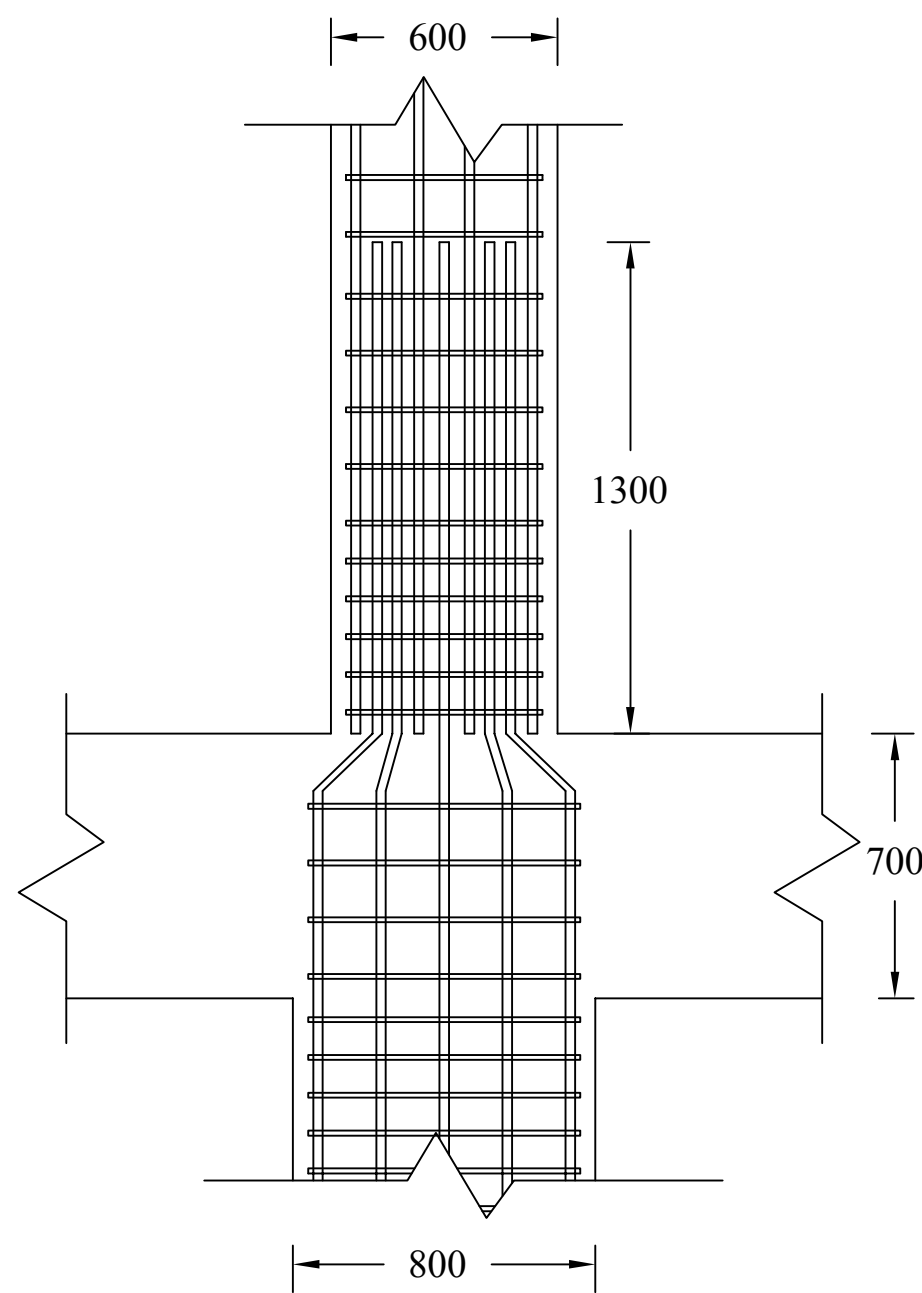
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**50**

**69**



01  
S.7 | 50 1:50  
**DETAIL HUBUNGAN BALOK-KOLOM K1-K2**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH RENCANA SHEARWALL**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

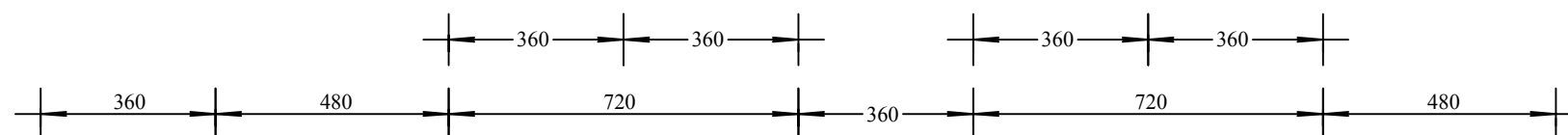
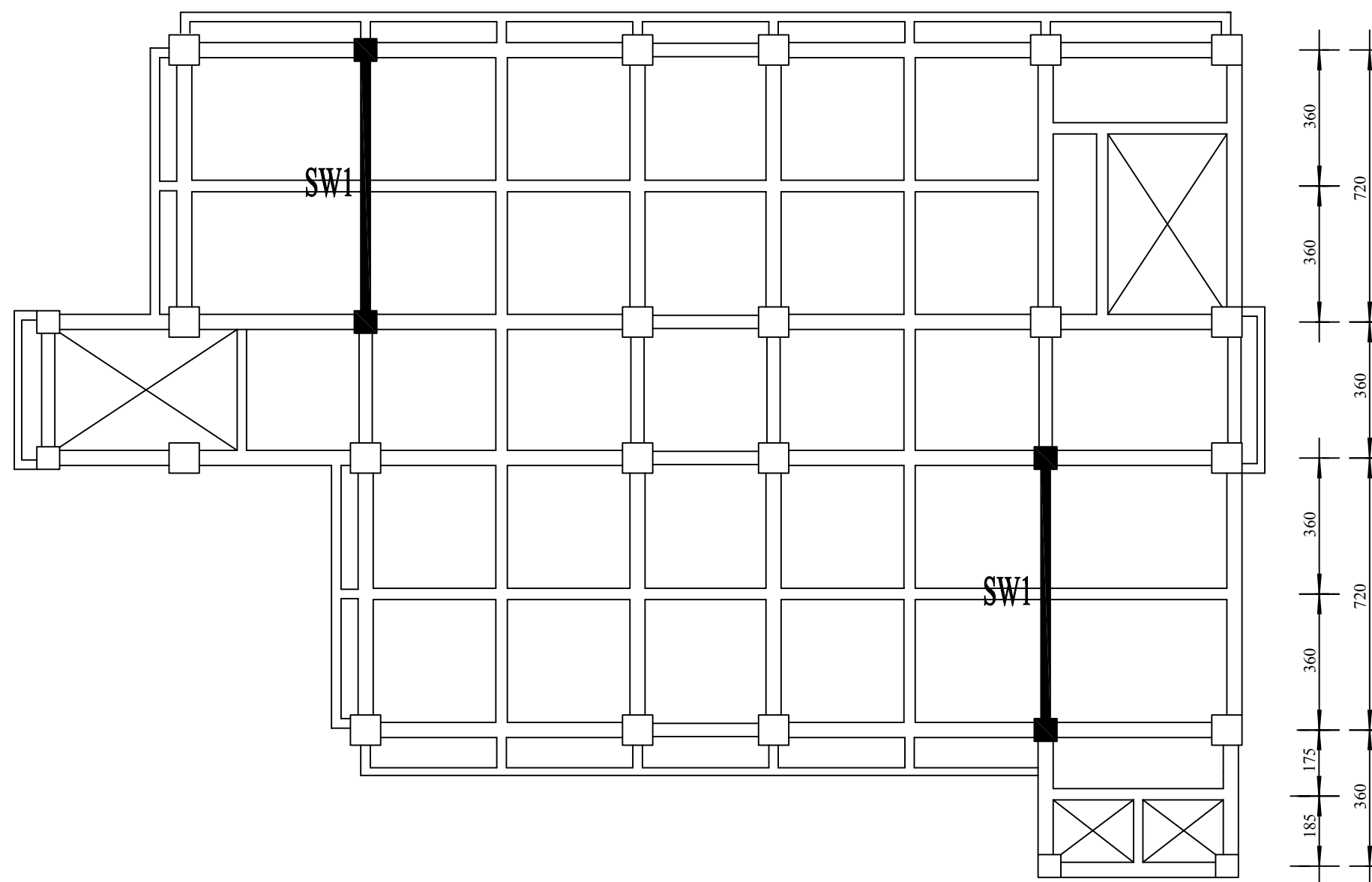
**1 : 150**

**NO. LEMBAR**

**51**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01  
 S.8 | 51

**RENCANA SHEARWALL LT.1 - LT. 11 (+0,0 s/d +42,0)**

1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN  
 SHEARWALL SW1

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

**52**

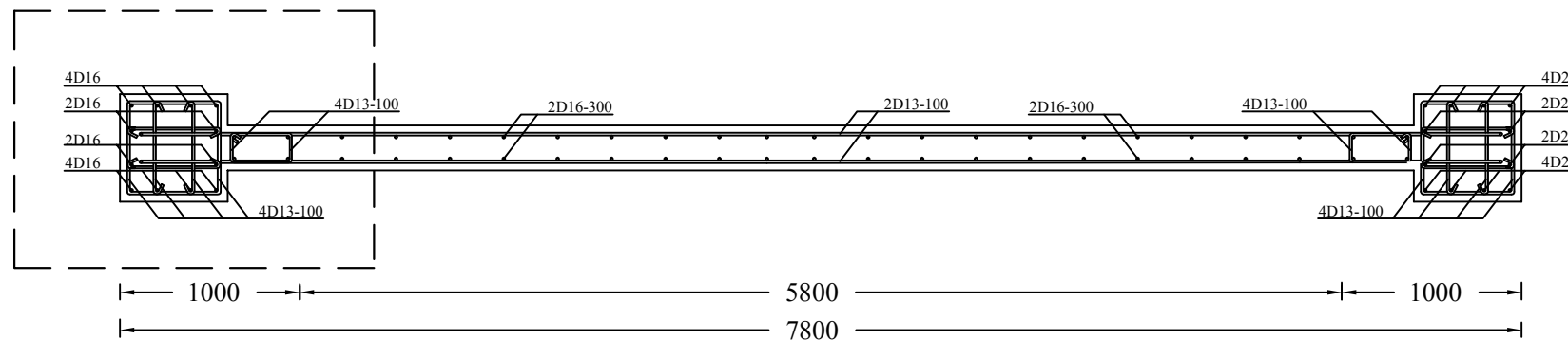
**SKALA**

-

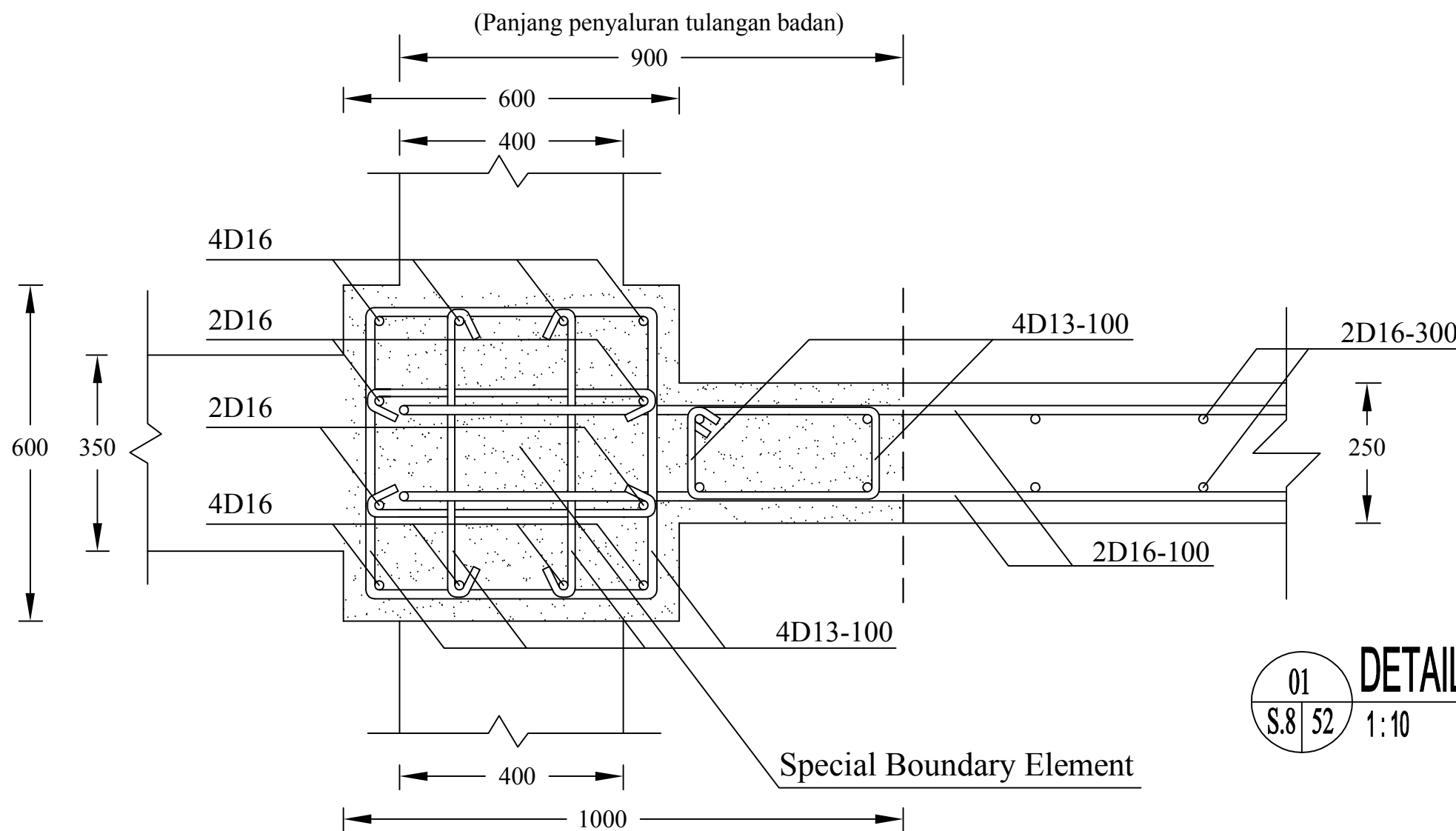
**JUMLAH LEMBAR**

**69**

**DETAIL A**



01 PENULANGAN SHEARWALL SW1  
 S.8 | 52 1:10



01 DETAIL A  
 S.8 | 52 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DENAH RENCANA  
 PONDASI DAN SLOOF**

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

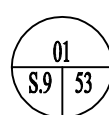
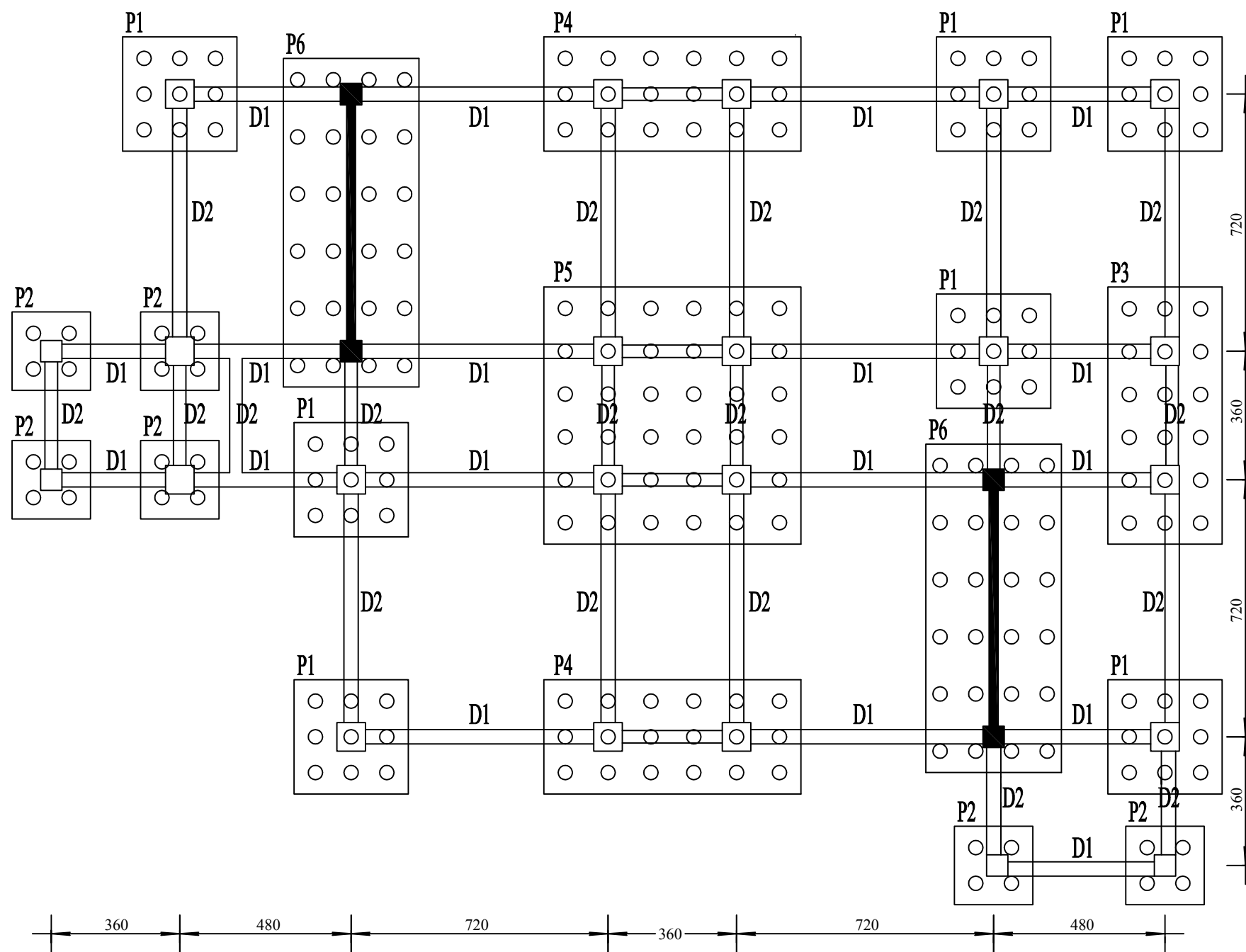
**1 : 150**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**53**

**69**



**DENAH RENCANA PONDASI**

1:150

**KETERANGAN:**

P1	3,2m x 3,2 m
P2	2,2m x 2,2 m
P3	3,2m x 7,2 m
P4	7,2m x 3,2 m
P5	7,2m x 7,2 m
P6	3,8m x 9,8 m

**KETERANGAN:**

D1	300 mm x 500 mm
D2	300 mm x 500 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PONDASI P1 & P2

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

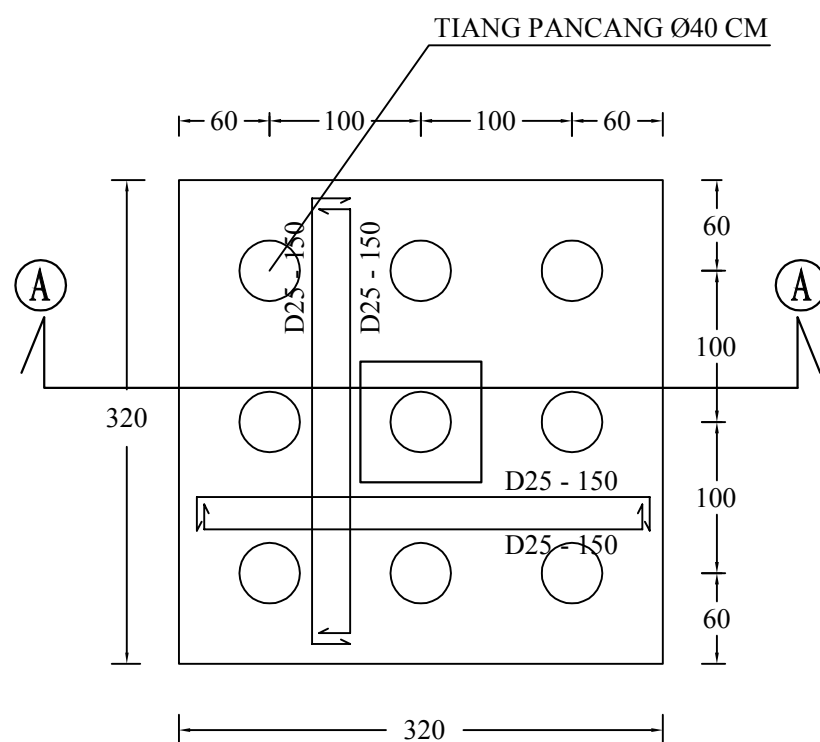
**54**

**SKALA**

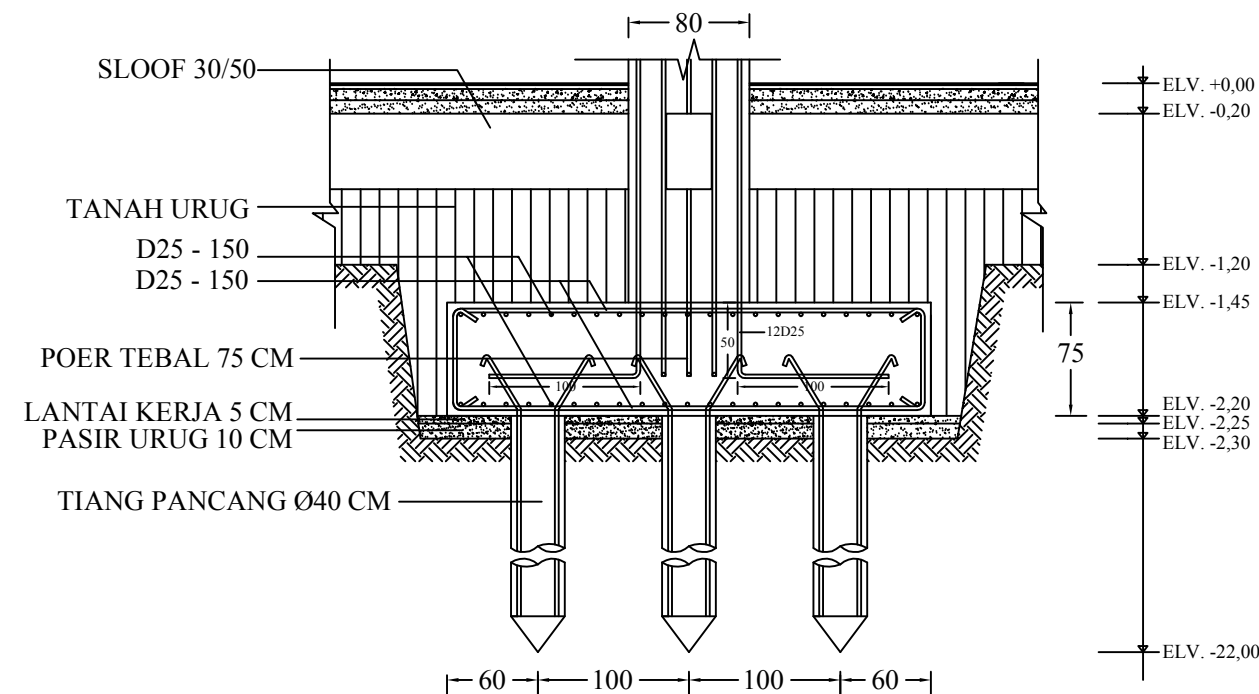
-

**JUMLAH LEMBAR**

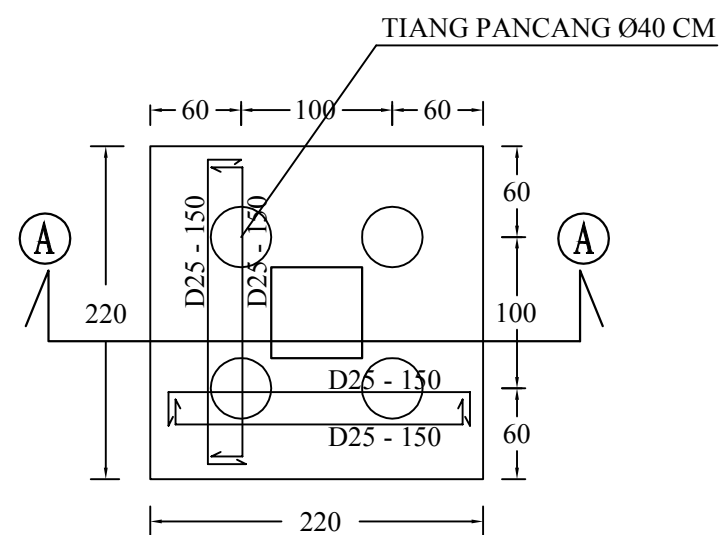
**69**



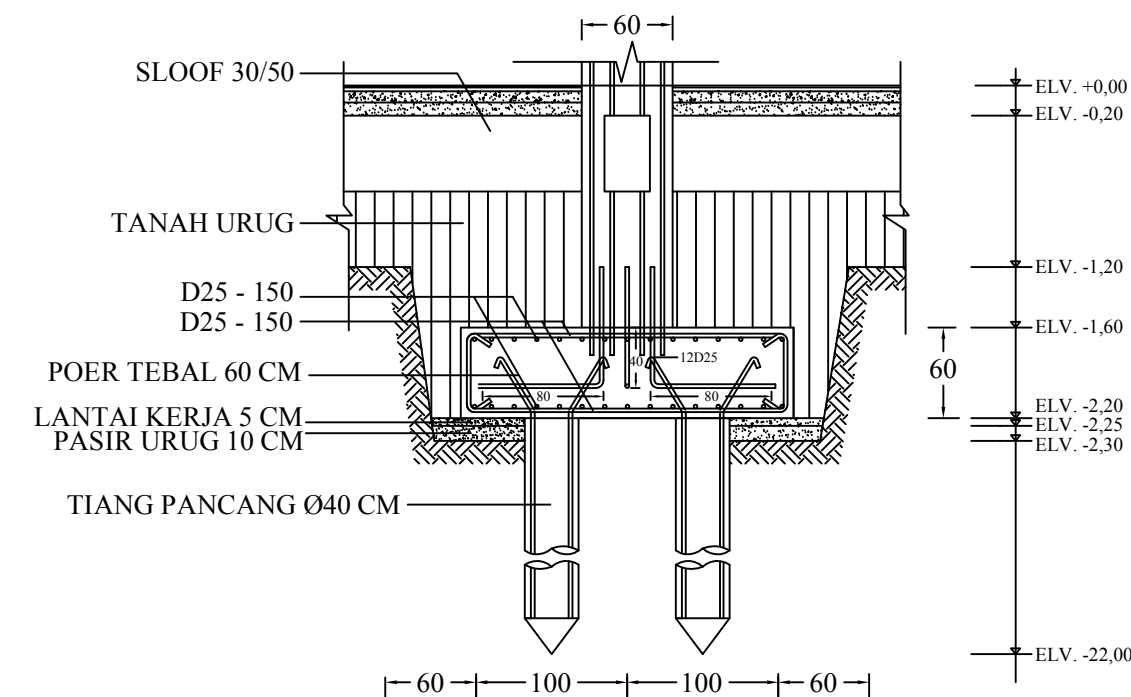
01 PENULANGAN PONDASI P1  
 S.9/54 1:20



02 POTONGAN A-A PONDASI P1  
 S.9/54 1:10



03 PENULANGAN PONDASI P2  
 S.9/54 1:10



04 POTONGAN A-A PONDASI P2  
 S.9/54 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PONDASI P3

KODE GAMBAR

**STR**

NO. LEMBAR

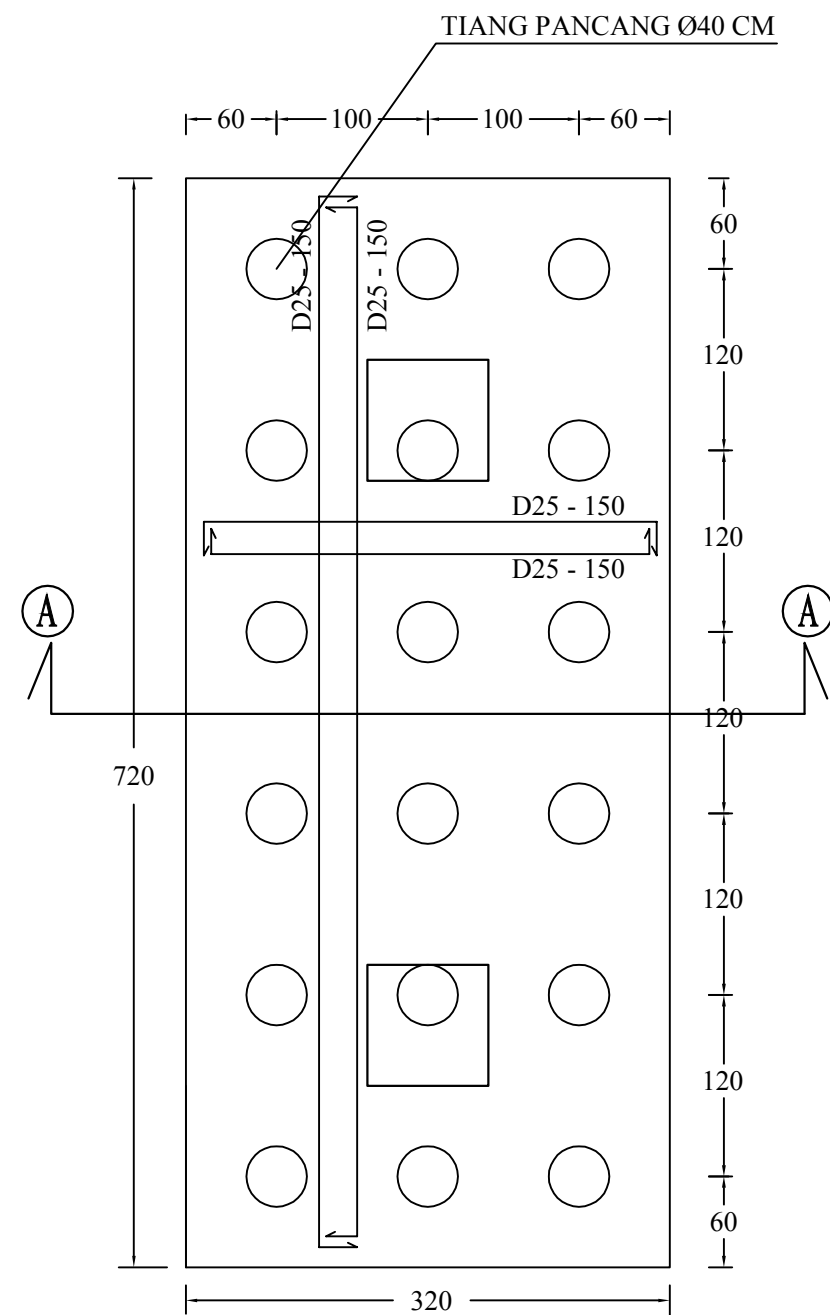
**55**

SKALA

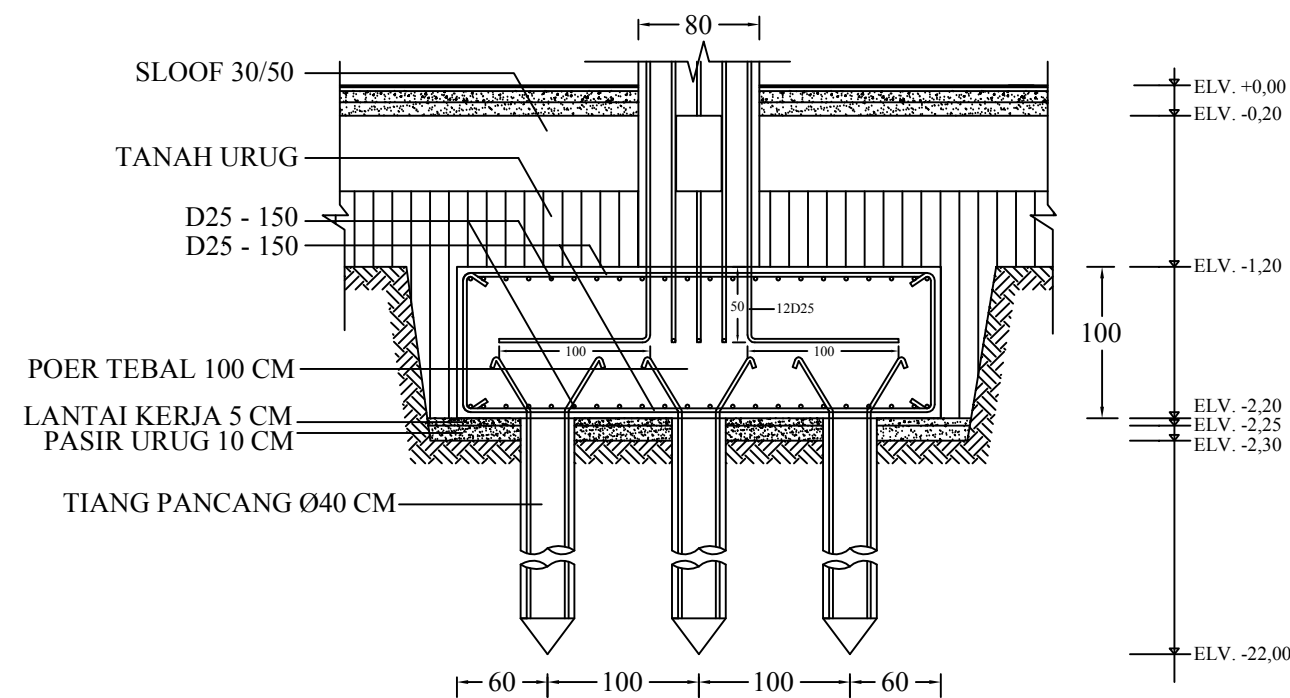
-

JUMLAH LEMBAR

**69**



**01** PENULANGAN PONDASI P3  
 S.9 | 55 1:10



**02** POTONGAN A-A PONDASI P3  
 S.9 | 55 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PONDASI P4

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

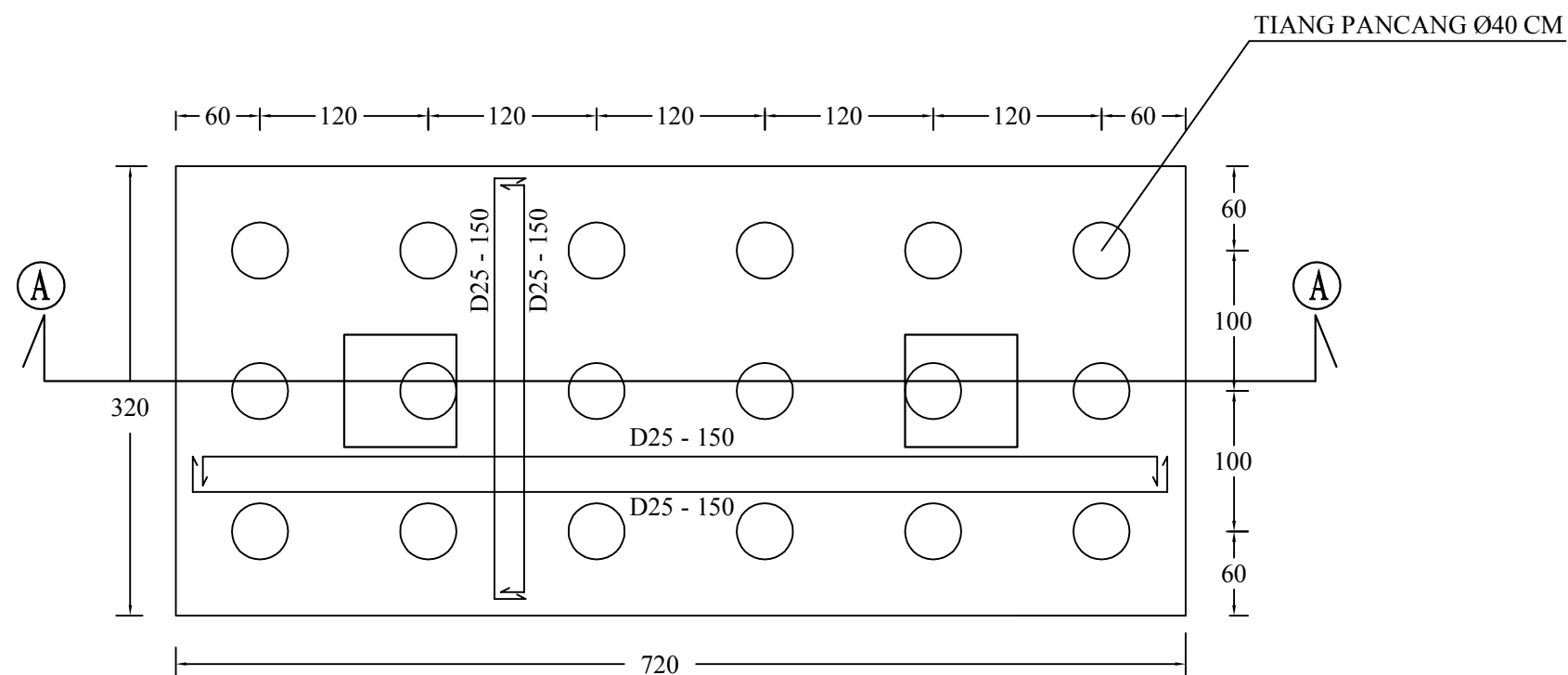
**56**

**SKALA**

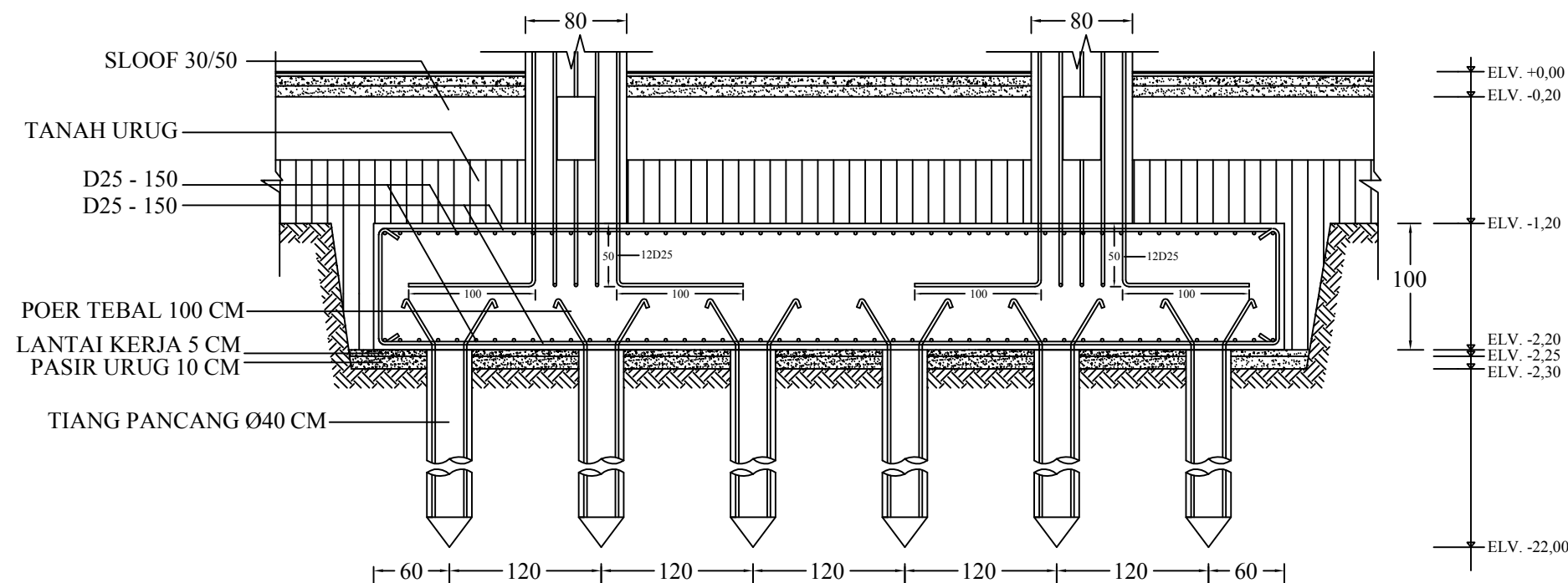
-

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01 PENULANGAN PONDASI P4  
 S.9/56 1:10



02 POTONGAN A-A PONDASI P4  
 S.9/56 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PONDASI P5

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

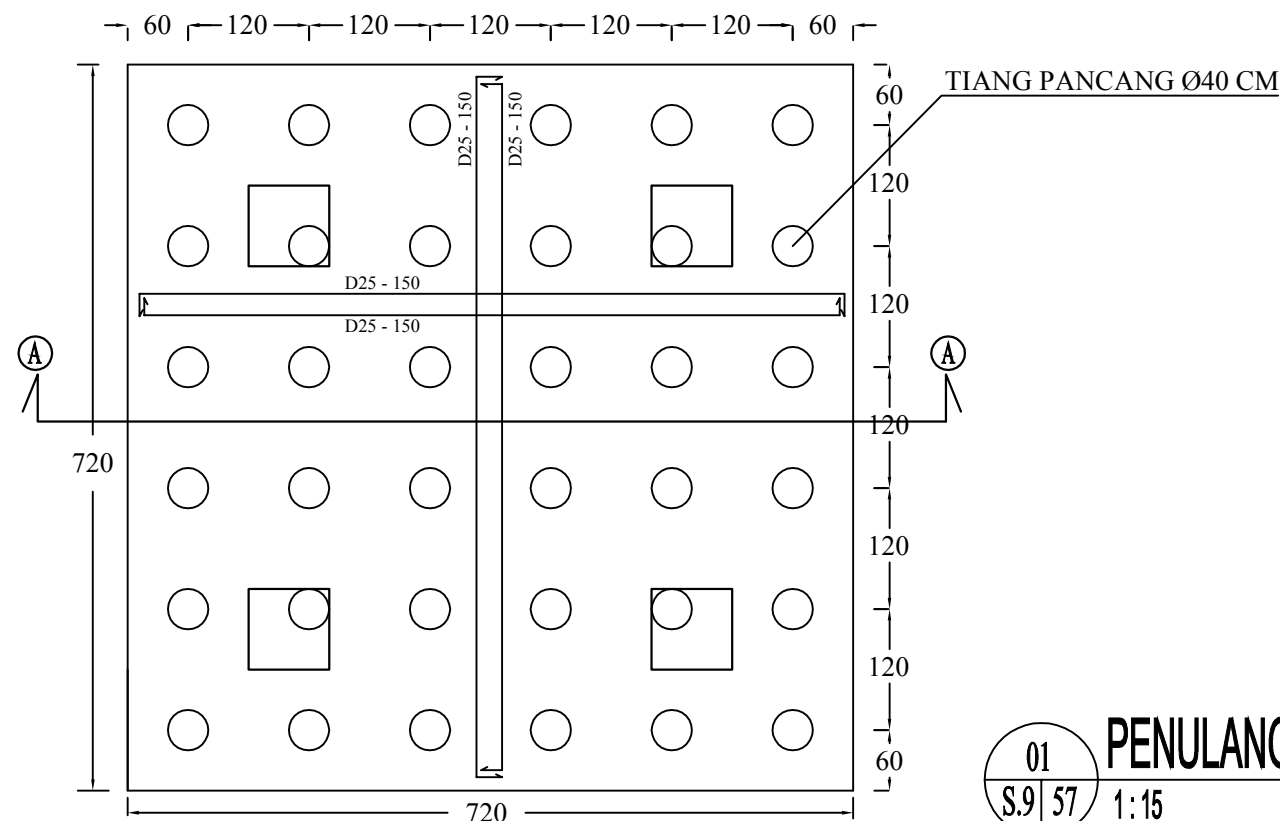
**57**

**SKALA**

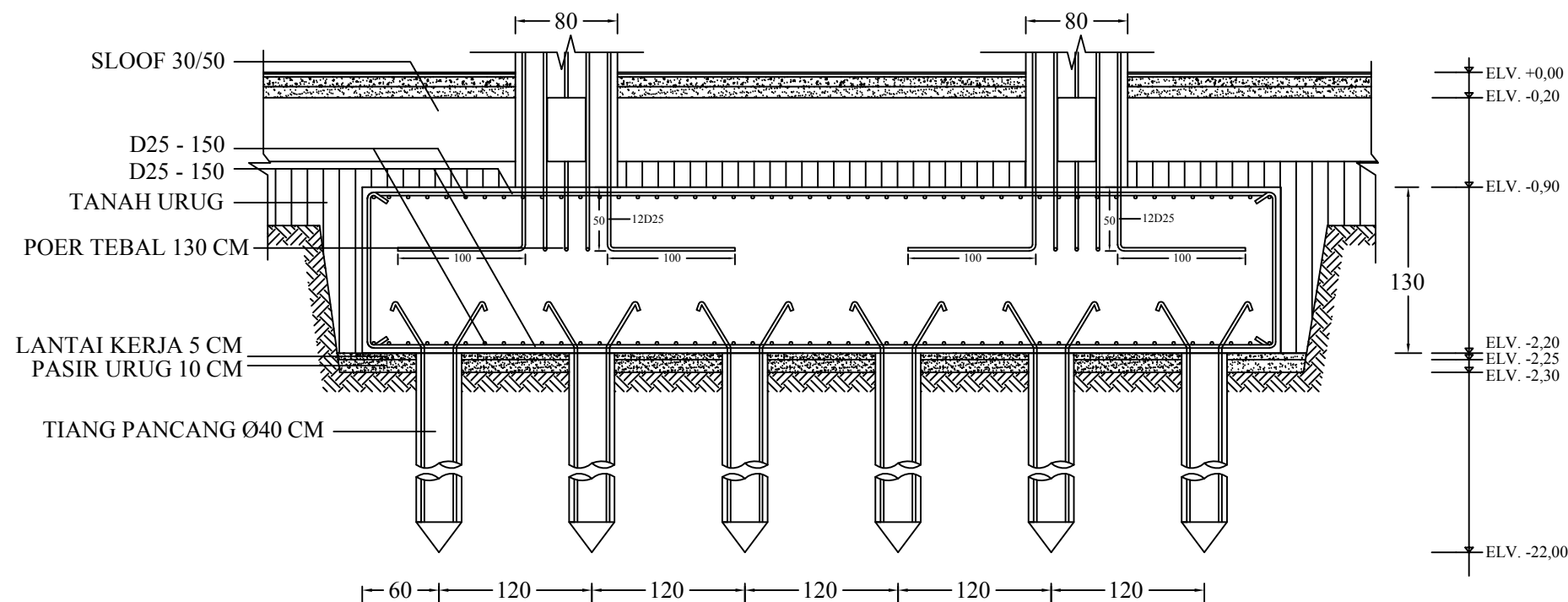
-

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01 PENULANGAN PONDASI P5  
 S.9 | 57 1:15



02 POTONGAN A-A PONDASI P5  
 S.9 | 57 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

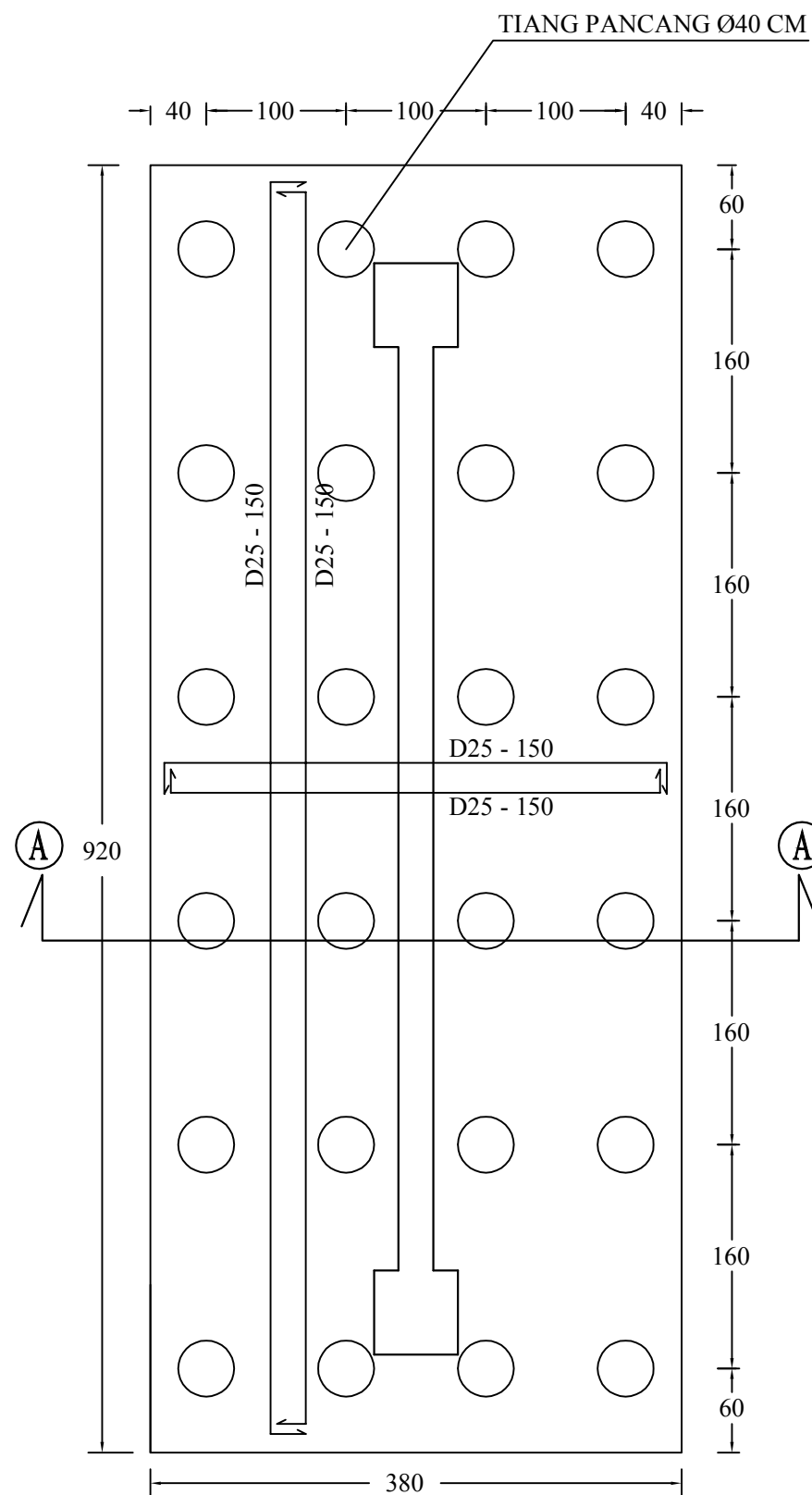
DETAIL PONDASI P6

KODE GAMBAR SKALA

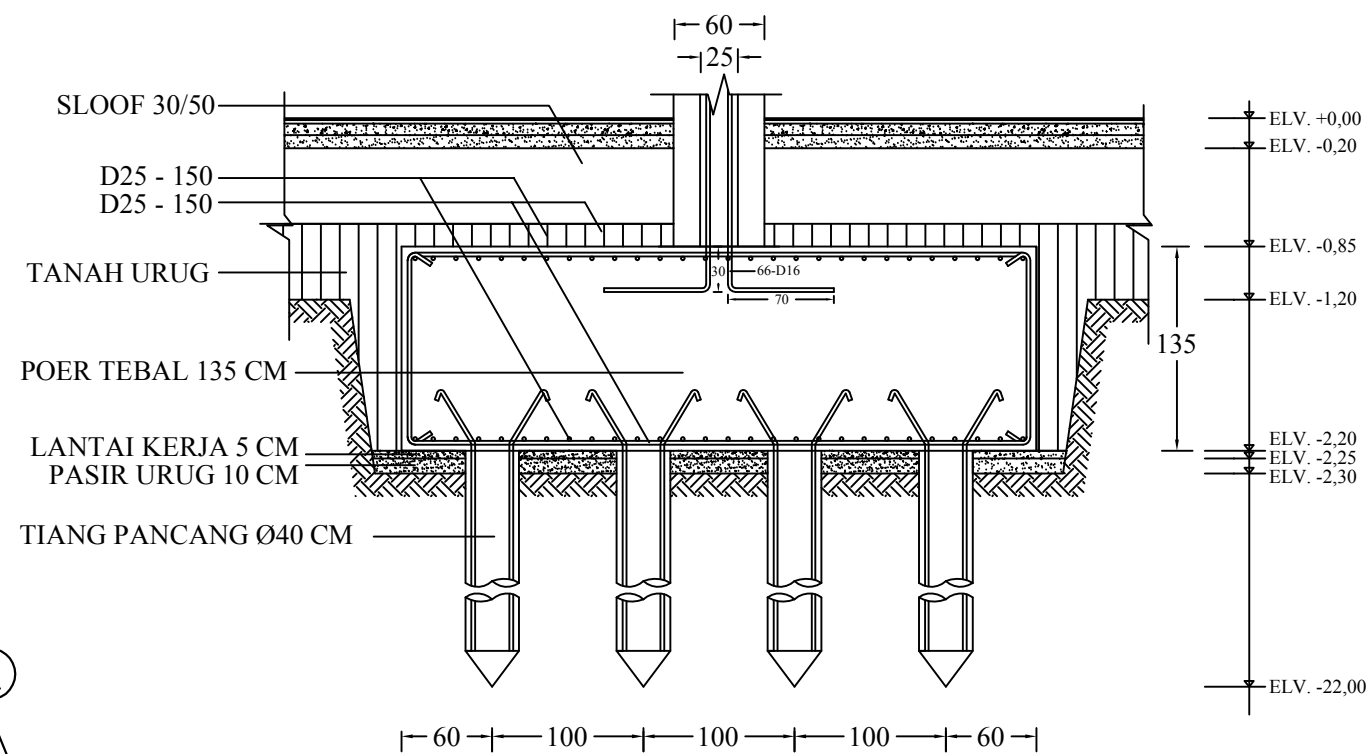
STR -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

58 69



01 PENULANGAN PONDASI P6  
 S.9 | 58 1:20



02 POTONGAN A-A PONDASI P6  
 S.9 | 58 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN SLOOF D1

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

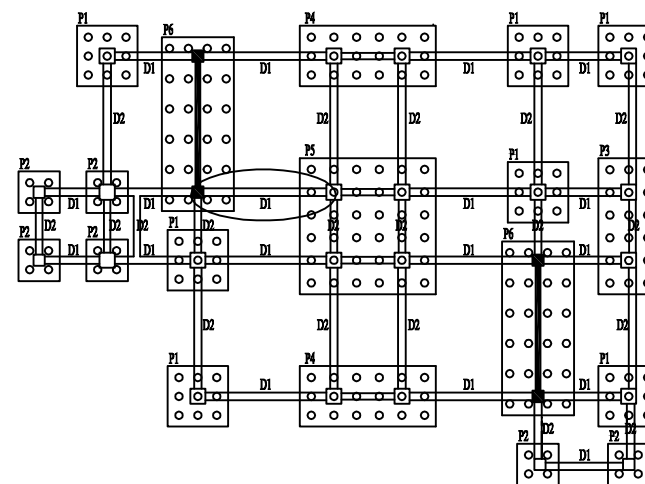
-

NO. LEMBAR

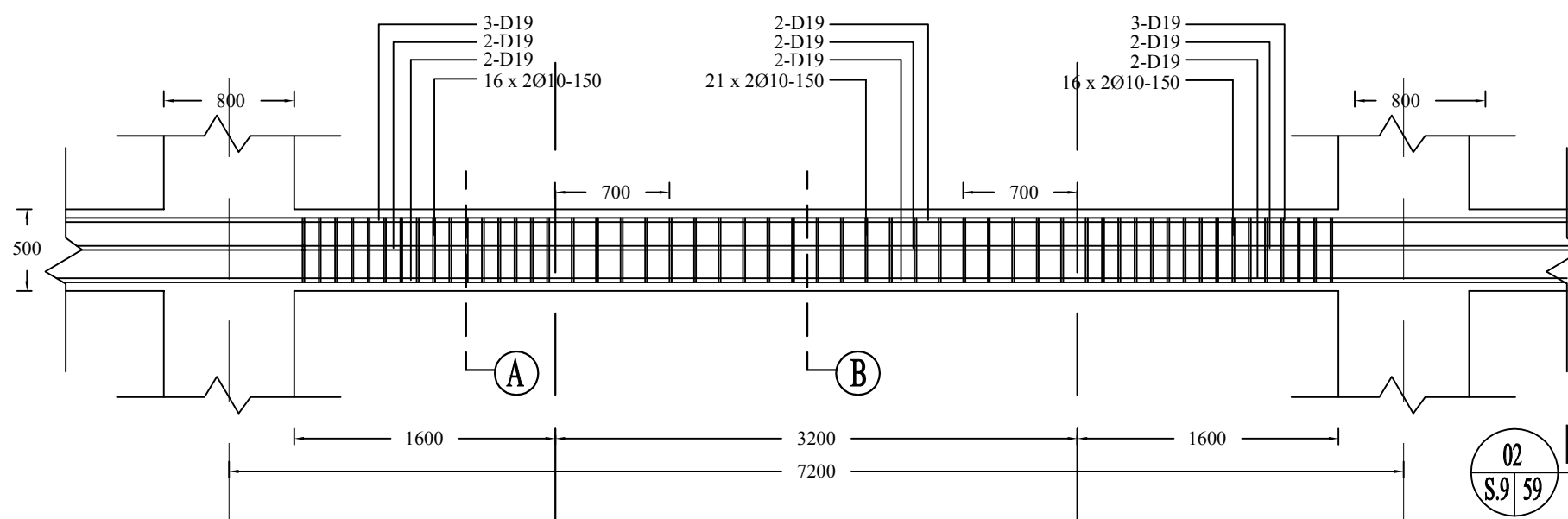
JUMLAH LEMBAR

**59**

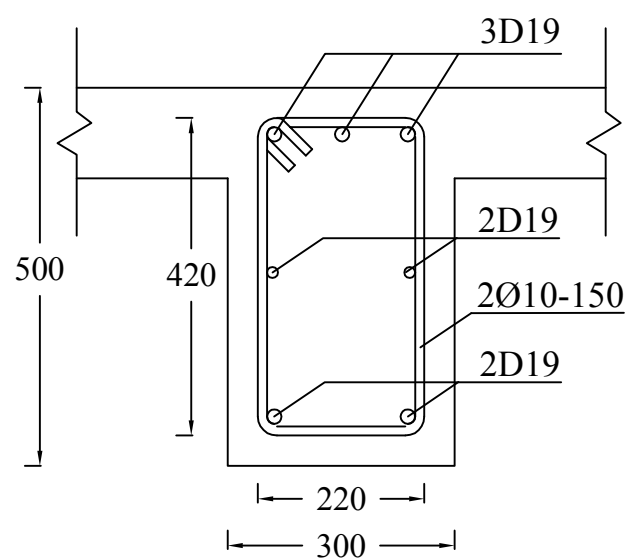
**69**



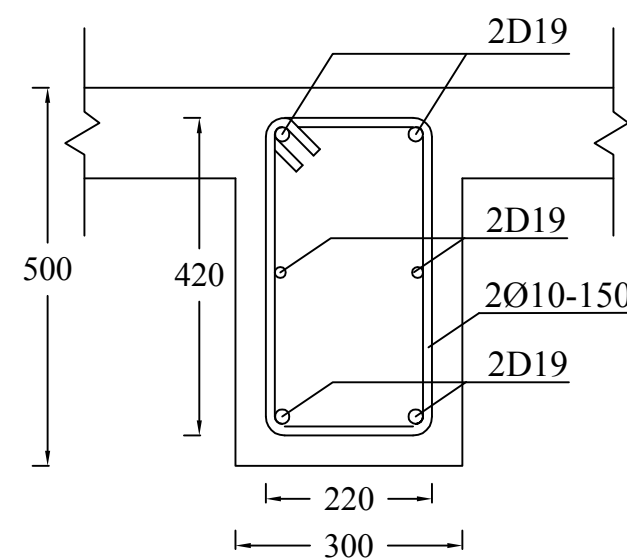
01 KEYPLAN SLOOF D1  
 S.9 | 59 1:500



02 PENULANGAN SLOOF D1  
 S.9 | 59 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.9 | 59 1:10



04 POTONGAN B-B  
 S.9 | 59 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN SLOOF D2

KODE GAMBAR

SKALA

**STR**

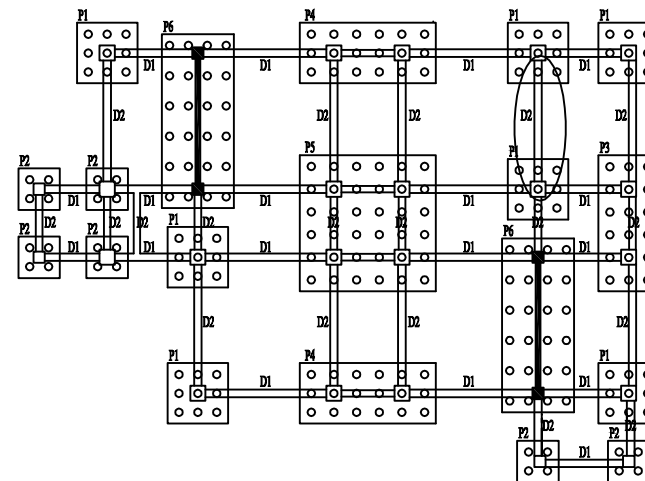
-

NO. LEMBAR

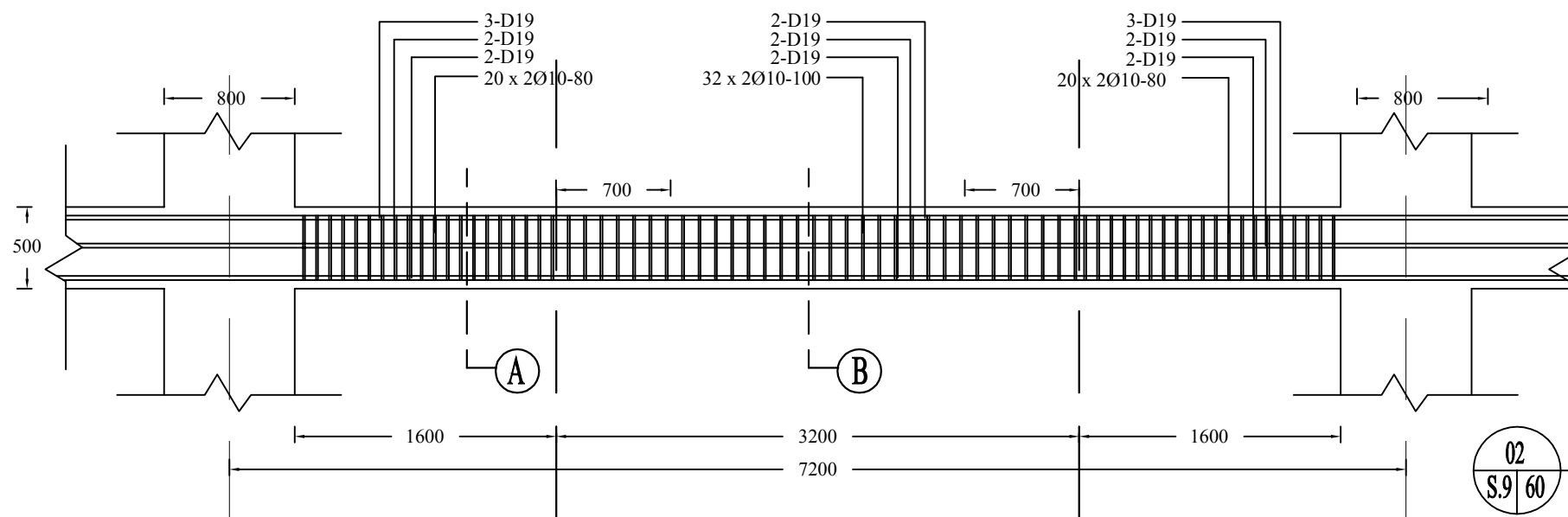
JUMLAH LEMBAR

**60**

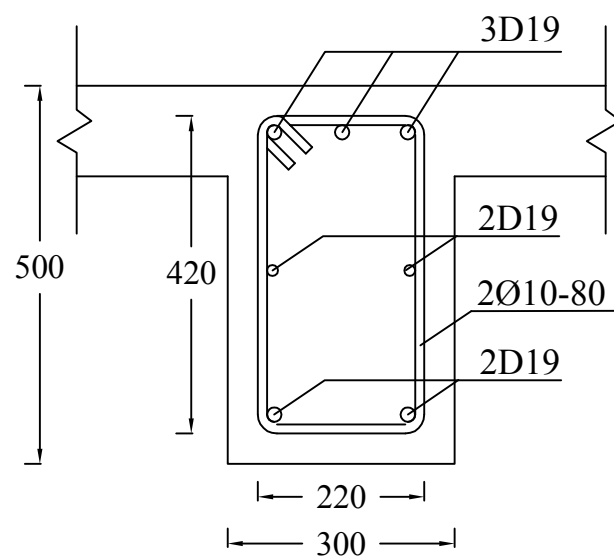
**69**



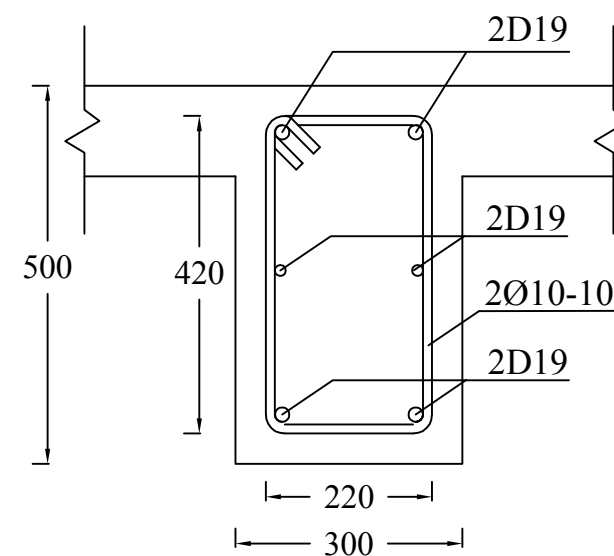
01 KEYPLAN SLOOF D2  
 S.9/60 1:500



02 PENULANGAN SLOOF D2  
 S.9/60 1:25



03 POTONGAN A-A  
 S.9/60 1:10



04 POTONGAN B-B  
 S.9/60 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

RENCANA ATAP

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

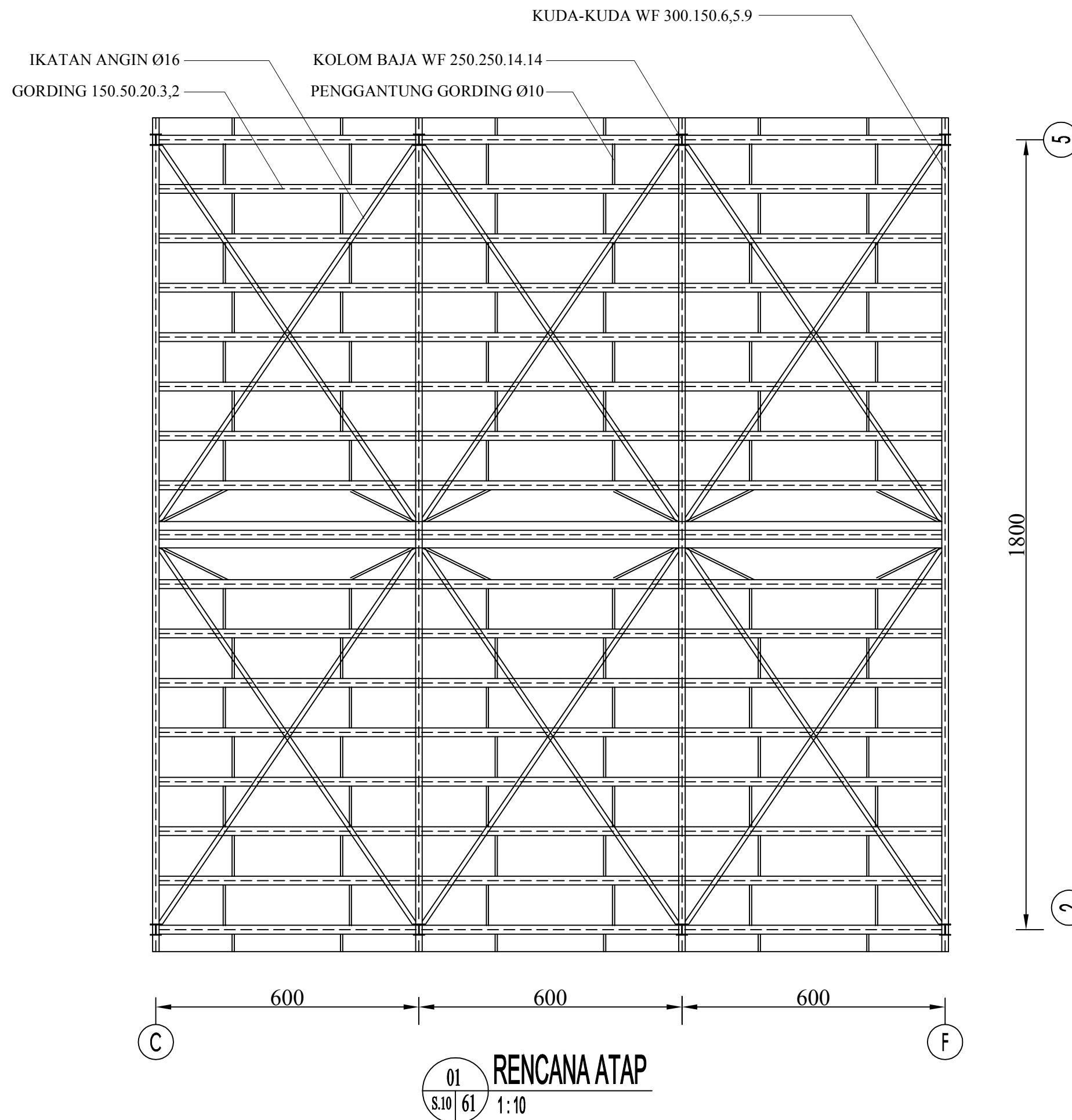
-

**NO. LEMBAR**

**61**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

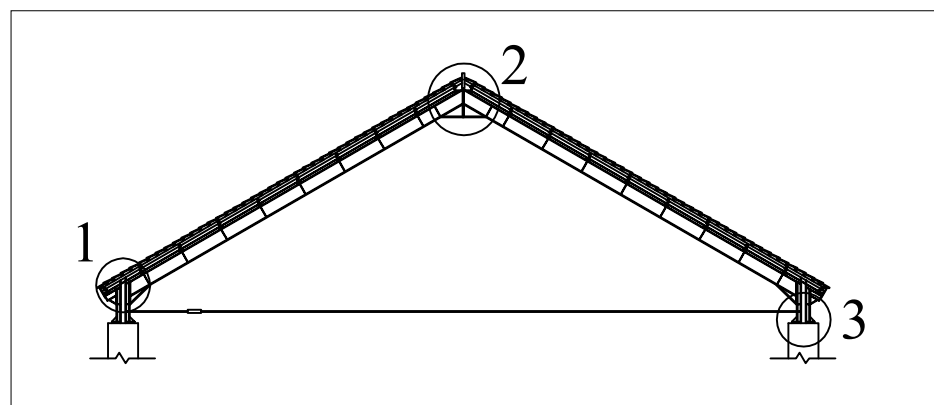
DETAIL SAMBUNGAN 1

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

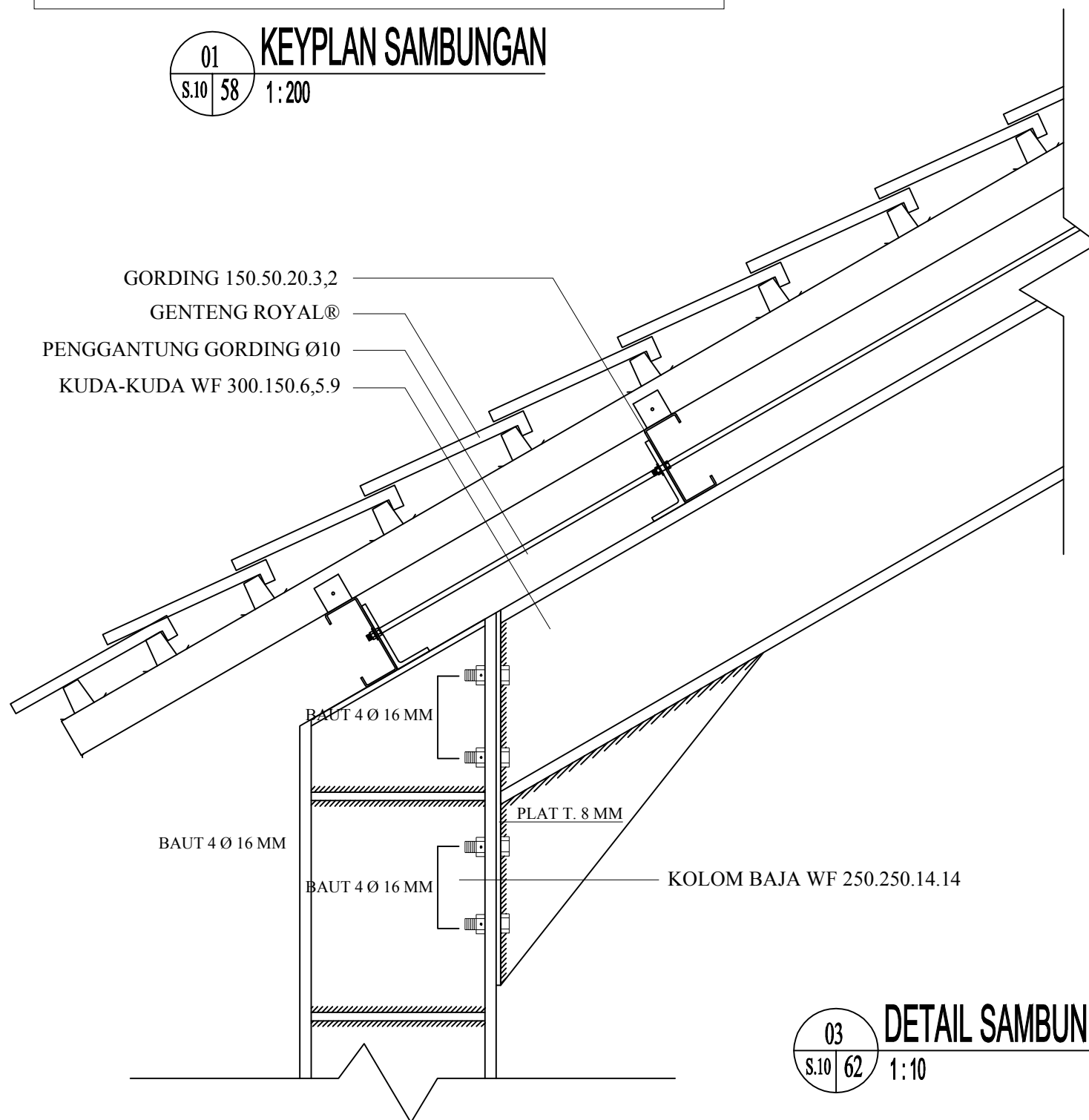
<b>STR</b>	-
------------	---

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

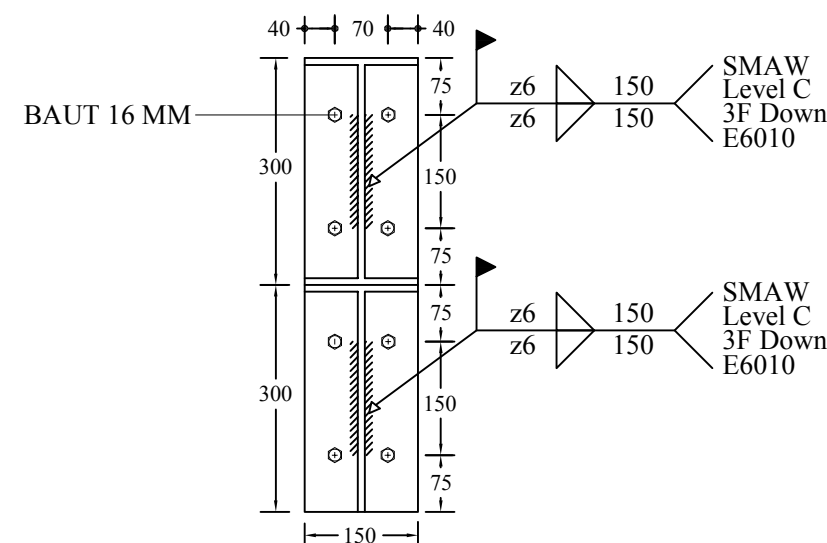
<b>62</b>	<b>69</b>
-----------	-----------



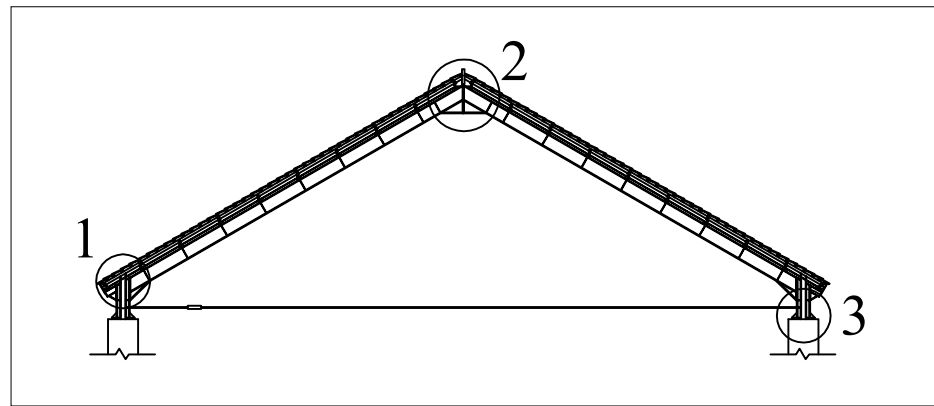
01 KEYPLAN SAMBUNGAN  
 S.10 | 58 1:200



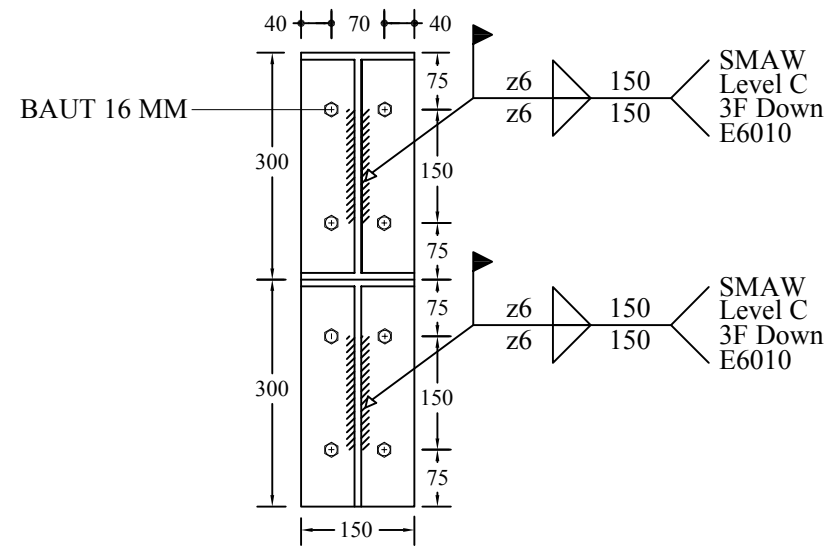
03 DETAIL SAMBUNGAN 1  
 S.10 | 62 1:10



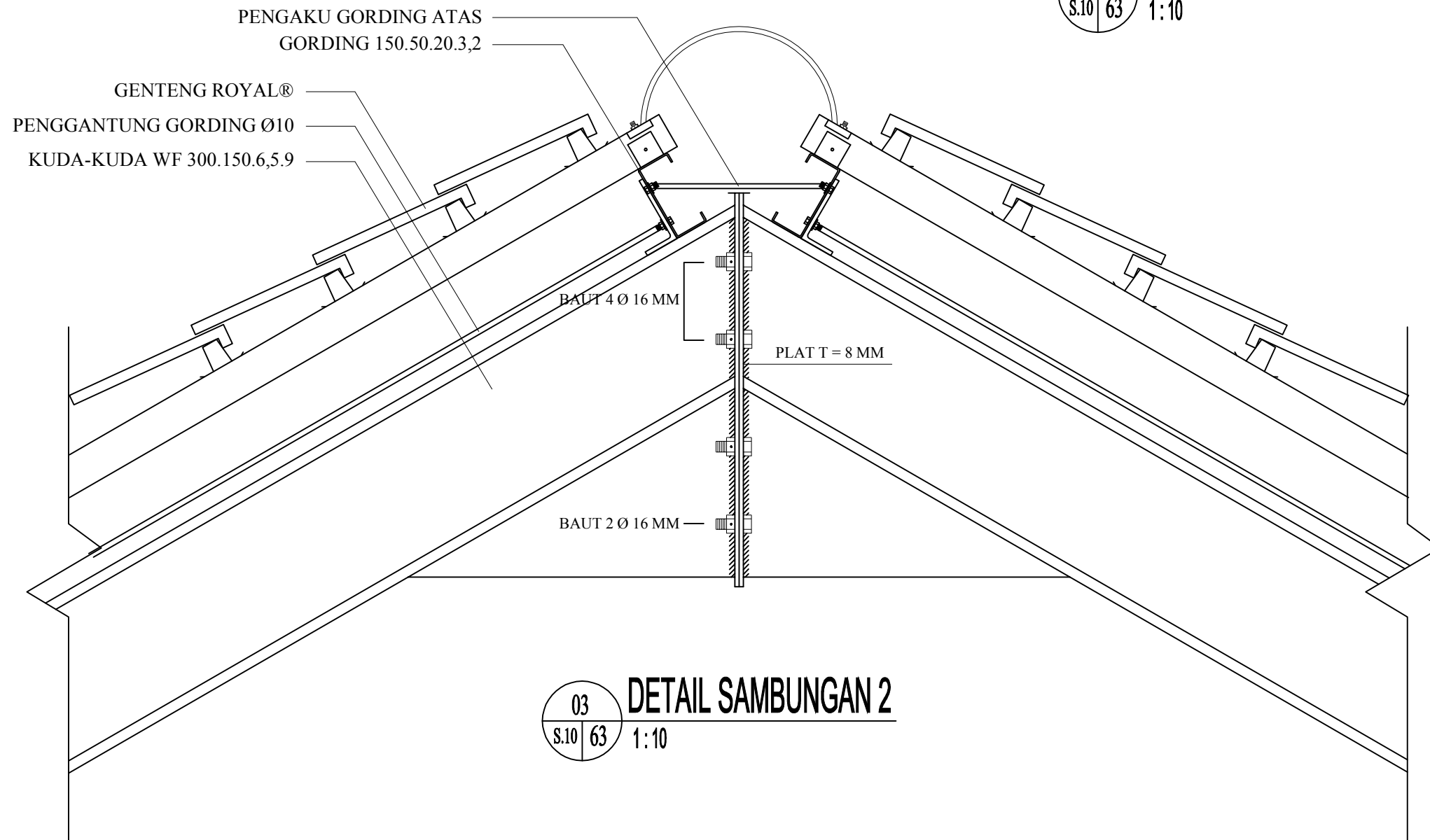
02 DETAIL BAUT  
 S.10 | 62 1:10



**01 KEYPLAN SAMBUNGAN**  
S.10 | 59 | 1:10



**02 DETAIL BAUT**  
S.10 | 63 | 1:10



**03 DETAIL SAMBUNGAN 2**  
S.10 | 63 | 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
SERTA METODE PELAKSANAAN  
PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
MUTU BETON = 35 Mpa  
MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL SAMBUNGAN 2

**KODE GAMBAR**

**STR**

**SKALA**

-

**NO. LEMBAR**

**63**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
 SERTA METODE PELAKSANAAN  
 PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

DETAIL SAMBUNGAN 3

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

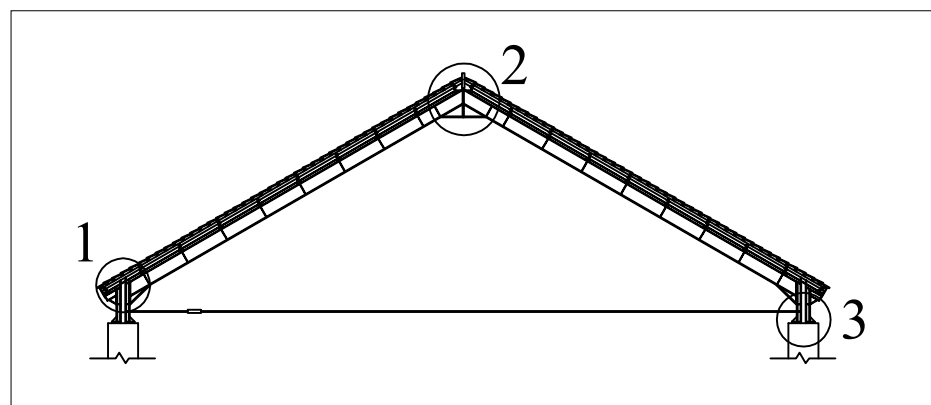
**64**

**SKALA**

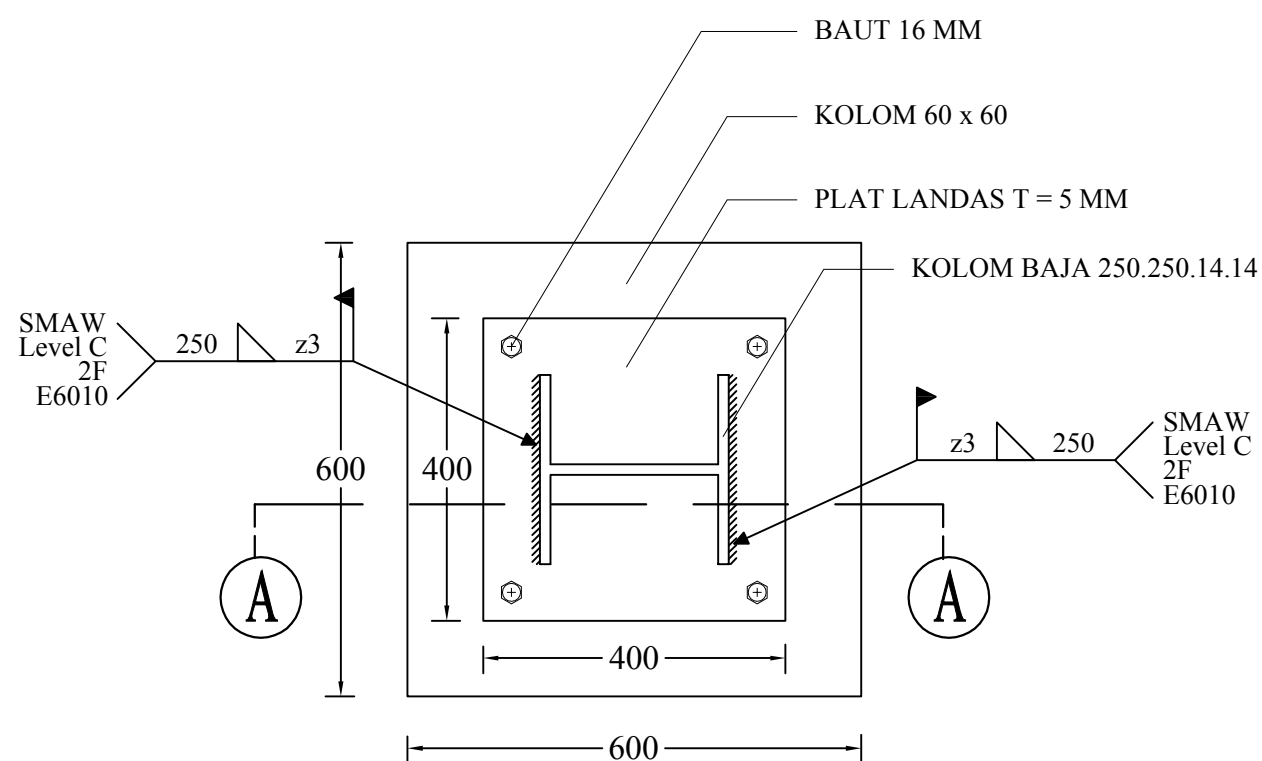
-

**JUMLAH LEMBAR**

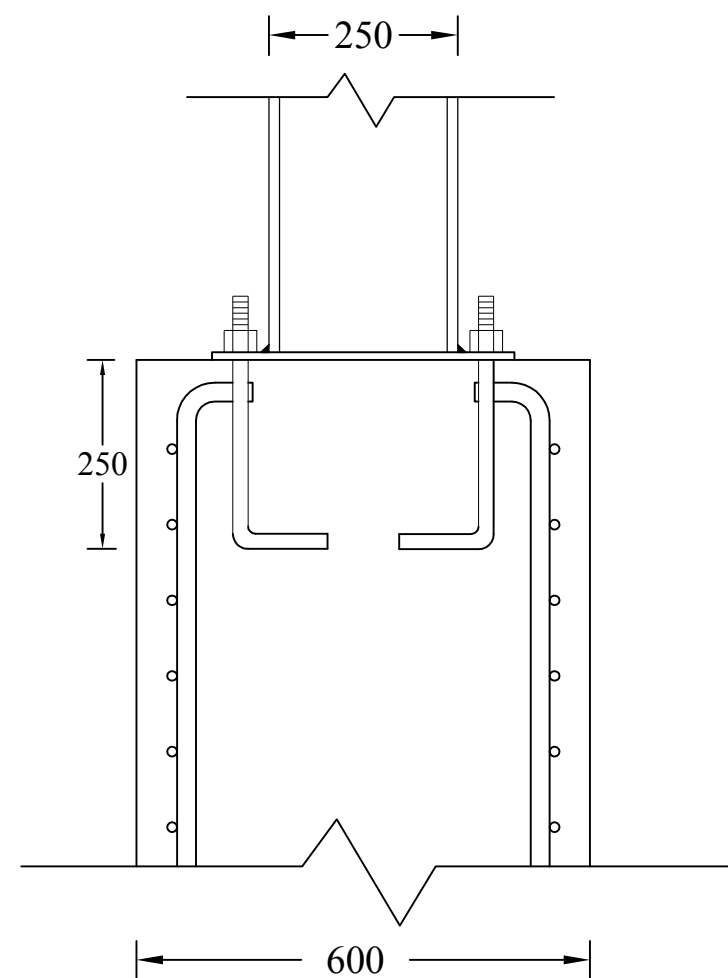
**69**



01 KEYPLAN SAMBUNGAN  
 S.10 64 1:10



02 DETAIL SAMBUNGAN 3  
 S.10 64 1:10



03 POTONGAN A-A  
 S.10 64 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN SHEARWALL  
SERTA METODE PELAKSANAAN  
PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
MUTU BETON = 35 Mpa  
MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**DETAIL IKATAN ANGIN &  
PENGANTUNG GORDING**

**KODE GAMBAR**

**STR**

**NO. LEMBAR**

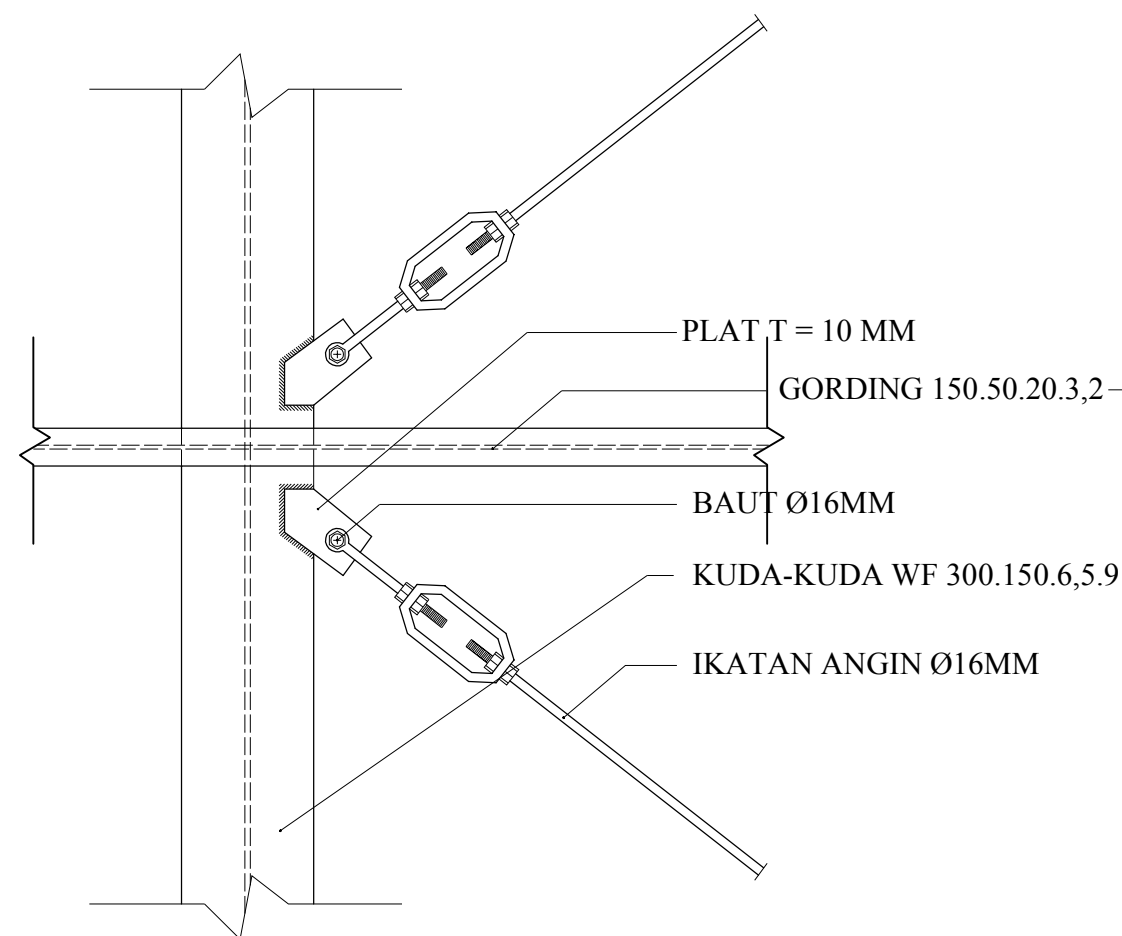
**65**

**SKALA**

-

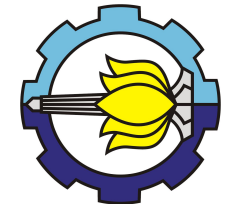
**JUMLAH LEMBAR**

**69**



01  
s.10 | 65  
**DETAIL IKATAN ANGIN**  
1:10

02  
s.10 | 65  
**DETAIL PENGANTUNG GORDING**  
1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D**  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

**Hisyam Ashfahani**  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**PORTAL ARAH MEMANJANG  
 (AS-4)**

**KODE GAMBAR**

**ARS**

**SKALA**

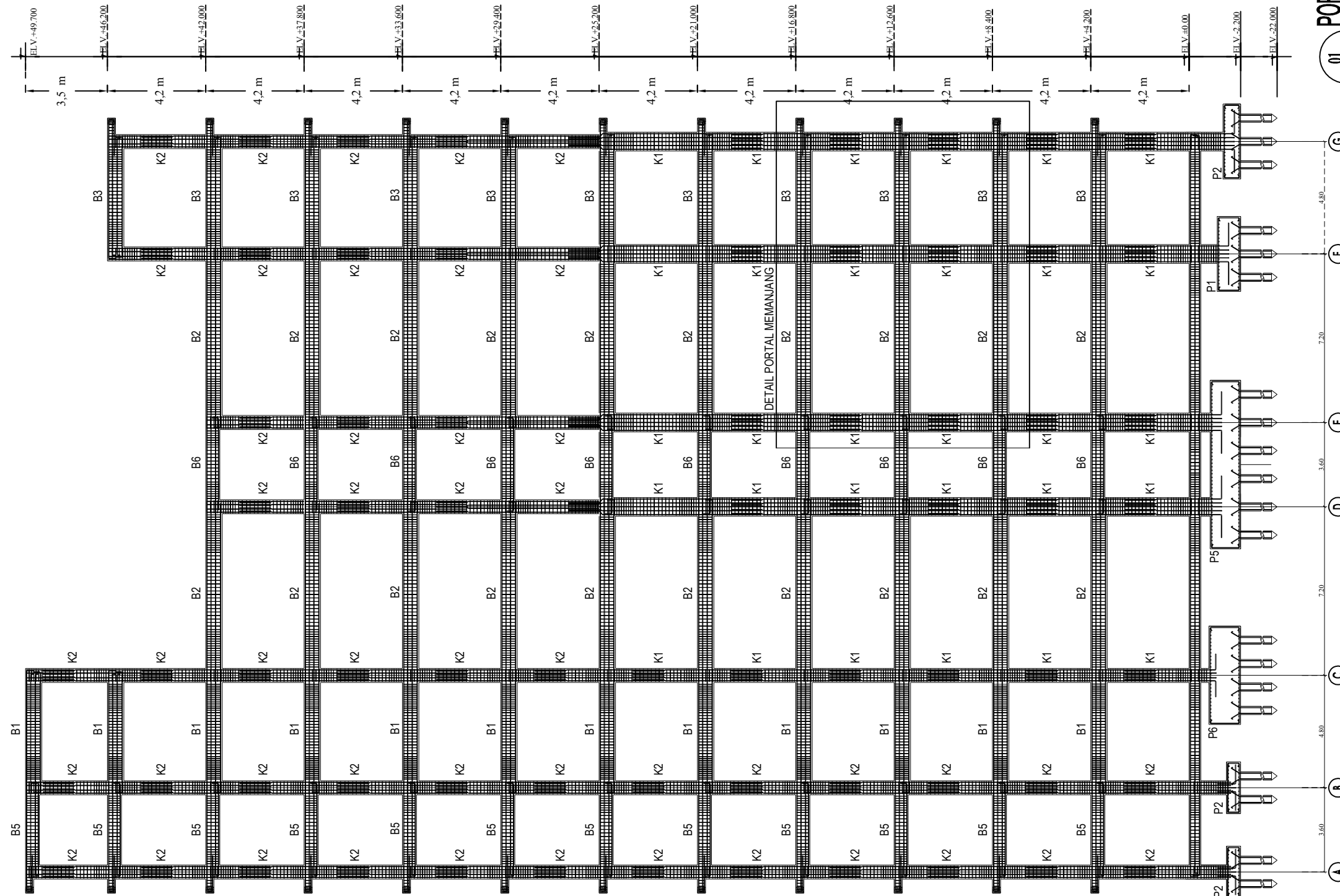
**1 : 200**

**NO. LEMBAR**

**66**

**JUMLAH LEMBAR**

**69**



**PORTAL MEMANJANG (AS-4)**

01  
S.111 66  
1:200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA  
MENGUNAKAN SRPMK DAN  
SHEARWALL SERTA METODE  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
NRP. 3113041032

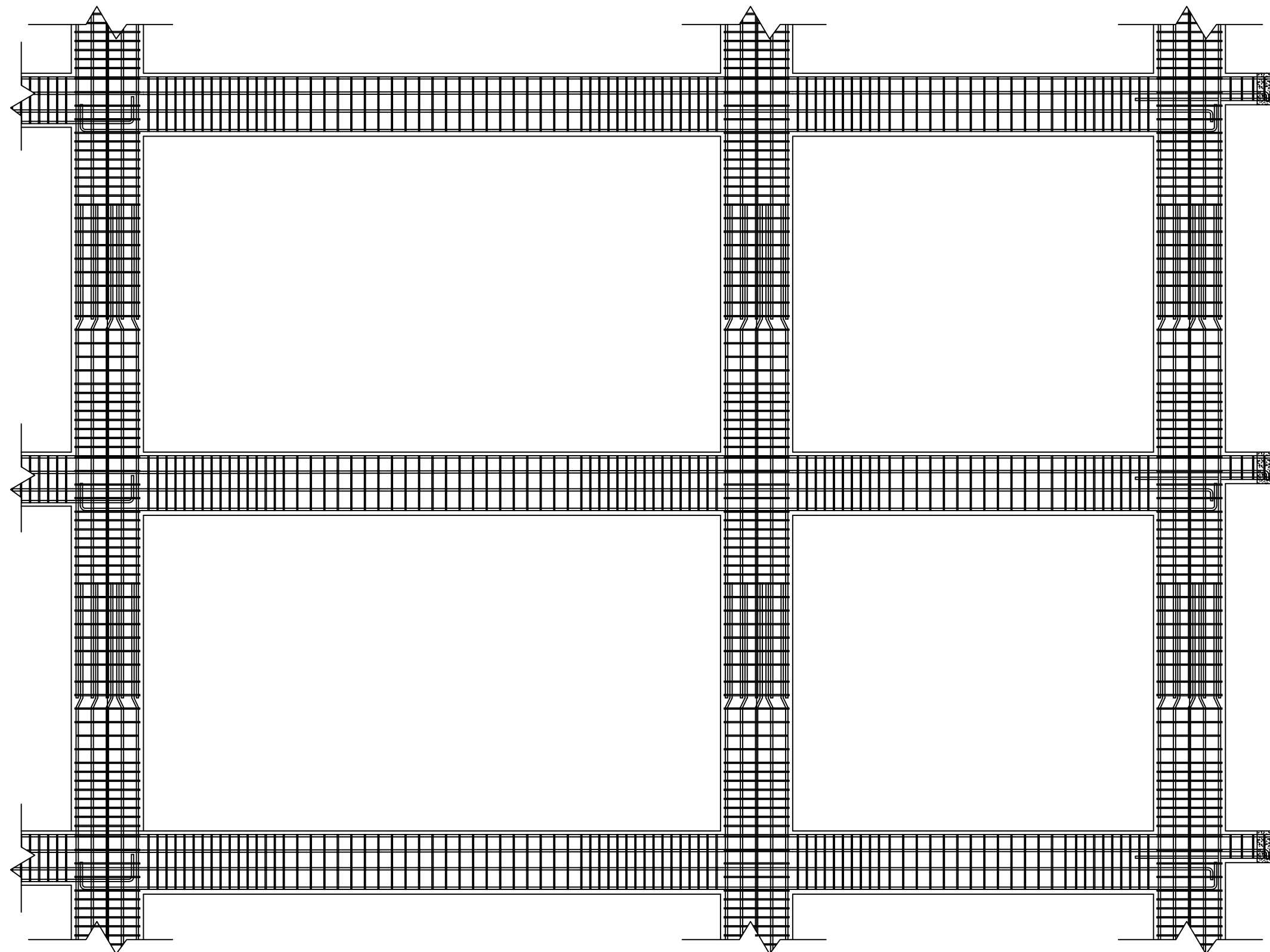
**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
MUTU BETON = 35 Mpa  
MUTU BAJA = 400 Mpa

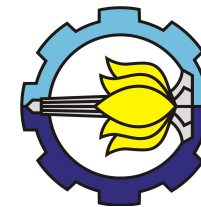
**NAMA GAMBAR**

**DETAIL PORTAL MEMANJANG**

KODE GAMBAR	SKALA
<b>ARS</b>	<b>1 : 200</b>
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
<b>67</b>	<b>69</b>



01 **DETAIL PORTAL MEMANJANG**  
S.11 67 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN  
 GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

**PORTAL ARAH MELINTANG  
 (AS-F)**

KODE GAMBAR

SKALA

**ARS**

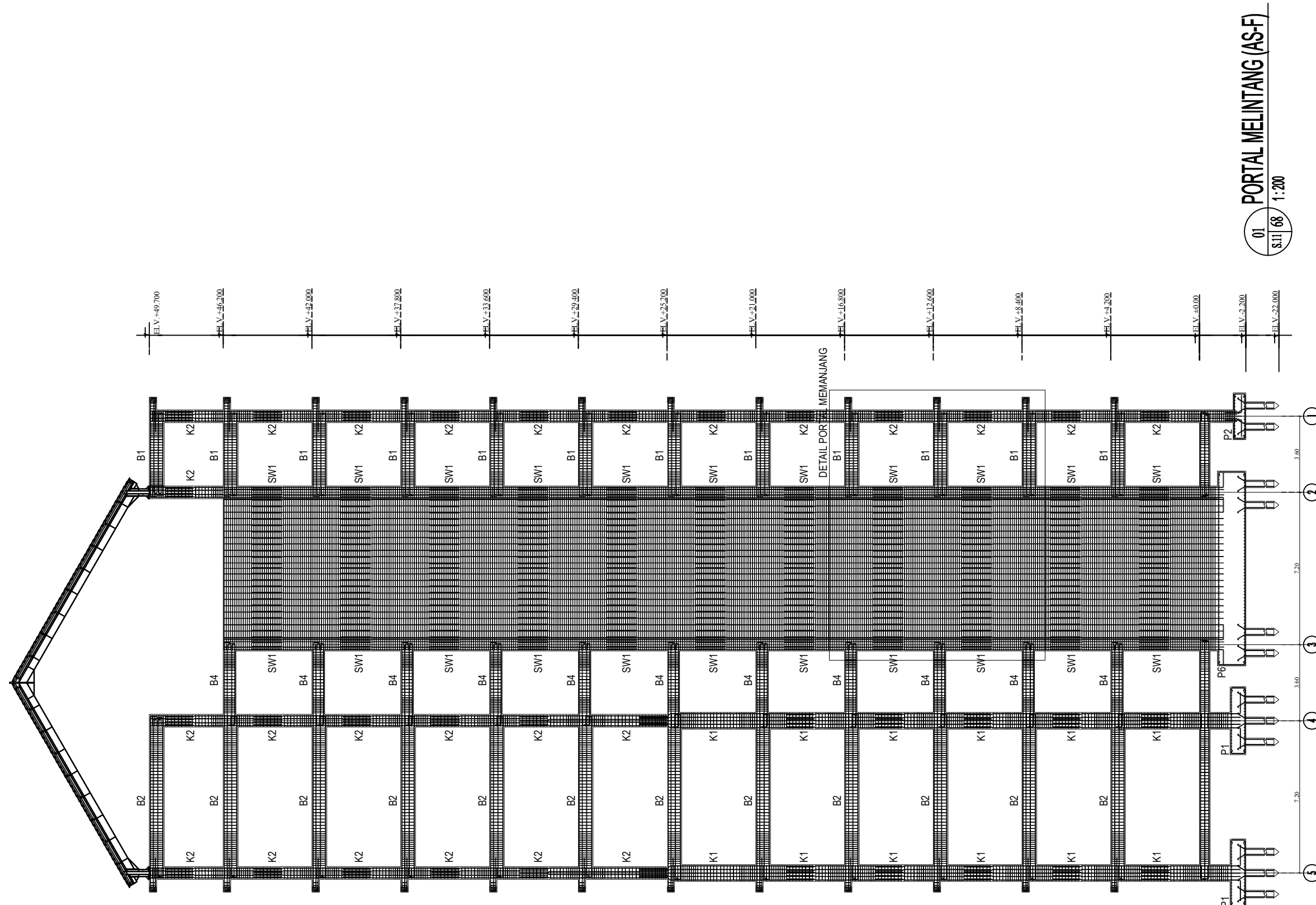
**1 : 200**

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

**68**

**69**



**PORTAL MELINTANG (AS-F)**  
 01  
 S.II  
 68  
 1:200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN**

DESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG  
 PERKULIAHAN DI SURABAYA  
 MENGGUNAKAN SRPMK DAN  
 SHEARWALL SERTA METODE  
 PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D  
 NIP. 19630726 198903 1 003

**NAMA MAHASISWA**

Hisyam Ashfahani  
 NRP. 3113041032

**KETERANGAN**

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN  
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK  
 MUTU BETON = 35 Mpa  
 MUTU BAJA = 400 Mpa

**NAMA GAMBAR**

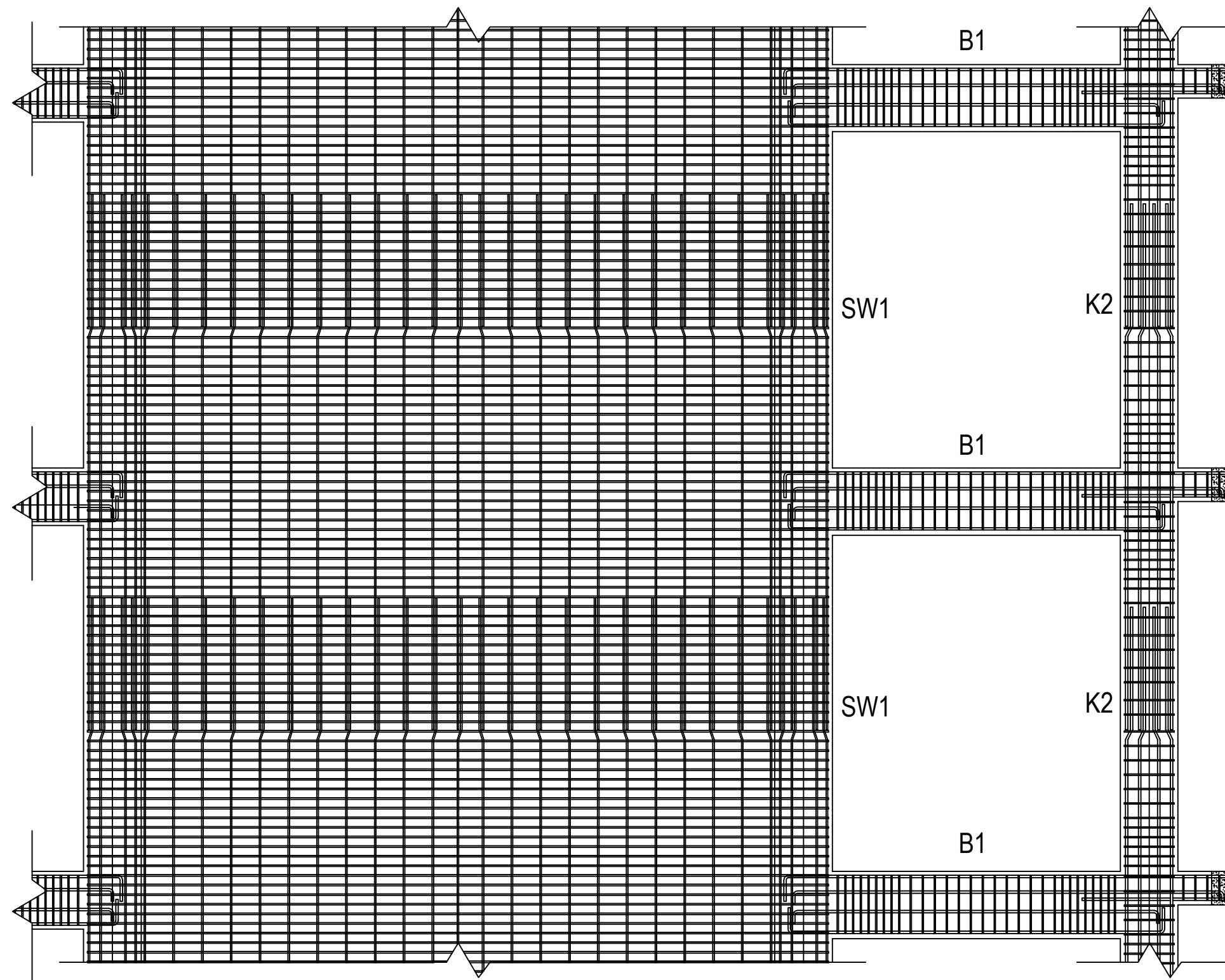
**DETAIL PORTAL MELINTANG**

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

<b>ARS</b>	<b>1 : 200</b>
------------	----------------

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

<b>69</b>	<b>69</b>
-----------	-----------



01  
 S.11 | 69

**DETAIL PORTAL MELINTANG**

1:50