



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI SURABAYA
MENGUNAKAN *DUAL SYSTEM***

**Ivanda Aryanti Wibawa
NRP. 10111410000050**

**Dosen Pembimbing I
R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI SURABAYA
MENGUNAKAN *DUAL SYSTEM***

**Ivanda Aryanti Wibawa
NRP. 10111410000050**

**Dosen Pembimbing I
R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RC 146599

STRUCTURE MODIFICATION OF LECTURE BUILDING WITH 8 FLOORS IN SURABAYA USING DUAL SYSTEM

**Ivanda Aryanti Wibawa
NRP. 10111410000050**

**Supervisor I
R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**Supervisor II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001**

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VACATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**“MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN 8
LANTAI DI SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL
SYSTEM*”**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Terapan Teknik

Pada

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 30 Juli 2018

Disusun oleh:



IVANDA ARYANTI WIBAWA


NRP. 10111410000050

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



30 JUL 2018


R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

Afif Navir Refani, ST., MT.

NIP. 19740203 200212 1 002

NIP. 19840919 201504 1 001



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

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.B.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 19/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai Di Surabaya Menggunakan Dual System		
Nama Mahasiswa	Ivanda Aryanti Wibawa	NRP	10111110000050
Dosen Pembimbing 1	R. Buyung Anugraha, ST.,MT. NIP 19740203 200212 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST.,MT. NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> • cek ketebalan pile cap dan perhitungan geser ponds. • perbaiki gambar panjang penyaluran dari kolom shearwall kedalam pile cap. • kolom pendek cek terhadap gempa → displacement • perbaiki gambar penulangan pada tangga 	 Murnas Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003
<ul style="list-style-type: none"> • cek prosentase pembebanan akibat beban lateral pada SRPM dengan shearwall. • perubahan pada desain tangga lantai 1 • penulangan plat tangga dengan bordes • cek geser tulangan geser pada kolom • cek tulangan lateral pada shearwall 	 Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002
<ul style="list-style-type: none"> • Penulangan tangga free standing di cek kembali • cek batas tulangan lapangan pada plat 	
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Murnas Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003	Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002	Buyung Anugraha A NIP 19740203 200212 1 002	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	R. Buyung Anugraha, ST.,MT. NIP 19740203 200212 1 002	Afif Navir Refani, ST.,MT. NIP 19840919 201504 1 001



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 Ivanda Aryanti Wibawa 2
 NRP : 1 10111410000050 2
 Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan 8 lantai di Surabaya Menggunakan Dual System.
 Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha Appandhie, ST. MT.

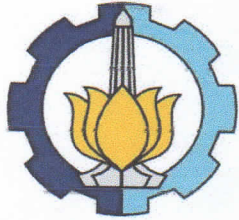
No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	20/02/2018	Pit lift tidak usah dimodelkan				
		Pile cap di preliminary.				
		RW dihitung manual		B	C	K
		letak shearwall ditinjau kembali		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		hitung perencanaan struktur sekunder (plat, tangga)				
2	28/02/2018	- Beban hidup kamar mandi disamakan dengan beban hidup tangga = 133 kg/m ²		B	C	K
		- beban mati gypsum / plafond (pilih salah satu)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- kombinasi pembebanan pada kondisi service load w/ perencanaan pondasi		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	13/03/2018	- Mencoba perletakkan shearwall dan kontrol dinamis		B	C	K
		- kamar mandi menggunakan dinding		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	29/03/2018	- coba menggunakan prelm 1/16				
		- Coba pindahkan shearwall di dinding lift		B	C	K
		- Buat perhitungan struktur sekunder		<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 Ivanda Aryanti Wibawa 2
NRP : 1 10111410000050 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi struktur gedung perkuliahan 8 lantai di Surabaya Menggunakan Dual system
Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	12/04/2018	- contoh perhitungan di tampilkan yang terbesar dimenunya dan beban hidup yg diterima.				
		- lengkapi jenis tulangan		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Rensi letak balok lift				
		- lanjut penulangan tangga				
		- Perhitungan Plat menggunakan SNI 2847 - 2013.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	20/04/2018	- Perhitungan plat tangga satu arah				
		- tidak menggunakan balok border		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	11/05/2018	- Penulisan Diameter D13 → ulir ∅10 → polos				
		- untuk penamaan tipe balok tergantung dimensi dan tulangan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Rekapitan ^{tambahan} penulangan plat & balok				
8	23/05/2018	- Perhitungan shearwal				
		- Perencanaan Pondasi		<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

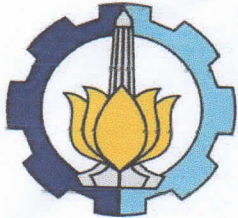
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Wanda Aryanti Wibawa 2
NRP : 1 10111410000050 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi struktur gedung perkuliahan 8 lantai di Surabaya Menggunakan Dual system
Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	31/05/2018	- Penulisan tulangan untuk shearwall hanya diameter dan jarak, Untuk balok dan kolom jumlah dan diameter.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- tulangan geser untuk				
		- hitting daya dukung tanah dan daya dukung pondasi. Daya dukung tanah oleh hitting sendiri		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- metode pelaksanaan shearwall				
10.	26/06/2018	- Perbaiki gambar auto cad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- tambahkan produktivitas secara garis besar				
				<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



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 Ivanda Aryanti Wibawa 2
NRP : 1 10111410000050 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung perkuliahan 8 lantai di Surabaya Menggunakan Dual System
Dosen Pembimbing : Afif Navir Regani, ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	01/03/2018	- lengkapi untuk hpe balok yang lain (Preliminary design) - Rerut & lengkapi balok anak - Gambar denah balok, kolom, pelat - Perbaiki beban lft.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	28/03/2018	- Perbaiki SAP Permodelan - Kontrol Persentase SRPM+ Dual System		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	13/04/2018	- Preliminary kolom coba dengan tributary area.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	02/05/2018	- lanjutkan perhitungan sloof - Perbaiki sloof pada SAP - lengkapi gambar & tabel		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	24/05/2018	- tolongan sloof tarik dan tekan pada humpuan dan lapangan disamakan - Perangsang penyaluran kolom ke pondasi - Perhitungan tipe kolom di manikkan di laporan.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				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 Ivanda Aryanti Wibawa 2
NRP : 1 10111410000050 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi struktur gedung pertukuliahan 8 lantai di Surabaya Menggunakan Dual system
Dosen Pembimbing : Apif Navir Refani, ST.MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	04 Juni 2018	-Jelaskan output an terbesar akibat beban kombinasi apa.				
		- Perbaiki gambar shearwall.		B	C	K
		- lampirkan Perhitungan SW 2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- lampirkan brsur diperhitungan				
		- Perbaiki keeyuan C pondasi				
7	09 Juli 2018	- tambahkan Prasyarat pekerjaan shearwall		B	C	K
		- tambahkan checklist pelaksanaan di lapangan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- K3.		B	C	K
		- Perbaiki gambar struktur		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

“Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai Di Surabaya Menggunakan *Dual System*”

Mahasiswa : Ivanda Aryanti Wibawa
NRP : 10111410000050
Jurusan : Diploma IV Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil - Fakultas
Vokasi
Dosen Pembimbing 1 : R. Buyung Anugraha A., ST. MT.
NIP : 19740203 200212 1 002
Dosen Pembimbing 2 : Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP : 19840919 201504 1 001

ABSTRAK

Bangunan gedung perkuliahan yang dimodifikasi merupakan Gedung Perkuliahan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya yang terletak di Jalan Dharmahasada Permai No. 330, Surabaya. Gedung perkuliahan tersebut terdiri atas 8 lantai utama dan 1 lantai atap deck beton dan mempunyai sistem struktur SRPMK. 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. Perencanaan beban akibat gempa menggunakan analisis respon dinamik. Sedangkan pembebanan non gempa mengacu pada SNI 03-1727-2013, ASCE 7 dan brosur.

Struktur sekunder berupa plat, tangga dan balok anak yang dipikul oleh struktur primer yaitu balok, kolom dan joint balok kolom serta terdapat *shearwall* yang berfungsi menahan beban

lateral ketika terjadi gempa. Struktur bawah terdiri dari sloof dan pilecap dengan pondasi tiang pancang. Keseluruhan struktur adalah beton bertulang yang mengacu pada SNI 03-2847-2013.

Dari hasil analisa dan perhitungan struktur menggunakan *dual system* diperoleh dimensi balok induk 60/85 , 40/65 dan 35/50. Untuk kolom menggunakan dimensi 85/85 dengan konfigurasi tulangan 20D25 dan terdapat pengecilan tulangan pada lantai 4 sampai lantai 8 menjadi 16D25. Dimensi *shearwall* yang direncanakan adalah 30/502,5 cm dan 30/640 cm. Dimensi yang digunakan mempertimbangkan efisiensi dan perioda fundamental struktur yang terjadi. Untuk perhitungan struktur bawah digunakan diameter pile 40 cm hingga kedalaman 22 m.

Pada akhir disertakan metode pelaksanaan *shearwall* serta perhitungan durasi untuk 1 item pekerjaan. Pelaksanaan pekerjaan struktur *shearwall* menggunakan alat berat *Tower Crane*, *Concrete Bucket* dan *Concrete Vibrator*.

Kata kunci: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Shearwall, Dual System

“Structure Modification Of Lecture Building With 8 Floors In Surabaya Using Dual System”

Mahasiswa : Ivanda Aryanti Wibawa
NRP : 10111410000050
Jurusan : D-IV Departement of Civil
Infrastructure - Faculty of Vocation
First Supervisor : R. Buyung Anugraha A., ST. MT.
NIP : 19740203 200212 1 002
Second Supervisor : Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP : 19840919 201504 1 001

ABSTRACT

The building that modiflicated is Gedung Perkuliahan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya. That located at Jalan Dharmahusada Permai no. 330, Surabaya. The building consists of 8 main floors and 1 floor of concrete deck roof and has SRPMK structure system. Based on the results of Standard Penetration Test (SPT), found that the building is built on soil with soft soil conditions (SE class site). In addition, since it is an educational facility it belongs to the category of risk IV and concluded that this building including the Seismic Design Category D.

The structural analysis uses dual system method that is special moment resisting frame system and shearwall which refer to SNI 03-1726-2012. Planning of the load due to earthquake using dynamic response analysis. Meanwhile non earthquake load refers to SNI 03-1727-2013, ASCE 7 and brochures.

The secondary structures like plates, stairways and secondary beams are carried by the primary structure such as the beams, columns and beam-columns joints and also there is a shearwall that serves to hold lateral force when an earthquake occurs. The lower structure consists of sloof and pilecap with pile foundation. The entire structure is using concree reinforcement that refers to SNI 03-2847-2013.

From the analysis result and structure calculation using dual system, the dimension of primary beams are 60/85, 40/65 and 35/50. The dimension of columns are 85/85 with 20D25 reinforcement configuration and there was reinforcement reduction on the 4th to 8th floor using 16D25. The shearwall dimensions are 30 / 502.5 cm and 30/640 cm. The dimensions was considered the efficiency and fundamentals periods of the structures that occur. The calculation of the bottom structure is used pile diameter 40 cm to a depth of 22 m.

At the end also included the construction method of shearwall and the calculation of duration for 1 item shearwall structure. The construction of shearwall is using Tower Crane, Concrete Bucket and Concrete Vibrator.

Keywords: Special Moment Resisting Frame System, Shear Wall, Dual System

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan berkah rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai Di Surabaya Menggunakan Dual System”** dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari doa, dukungan dan motivasi berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, kakak dan saudara-saudara, sebagai motivasi utama dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun maeril, terutama doa.
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku koordinator Program Studi D-IV Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Bapak R. Buyung Anugraha A., ST., MT. Dan bapak Afif Navir Refani, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan tugas akhir terapan.
4. Bapak Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D. selaku dosen wali.
5. Teman-teman terdekat khususnya kelas B-2014, DS-35 yang selalu memberikan semangat serta dukungannya bagi penulis, serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir terapan in terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir terapan ini. Demikian, semoga dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HEADPAGE.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xxv
DAFTAR TABEL.....	xxxix
DAFTAR NOTASI.....	xxxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Data Bangunan.....	4
1.6.1 Data Eksisting.....	4
1.6.2 Data Modifikasi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Dual System.....	7
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	9
2.4 Pembebanan.....	10

2.4.1	Beban Mati.....	10
2.4.2	Beban Hidup	10
2.4.3	Beban Angin	10
2.4.4	Beban Gempa.....	11
2.5	Kombinasi Pembebanan.....	20
2.6	Pelat	21
2.6.1	Preliminary Dimensi Pelat	21
2.6.2	Penulangan Pelat.....	25
2.7	Tangga	26
2.7.1	Preliminary Dimensi Tangga	26
2.8	Balok.....	26
2.8.1	Preliminary Dimensi Balok.....	26
2.8.2	Penulangan Balok	27
2.8.3	Panjang Penyaluran.....	34
2.9	Kolom.....	36
2.9.1	Preliminary Dimensi Kolom	36
2.9.2	Penulangan Kolom.....	36
2.9.3	Joint Balok-Kolom.....	40
2.10	Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	42
2.10.1	Preliminary Dimensi <i>Shearwall</i>	43
2.10.2	Penulangan <i>Shearwall</i>	44
2.11	Struktur Pondasi.....	45
2.11.1	Kontrol Geser Pons <i>Pile Cap</i>	45
BAB III METODOLOGI		47
3.1	Pengumpulan Data dan Studi Literatur	47

3.1.1	Pengumpulan Data	47
3.1.2	Studi Literatur	47
3.2	Modifikasi dan Penentuan Kriteria Desain	48
3.2.1	Modifikasi Struktur	48
3.2.2	Penentuan Kriteria Desain	48
3.3	Preliminary Design	49
3.3.1	Struktur Primer	49
3.3.2	Struktur Sekunder	49
3.4	Analisis Pembebanan	49
3.4.1	Beban Mati (<i>dead load</i>)	49
3.4.2	Beban Hidup (<i>live load</i>)	49
3.4.3	Beban Angin	50
3.4.4	Beban Gempa	50
3.5	Permodelan Struktur	50
3.6	Analisa Gaya Dalam (M, N, D)	51
3.7	Perhitungan Penulangan Struktur Primer, Struktur Sekunder dan Struktur Bangunan Bawah	52
3.8	Cek Persyaratan Desain	52
3.9	Gambar Perencanaan	52
3.10	Metode Pelaksanaan	53
3.11	Diagram Alir	54
BAB IV PRELIMINARY DESIGN		57
4.1	Data Preliminary Design	57
4.2	Preliminary Design Balok	57
4.2.1	Balok Induk	57
4.2.2	Balok Anak	58

4.2.3	Balok Lift.....	59
4.2.4	Balok Bordes.....	60
4.3	Preliminary Design Plat	61
4.4	Preliminary Design Kolom.....	65
4.5	Preliminary Design Sloof	66
4.6	Preliminary Design Tangga.....	67
4.7	Preliminary Design Dinding Geser	68
BAB V	ANALISA PEMBEBANAN	71
5.1	Beban Gravitasi.....	71
5.1.1	Beban Mati.....	71
5.1.2	Beban Hidup	72
5.1.3	Beban Balok Penggantung Lift	73
5.2	Beban Angin	76
5.2.1	Data Perencanaan:.....	76
5.3	Beban Gempa.....	80
5.3.1	Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko	80
5.3.2	Parameter Percepatan Gempa.....	81
5.3.3	Klasifikasi Situs Tanah	81
5.3.4	Faktor Koefisien Situs dan Parameter Respons Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko tertarget (MCE_R)	85
5.3.5	Parameter percepatan spektral desain.....	86
5.3.6	Menentukan kategori desain seismik.....	86
5.3.7	Menentukan Parameter Struktur.....	87
5.3.8	Analisa Respons Spektrum	87
5.4	Kombinasi Pembebanan.....	90

BAB VI ANALISA PERMODELAN	93
6.1 Permodelan Struktur Modifikasi dengan SRPMK.....	93
6.1.1 Faktor Skala untuk SRPMK.....	93
6.1.2 Kontrol Perioda Fundamental Struktur	94
6.1.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur ..	96
6.1.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai	98
6.2 Permodelan Struktur Modifikasi dengan <i>Dual System</i>	101
6.2.1 Kontrol Dual System.....	101
6.2.2 Faktor Skala untuk <i>Dual System</i>	102
6.2.3 Kontrol Perioda Fundamental Struktur	103
6.2.4 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur	106
6.2.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai	108
6.3 Pengecekan Gaya yang Terjadi	110
6.3.1 Pengecekan Gaya pada Balok	111
6.3.2 Pengecekan Gaya pada Kolom.....	115
BAB VII ANALISIS STRUKTUR SEKUNDER	119
7.1 Perhitungan Struktur Plat	119
7.1.1 Data Perencanaan.....	119
7.1.2 Pembebanan pada Plat Lantai	119
7.1.3 Perhitungan Penulangan Plat Lantai.....	120
7.2 Perhitungan Struktur Tangga	142
7.2.1 Desain Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes	143
.....	
7.2.2 Pembebanan Tangga	144
7.2.3 Permodelan dan Analisis Struktur Tangga	145

7.2.4	Perhitungan Penulangan Pelat Tangga	146
7.2.5	Perhitungan Penulangan Pelat Bordes.....	148
7.2.6	Perhitungan Balok Bordes.....	150
7.2.7	Perhitungan Tulangan Geser	153
7.3	Perhitungan Struktur Balok Anak	155
7.3.1	Data Perencanaan.....	155
7.3.2	Perhitungan Tulangan Tumpuan	156
7.3.3	Perhitungan Tulangan Lapangan.....	158
7.3.4	Perhitungan Tulangan Geser	159
7.3.5	Perhitungan Penulangan Torsi	161
7.3.6	Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan	164
7.4	Perhitungan Struktur Balok Lift	166
7.4.1	Data Perencanaan.....	166
7.4.2	Perhitungan Tulangan Tumpuan	167
7.4.3	Perhitungan Tulangan Lapangan.....	169
7.4.4	Perhitungan Tulangan Geser	170
7.4.5	Perhitungan Penulangan Torsi	172
7.4.6	Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan	175
BAB VIII ANALISIS STRUKTUR PRIMER		177
8.1	Perhitungan Struktur Balok Induk.....	177
8.1.1	Data Perencanaan:.....	177
8.1.2	Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	178
8.1.3	Perhitungan Penulangan Lentur Balok	178
8.1.4	Perhitungan Penulangan Geser Balok	188
8.1.5	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi.....	195

8.1.6	Kontrol Retak.....	199
8.1.7	Cut-off Points.....	199
8.1.8	Panjang Penyaluran.....	201
8.2	Perhitungan Struktur Balok Sloof	203
8.2.1	Data Perencanaan:.....	203
8.2.2	Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	204
8.2.3	Perhitungan Penulangan Lentur Sloof.....	205
8.2.4	Perhitungan Penulangan Geser Balok	214
8.2.5	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi.....	221
8.2.6	Kontrol Retak.....	224
8.2.7	Panjang Penyaluran.....	225
8.3	Perhitungan Struktur Kolom	227
8.3.1	Kolom Tipe K1-A (Lt. Dasar- Lt. 3).....	227
8.3.2	Kolom Tipe K1-B (Lt. 4- Lt. 8)	238
8.4	Perhitungan Hubungan Balok-Kolom (HBK)	248
8.4.1	Perhitungan Hubungan Balok-Kolom (HBK) K1- A (Lt. Dasar - Lt. 3)	248
8.4.2	Perhitungan Hubungan Balok-Kolom (HBK) K1- B (Lt. 4 - Lt. 8).....	253
8.5	Perhitungan Struktur <i>Shearwall</i>	257
8.5.1	Perhitungan Struktur <i>Shearwall</i> Tipe 1	258
8.5.2	Perhitungan Struktur <i>Shearwall</i> Tipe 2	268
BAB IX ANALISIS STRUKTUR PONDASI		279
9.1	Umum	279
9.2	Perhitungan Daya Dukung	279

9.2.1	Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan Material (Brosur)	279
9.2.2	Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan SPT	280
9.3	Perhitungan Pondasi Satu Kolom (Tipe 1)	283
9.3.1	Perencanaan Dimensi Poer.....	283
9.3.2	Gaya yang Terjadi pada Pondasi	283
9.3.3	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi.....	284
9.3.4	Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok	286
9.3.5	Kontrol Kekuaan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior	288
9.3.6	Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom	288
9.3.7	Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang	289
9.3.8	Perencanaan Tulangan Lentur Poer.....	292
9.3.9	Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi	295
9.3.10	Penulangan Tusuk Konde	296
9.4	Perhitungan Pondasi Dua Kolom (Tipe 4).....	296
9.4.1	Perencanaan Dimensi Poer.....	296
9.4.2	Gaya yang Terjadi pada Pondasi	297
9.4.3	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi.....	301
9.4.4	Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok	302

9.4.5	Kontrol Kekuaan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior	305
9.4.6	Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom	306
9.4.7	Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang	307
9.4.8	Perencanaan Tulangan Lentur Poer.....	310
9.4.9	Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi	313
9.4.10	Penulangan Tusuk Konde	314
9.5	Perhitungan Pondasi Tipe 5	315
9.5.1	Perencanaan Dimensi Poer.....	315
9.5.2	Gaya yang Terjadi pada Pondasi.....	315
9.5.3	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi.....	316
9.5.4	Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok	318
9.5.5	Kontrol Kekuaan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior	321
9.5.6	Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat <i>Shearwall</i>	321
9.5.7	Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat <i>Shearwall</i> dan Tiang Pancang	322
9.5.8	Perencanaan Tulangan Lentur Poer.....	325
9.5.9	Perhitungan Transfer Beban <i>Shearwall</i> ke Pondasi.....	328
9.5.10	Penulangan Tusuk Konde	329
BAB X METODE PELAKSANAAN <i>SHEARWALL</i>.....		331

10.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS).....	331
10.2 Pekerjaan Pembesian.....	331
10.2.1 Fabrikasi Tulangan <i>Shearwall</i>	331
10.2.2 Penentuan As <i>Shearwall</i> (<i>Marking</i>)	333
10.2.3 Pemasangan Sepatu <i>Shearwall</i>	333
10.2.4 Penginstallan Tulangan <i>Shearwall</i>	334
10.3 Pekerjaan Pemasangan Bekisting <i>Shearwall</i>	336
10.3.1 Pekerjaan Persiapan (Fabrikasi)	336
10.3.2 Pemasangan Bekisting	336
10.4 Pekerjaan Pengecoran <i>Shearwall</i>	338
10.4.1 Pekerjaan Persiapan Pengecoran	338
10.4.2 Slump Test pada Beton <i>Ready Mix</i>	338
10.4.3 Pengecoran <i>Shearwall</i>	339
10.5 Pembongkaran Bekisting <i>Shearwall</i>	340
10.6 Perawatan Beton (Curing)	341
10.7 Durasi Pekerjaan <i>Shearwall</i>	342
10.7.1 Perhitungan Durasi Pekerjaan Tulangan	342
10.7.2 Perhitungan Durasi Pekerjaan Bekisting	343
10.7.3 Perhitungan Durasi Pekerjaan Pengecoran	345
10.7.4 Total Durasi Pelaksanaan Pekerjaan <i>Shearwall</i>	349
10.8 <i>Checklist</i> Pelaksanaan Pekerjaan Struktur <i>Shearwall</i>	349
10.9 Safety Plan	350
10.9.1 Alat Pelindung Diri (APD).....	351
10.9.2 Perlindungan terhadap Pekerjaan	352
BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN	355

11.1 Kesimpulan	355
11.2 Saran	360
DAFTAR PUSTAKA	361
LAMPIRAN 1 (BROSUR MATERIAL)	363
LAMPIRAN 2 (DATA TANAH).....	369
BIODATA PENULIS	373
UCAPAN TERIMAKASIH	375

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak Gedung Eksisting	4
Gambar 1.2 Denah Gedung Eksisting	5
Gambar 1.3 Tampak Gedung Modifikasi	6
Gambar 1.4 Denah Gedung Modifikasi	6
Gambar 2.1 Struktur Sistem Ganda	8
Gambar 2.2 S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget	16
Gambar 2.3 S_1 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko- tertarget	17
Gambar 2.4 Spektrum Respon Desain	19
Gambar 2.5 Dimensi Bidang Pelat (Satu Arah)	21
Gambar 2.6 Dimensi Bidang Pelat (dua arah)	23
Gambar 2.7 Lebar Efektif Pelat	24
Gambar 2.8 Diagram Regangan-tegangan pada Tulangan Rangkap	28
Gambar 2.9 Contoh-contoh Sengkang Tertutup Saling Tumpuk dan Ilustrasi Batasan pada Spasi Horizontal Maksimum Batang Tulangan Longitudinal yang Ditumpu	31
Gambar 2.10 Gaya Geser Desain Untuk Balok	32
Gambar 2.11 Gaya Geser Desain untuk Balok	32
Gambar 2.12 Contoh Tulangan Transversal pada Kolom	38
Gambar 2.13 Gaya Geser Desain untuk Kolom	39
Gambar 2.14 Geser desain untuk balok dan kolom	39
Gambar 2.15 Mekanisme Keruntuhan Ideal dengan Sendi Plasti pada Ujung-Ujung Balok dan Kaki Kolom	43
Gambar 3.1 Permodelan Struktur Gedung Menggunakan SAP 2000	51
Gambar 3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan	56
Gambar 4.1 Rencana Dimensi Balok Induk 60/85	58
Gambar 4.2 Rencana Dimensi Balok Anak 35/50	59
Gambar 4.3 Rencana Dimensi Balok Lift 30/40	60
Gambar 4.4 Rencana Dimensi Balok Bordes 30/40	61
Gambar 4.5 Rencana Dimensi Kolom 85/85	66

Gambar 4.6 Rencana Dimensi Sloof 50/75.....	67
Gambar 5.1 Elevator Hyundai	74
Gambar 5.2 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift	75
Gambar 5.3 S_s dan S_1 Surabaya berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia.....	81
Gambar 5.4 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Mulyorejo Utara, Surabaya	89
Gambar 6.1 Permodelan Struktur Modifikasi SRPMK.....	93
Gambar 6.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai	98
Gambar 6.3 Permodelan Struktur Modifikasi <i>Dual System</i>	101
Gambar 6.4 Penentuan Simpangan Antar Lantai	108
Gambar 6.5 Balok yang Ditinjau	111
Gambar 6.6 <i>Tributary Area</i> pada Balok yang Ditinjau	112
Gambar 6.7 Kolom yang Ditinjau.....	115
Gambar 6.8 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom yang Ditinjau	116
Gambar 6.9 <i>Tributary Area</i> pada Kolom yang Ditinjau	116
Gambar 7.1 Ketentuan pada Analisa Plat Lantai	119
Gambar 7.2 Permodelan Plat Lantai pada SAP	120
Gambar 7.3 Plat Dua Arah (Plat S1)	121
Gambar 7.4 Denah Momen Plat yang Ditinjau	125
Gambar 7.5 Denah Momen Plat yang Ditinjau	125
Gambar 7.6 Denah Momen Plat yang Ditinjau	130
Gambar 7.7 Denah Momen Plat yang Ditinjau	131
Gambar 7.0.8 Plat Satu Arah (Plat S2)	137
Gambar 7.9 Denah Penempatan Tangga pada Lantai Dasar	143
Gambar 7.10 Denah Tangga.....	143
Gambar 7.11 Dimensi Injakan dan Tanjakan Anak Tangga	144
Gambar 7.12 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14	145
Gambar 7.13 Diagram Gaya Geser pada Balok Anak	153
Gambar 7.14 Balok Anak yang Ditinjau	155
Gambar 7.15 Diagram Gaya Geser pada Balok Anak	159
Gambar 7.16 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar .	165
Gambar 7.17 Penulangan Balok Anak 35/50.....	165
Gambar 7.18 Balok Lift yang Ditinjau	166

Gambar 7.19 Diagram Gaya Geser pada Balok Anak	170
Gambar 7.20 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar .	175
Gambar 7.21 Penulangan Balok Lift 30/40	176
Gambar 8.1 Balok Induk yang ditinjau.....	177
Gambar 8.2 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan	178
Gambar 8.3 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri.....	179
Gambar 8.4 Hasil Output SAP Momen Lapangan.....	179
Gambar 8.5 Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1L pada Balok yang Ditinjau.....	189
Gambar 8.6 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kanan	190
Gambar 8.7 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kiri....	191
Gambar 8.8 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial	192
Gambar 8.9 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser	195
Gambar 8.10 Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi	195
Gambar 8.11 Sketsa Lokasi Penampang dengan Momen 506,931 kN.m pada Balok BI 1 Saat Mengalami Goyangan ke Kanan.....	200
Gambar 8.12 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar .	201
Gambar 8.13 Detail Penulangan Balok BI 1 60/85.....	203
Gambar 8.14 Balok Sloof yang ditinjau	203
Gambar 8.15 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan	205
Gambar 8.16 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri.....	205
Gambar 8.17 Hasil Output SAP Momen Lapangan.....	205
Gambar 8.18 Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1L pada Balok yang Ditinjau.....	215
Gambar 8.19 Diagram Gaya Geser Goyang ke Kanan	216
Gambar 8.20 Diagram Gaya Geser Goyang ke Kiri	217
Gambar 8.21 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial	218
Gambar 8.22 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser	221
Gambar 8.23 Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi	221
Gambar 8.24 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar .	225
Gambar 8.25 Detail Penulangan Sloof TB 1 50/75	226
Gambar 8.26 Kolom yang Ditinjau	227
Gambar 8.27 Pu Kolom Atas = 5591,243 kN.....	228
Gambar 8.28 Pu Kolom Design = 6805,891 kN.....	228

Gambar 8.29 Gaya Geser = 222,972 kN.....	228
Gambar 8.30 Diagram Interksi P-M pada Program pcaColoumn	229
Gambar 8.31 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColoumn.....	230
Gambar 8.32 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah	231
Gambar 8.33 Detail Penulangan Kolom K1-A 850/850	237
Gambar 8.34 Kolom yang Ditinjau	238
Gambar 8.35 Pu Kolom Atas = 3014,953 kN.....	239
Gambar 8.36 Pu Kolom Design = 3724,264 kN	239
Gambar 8.37 Gaya Geser = 276,444 kN.....	239
Gambar 8.38 Diagram Interksi P-M pada Program pcaColoumn	240
Gambar 8.39 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColoumn.....	240
Gambar 8.40 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah	242
Gambar 8.41 Detail Penulangan Kolom K1-B 850/850	247
Gambar 8.42 HBK yang Ditinjau	248
Gambar 8.43 Detail Penulangan HBK K1-A.....	252
Gambar 8.44 HBK yang Ditinjau	253
Gambar 8.45 Detail Penulangan HBK K1-B.....	257
Gambar 8.46 Denah Perletakkan <i>Shearwall</i>	257
Gambar 8.47 <i>Shearwall</i> yang Ditinjau	258
Gambar 8.48 Digram Interaksi Dinding Struktural.....	262
Gambar 8.49 Hasil Control Points dari Program SpColoumn ..	263
Gambar 8.50 Detail Penulangan pada <i>Shearwall</i> Tipe 1	267
Gambar 8.51 <i>Shearwall</i> yang Ditinjau	268
Gambar 8.52 Digram Interaksi Dinding Struktural.....	272
Gambar 8.53 Hasil Control Points dari Program SpColoumn ..	273
Gambar 8.54 Detail Penulangan pada <i>Shearwall</i> Tipe 2	277
Gambar 9.1 Denah Rencana Pondasi.....	279
Gambar 9.2 Brosur Tiang Pancang PT. Hume Sakti Indonesia	280
Gambar 9.3 Pondasi Tipe 1	285

Gambar 9.4 Gaya yang Terjad pada Poer dan Pancang	286
Gambar 9.5 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom.....	288
Gambar 9.6 Bidang Kritis Geser Dua Arah	289
Gambar 9.7 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang	290
Gambar 9.8 Mekanika Gaya pada Poer Arah X	292
Gambar 9.9 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y	294
Gambar 9.10 Eksentrisitas Pondasi Gabungan	298
Gambar 9.11 Pondasi Tipe 3	301
Gambar 9.12 Gaya yang Terjad pada Poer dan Pancang	302
Gambar 9.13 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom	306
Gambar 9.14 Bidang Kritis Geser Dua Arah	307
Gambar 9.15 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang.....	308
Gambar 9.16 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	310
Gambar 9.17 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	312
Gambar 9.18 Pondasi Tipe 4	317
Gambar 9.19 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang	318
Gambar 9.20 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat <i>Shearwall</i>	321
Gambar 9.21 Bidang Kritis Geser Dua Arah	322
Gambar 9.22 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang.....	323
Gambar 9.23 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	325
Gambar 9.24 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	327
Gambar 10.1 Bar Cutter	332
Gambar 10.2 Bar Bender.....	332
Gambar 10.3 Penulangan <i>Shearwall</i>	334
Gambar 10.4 Tulangan <i>Shearwall</i> Terpasang.....	334
Gambar 10.5 Contoh Pemasangan Styrofoam	335
Gambar 10.6 Beton Decking pada <i>Shearwall</i>	335
Gambar 10.7 Multipleks Poly Resin.....	336
Gambar 10.8 Pemasangan Panel Bekisting	337
Gambar 10.9 Pemasangan Pipa Support.....	337
Gambar 10.10 Tahap Pengujian Slump Beton.....	338

Gambar 10.11 Proses Pengecoran Shearwall dengan Concrete Bucket dan Pipa Tremi.....	339
Gambar 10.12 <i>Shearwall</i> yang telah di Cor.....	340
Gambar 10.13 Detail <i>Wingnut</i> yang akan Dilepas.....	340
Gambar 10.14 Proses Pembongkaran Bekisting <i>Shearwall</i>	341
Gambar 10.15 Proses Curing pada <i>Shearwall</i>	342
Gambar 10.16 Blok Plan Rencana Perletakan <i>Tower Crane</i>	345
Gambar 10.17 Contoh Penggunaan Alat Pelindung Diri	351
Gambar 10.18 Contoh Pemasangan <i>Railing</i>	352
Gambar 10.19 Contoh Pemasangan <i>Full Safety Net</i>	353

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Situs Tanah.....	11
Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	13
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa	15
Tabel 2.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek.....	16
Tabel 2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik	16
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a	17
Tabel 2.7 Koefisien situs, F_v	18
Tabel 2.8 Tabel minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	22
Tabel 2.9 Panjang Penyaluran Batang ulir dan Kawat Ulir	34
Tabel 3.1 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi.....	48
Tabel 5.1 Spesifikasi Lift Merk Hyundai	73
Tabel 5.2 Spesifikasi Lift Merk Hyundai (Lanjutan).....	73
Tabel 5.3 Tabel Faktor Arah Angin.....	76
Tabel 5.4 Tabel Klasifikasi Ketertutupan	77
Tabel 5.5 SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1	77
Tabel 5.6 Koefisien Tekanan Dinding	79
Tabel 5.7 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT (BH-1)	82
Tabel 5.8 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT (BH-2)	83
Tabel 5.9 Koefisien Situs, F_a	85
Tabel 5.10 Koefisien situs, F_v	85
Tabel 5.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek.....	86
Tabel 5.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik	86
Tabel 5.13 Hasil Spektrum Respon Desain	88
Tabel 6.1 Modal Load Participation Ratio OF.....	94
Tabel 6.2 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP .	95
Tabel 6.3 Nilai C_t dan α	96

Tabel 6.4 Nilai Cu	96
Tabel 6.5 Rekapitulasi Nilai Cs	97
Tabel 6.6 Berat Struktur Didapatkan dari <i>Base Reaction</i> Fz	97
Tabel 6.7 <i>Base Reaction</i> dari Program SAP 2000 v.14	98
Tabel 6.8 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i	99
Tabel 6.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X	100
Tabel 6.10 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y	100
Tabel 6.11 Besar Gaya Gempa yang Ditumpu SRPM dan <i>Shearwall</i> pada Kombinasi Beban Gempa	102
Tabel 6.12 Persentase Struktur dalam Menahan Gaya Gempa .	102
Tabel 6.13 Modal Load Participation Ratio OF	103
Tabel 6.14 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP	104
Tabel 6.15 Nilai Ct dan x	105
Tabel 6.16 Nilai Cu	105
Tabel 6.17 Rekapitulasi Nilai Cs	107
Tabel 6.18 Berat Struktur Didapatkan dari <i>Base Reaction</i> Fz...	107
Tabel 6.19 <i>Base Reaction</i> dari Program SAP 2000 v.14	108
Tabel 6.20 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i	109
Tabel 6.21 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X	110
Tabel 6.22 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y	110
Tabel 6.23 Rekapitulasi Beban yang Dipikul oleh Kolom yang Ditinjau	117
Tabel 7.1 Persentase momen terfaktor interior	123
Tabel 7.2 Persentase momen terfaktor eksterior	126
Tabel 7.3 Persentase momen terfaktor interior	128
Tabel 7.4 Persentase momen terfaktor eksterior	132
Tabel 7.5 Rekap Momen Plat Tipe A	133
Tabel 7.6 Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat S1	137
Tabel 7.7 Rekap Momen Pelat Tipe B	138
Tabel 7.8 Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat S2	142

Tabel 7.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga	147
Tabel 7.10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga	149
Tabel 8.1 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa	179
Tabel 8.2 Konfigurasi Penulangan Balok Induk BI 1	188
Tabel 8.3 Cek Nilai V_{sway} dan V_u	191
Tabel 8.4 Momen Envelope pada sloof akibat beban gravitasi dan beban gempa	205
Tabel 8.5 Konfigurasi Penulangan Balok Induk BI 1	214
Tabel 8.6 Cek Nilai V_{sway} dan V_u	217
Tabel 8.7 Hasil Perhitungan SAP 2000 v.14	259
Tabel 8.8 Hasil Perhitungan SAP 2000 v.14	269
Tabel 9.1 Tabel Nilai <i>Base and Shaft Coefficient</i>	281
Tabel 9.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan N SPT	282
Tabel 9.3 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	286
Tabel 9.4 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	303
Tabel 9.5 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	319
Tabel 10.1 Kebutuhan Volume Tulangan SW 1 dan SW 2	343
Tabel 10.2 Durasi Penulangan <i>Shearwall</i>	343
Tabel 10.3 Kebutuhan Luasan Bekisting <i>Shearwall</i>	343
Tabel 10.4 Koefisien Waktu untuk Perhitungan Durasi Pekerjaan Bekisting	344
Tabel 10.5 Durasi Pekerjaan Bekisting <i>Shearwall</i>	344
Tabel 10.6 Spesifikasi <i>Tower Crane</i>	345
Tabel 10.7 Perhitungan Volume Beton pada <i>Shearwall</i>	348
Tabel 10.8 Durasi Waktu pada Pelaksanaan Struktur <i>Shearwall</i>	349
Tabel 10.9 Checklist Pekerjaan Struktur <i>Shearwall</i>	350
Tabel 11.1 Tabel Kesimpulan Plat Satu Arah	355

Tabel 11.2 Tabel Kesimpulan Plat Dua Arah	355
Tabel 11.3 Tabel Kesimpulan Plat Tangga.....	356
Tabel 11.4 Tabel Kesimpulan Plat Bordes	356
Tabel 11.5 Tabel Kesimpulan Balok Sekunder	357
Tabel 11.6 Tabel Kesimpulan Balok Primer.....	357
Tabel 11.7 Tabel Kesimpulan Balok Sloof.....	357
Tabel 11.8 Tabel Kesimpulan Kolom.....	358
Tabel 11.9 Tabel Kesimpulan Hubungan Balok Kolom	358
Tabel 11.10 Tabel Kesimpulan <i>Shearwall</i>	358
Tabel 11.11 Tabel Kesimpulan Pondasi	359
Tabel 11.12 Tabel Kesimpulan Durasi Waktu Pekerjaan <i>Shearwall</i>	360

DAFTAR NOTASI

Ach	= Luas penampang inti beton, dihitung dari serat terluar sengkang ke serat terluar sengkang di sisi lainnya
Acp	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton
Ag	= Luas bersih kolom
As	= Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
As'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
Av	= Luas tulangan sengkang (mm^2)
b_c	= Lebar penampang inti beton yang terkekang
b_w	= lebar badan (web), mm.
c	= Panjang garis netral untuk gaya aksial tekan terfaktor (P_u) dan kapasitas momen nominal penampang (M_u).
Cs'	= gaya tekan pada beton.
D	= pengaruh dari beban mati.
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
E	= pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa.
E_c	= modulus elastisitas beton (Mpa)
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.
hx	= spasi horizontal kait silang atau kaki sengkang tertutup
I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm^4
I_b	= momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat, mm^4

- 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.
- L_r = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- M_n = kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm).
- M_{nb} = kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh.
- M_{nc} = kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm).
- M_u = momen terfaktor pada penampang (Nmm).
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton
- P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N).
- R = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- S = spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan (N).
- 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 periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
S_n	= kekuatan lentur, geser atau aksial nominal sambungan.
T	= periode fundamental bangunan (seperti yang ditentukan dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2)
T_n	= Kuat momen puntir normal
T_u	= Momen puntir terfaktor pada penampang
V_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N).
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N).
W	= beban angin.
α_1	= rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang disebelahnya (jika ada) pada setiap sisi balok.
α_{fm}	= Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel.
β	= rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.
\emptyset_b	= faktor reduksi (0,9).
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.
l_n	= bentang bersih balok.
λ	= Luas untuk beton normal
ρ_t	= Rasio penulangan arah horizontal

δ_u = Perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik yang menyebabkan sering terjadinya gempa di Indonesia. Lempeng tektonik tersebut adalah Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir beberapa gempa besar telah melanda wilayah Indonesia. 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 sehingga bangunan diharapkan tidak mengalami keruntuhan atau meminimalisir kerusakan ketika terjadi gempa. Perencanaan bangunan gedung bertingkat tinggi dengan resiko kegempaan dapat dihitung dengan beberapa metode. Diantaranya adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Dinding Struktural (SDS). Selain itu, pada bangunan gedung bertingkat tinggi juga memerlukan perkuatan tambahan untuk menahan gaya gempa yang bekerja, misalnya dengan penambahan struktur dinding geser (*shearwall*).

Pada Tugas Akhir Terapan ini bangunan yang digunakan adalah gedung perkuliahan yang terletak di Jalan Dharmahusada Permai No. 330, Surabaya. Perencanaan awal gedung ini adalah menggunakan SRPMK yang terdiri dari 8 lantai dan 1 atap beton. Namun pada Tugas Akhir Terapan ini akan di rencanakan ulang menggunakan sistem ganda (*Dual System*). Sistem ganda adalah 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 ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726:2012 Psl. 3.49). Sehingga sistem struktur gedung ini didesain dengan menggunakan sistem ganda untuk mendapatkan performa struktur yang cukup baik dalam menerima dan

memikul beban gempa yang terjadi dan diharapkan dapat lebih efisien dibandingkan dengan SRPMK. Gedung ini termasuk dalam kategori risiko IV dengan faktor keutamaan (I_e) 1,5 karena termasuk gedung yang difungsikan sebagai sekolah. Penentuan beban gempa dilakukan dengan metode analisa beban respon spektrum sesuai SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.”

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan modifikasi sistem struktur pada perencanaan gedung perkuliahan di Surabaya.
2. Bagaimana asumsi pembebanan setelah dilakukan modifikasi.
3. Bagaimana merencanakan elemen struktur baik primer maupun sekunder dengan *Dual System*.
4. Bagaiman menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik
5. Bagaimana membuat metode pelaksanaan untuk pekerjaan struktur *shearwall*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dalam penulisan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Dapat menentukan modifikasi sistem struktur pada perencanaan gedung perkuliahan di Surabaya.
2. Dapat merencanakan elemen struktur baik primer maupun sekunder dengan *Dual System*.
3. Dapat menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.
4. Dapat membuat metode pelaksanaan untuk pekerjaan struktur *shearwall*?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir Terapan perencanaan gedung ini adalah:

1. Data tanah menggunakan daerah Mulyorejo Utara, Surabaya.
2. Analisa permodelan struktur yang dilakukan adalah SRPMK dan sistem ganda (*dual system*).
3. Perencanaan bangunan bawah meliputi struktur pondasi (sloof, pilecap dan tiang pancang).
4. Tidak menghitung jembatan penghubung.
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 respon spektrum sesuai SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur 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 dibahas hanya pada pekerjaan struktur *shearwall*.
9. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi.
10. Perencanaan ini tidak menghitung sistem utilitas bangunan, instalasi air bersih dan air kotor, instalasi listrik dan finishing (arsitektural) bangunan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Dapat menjadi acuan perhitungan perancangan struktur gedung beton bertulang yang mampu menahan gempa dengan sistem ganda (*Dual System*) sesuai dengan peraturan yang berlaku.
2. Dapat mengetahui metode pelaksanaan untuk pekerjaan struktur *shearwall*.
3. Dapat memahami disiplin ilmu dan menambah wawasan secara lebih detail dalam tata cara perencanaan struktur beton

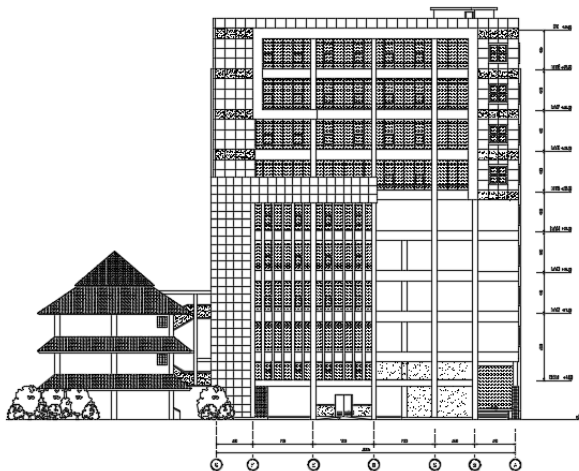
bertulang tahan gempa yang mengacu pada peraturan yang berlaku.

1.6 Data Bangunan

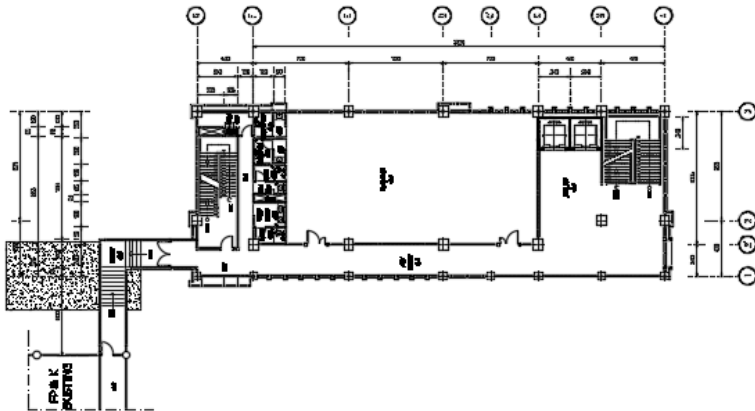
1.6.1 Data Eksisting

Data yang digunakan untuk Tugas Akhir Terapan ini memiliki kondisi eksisting sebagai berikut :

- Nama Gedung : Gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga.
- Lokasi : Jalan Dharmahasada Permai No. 330, Surabaya
- Fungsi : Fasilitas pendidikan
- Jumlah Lantai : 1 lantai dasar, 8 lantai utama dan 1 lantai atap
- Tinggi Bangunan : 48,8 m
- Panjang gedung : 35,5 m
- Lebar gedung : 12,45 m
- Material : Beton bertulang
- Sistem struktur : SRPMK



Gambar 1.1 Tampak Gedung Eksisting

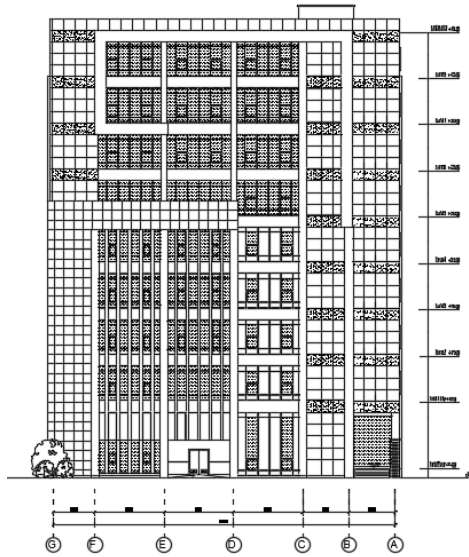


Gambar 1.2 Denah Gedung Eksisting

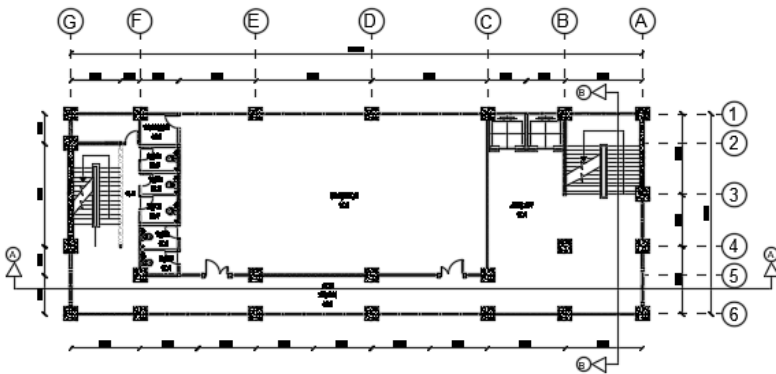
1.6.2 Data Modifikasi

Untuk keperluan Tugas Akhir Terapan akan dilakukan modifikasi sebagai berikut:

- Nama Gedung : Gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga.
- Lokasi : Muyorejo Utara, Surabaya
- Fungsi : Fasilitas pendidikan
- Jumlah Lantai : 1 lantai dasar, 8 lantai utama dan 1 lantai atap
- Tinggi gedung : 48,8 m
- Panjang gedung : 35,5 m
- Lebar gedung : 12,45 m
- Material : Beton bertulang
- Sistem struktur : *Dual System*



Gambar 1.3 Tampak Gedung Modifikasi



Gambar 1.4 Denah Gedung Modifikasi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada tugas akhir terapan ini akan direncanakan struktur bangunan gedung perkuliahan di Surabaya yang akan didesain ulang dengan menggunakan sistem ganda (*Dual System*) metode SRPMK dan dinding geser (*Shearwall*). Lalu nantinya sistem struktur tersebut akan di bandingkan dengan sistem struktur eksisting yaitu SRPMK dan dapat diketahui sistem struktur mana yang lebih efisien.

Struktur bangunan gedung diharapkan tidak runtuh saat terjadi gempa. Untuk menjamin hal ini, elemen-elemen struktur bangunan yang diharapkan mengalami kerusakan harus diberi detailing penulangan yang memadai agar perilakunya tetap stabil walaupun telah mengalami deformasi inelastis yang besar. Semakin tinggi risiko kegempaan suatu daerah, semakin ketat persyaratan detailing penulangan yang harus dipenuhi pada struktur bangunan yang berada pada daerah tersebut.

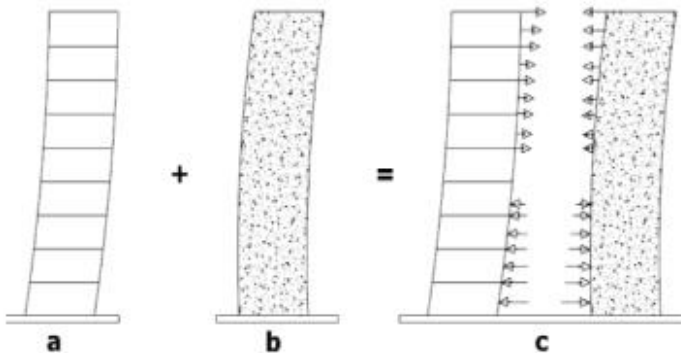
Aturan detailing diatur dalam SNI 03-2847-2013 dimana detailing dibedakan berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS) yang dikenakan pada struktur bangunan. Menurut SNI 03-2847-2013 dan SNI 03-1726-2012, bangunan dibagi menjadi beberapa kategori dimana bangunan dengan resiko seismik rendah dikategorikan 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.

2.2 Dual System

Sistem ganda (*Dual System*) adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh Space Frame (Rangka), sedangkan beban lateralnya dipikul bersama oleh Space Frame dan *Shearwall* (Dinding Geser/Dinding Srukur). Penggunaan sistem struktur *Dual System* sangat cocok untuk pembangunan srukur gedung di wilayah gempa kuat.

Secara umum, menurut *SNI-1726-2012 Pasal 3.49*, Sistem Ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.

Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi/Sistem Ganda. Kerja sama antara sistem rangka penahan momen dengan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus, dimana dua struktur berbeda sifat dan perilakunya digabungkan dan menghasilkan struktur yang lebih ekonomis dan kuat karena menyebabkan beban lateral yang terjadi pada balok kolom lebih kecil. Dinding geser bertulangan khusus memiliki nilai Koefisien Modifikasi Respon (R) = 7; Faktor Kuat-Lebih Sistem (Ω_0) = 2,5; dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.



Gambar 2.1 Struktur Sistem Ganda

Penjelasan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

- a. Deformasi *mode* geser untuk sistem rangka kaku

Pada struktur rangka kaku, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada dasar struktur dimana terjadi geser maksimum.

b. Deformasi *mode* lentur untuk dinding geser

Pada struktur dinding geser, sudut deformasi geser memberikan kekakuan paling kecil pada bagian atas bangunan.

c. Deformasi *mode* untuk gabungan sistem rangka kaku dengan dinding geser.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen

Di Indonesia, sistem struktur gedung yang umum digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen, yang mana beban horizontal akibat gempa akan dipikul terutama melalui mekanisme lentur. Pada saat gempa terjadi, rangka pemikul momen harus berperilaku sebagai rangka daktail supaya integritasnya tetap terjaga sehingga bangunan terhindar dari kemungkinan mengalami roboh dengan seketika. Perilaku daktail ini hanya dapat dicapai apabila pada saat terbentuknya sendi-sendi plastis pada pelat-balok-kolom mampu mentransfer efek beban lateral gempa tanpa kehilangan kekuatan dan kekakuannya.

Berdasarkan *SNI 1726-2012*, terdapat 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen yakni:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

2.4 Pembebanan

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi 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. (*SNI 1727-2013 Pasal 3.1.1*).

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. 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.

2.4.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (*SNI 1727:2013 Pasal 26*).

2.4.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui klasifikasi situs tanah dan percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

a. Klasifikasi Situs Tanah

SNI 1726-2012 Pasal 5, seperti pada tabel 2.1 (atau *Tabel 3 SNI 1726-2012*) mengklasifikasikan situs tanah kedalam 6 kelompok. Pengelompokkan berdasarkan:

Tabel 2.1 Klasifikasi Situs Tanah

Kelas Situs	\bar{v}_s (m / detik)	N atau N_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (Batuan Keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 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 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir, $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis resoin)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 		

spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<ul style="list-style-type: none"> - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5\text{ m}$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35\text{ m}$ dengan $\bar{s}_u < 50\text{ kPa}$
---	---

*N/A = *Not Applicable*

b. Kategori Risiko Bangunan Gedung

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 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

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

<ul style="list-style-type: none"> - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <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"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <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, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya 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"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa 	IV

<p>bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - 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. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang termasuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	
--	--

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

c. Kategori Desain Seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desain, S_{DS} dan S_{D1} .

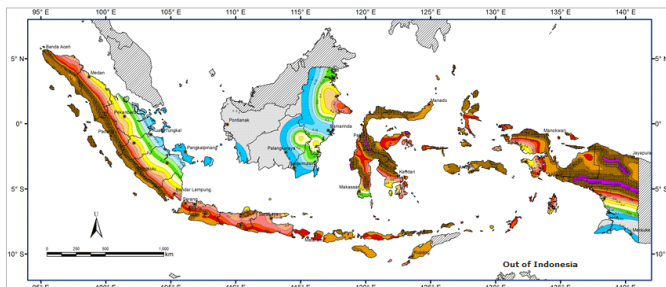
Tabel 2.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek

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

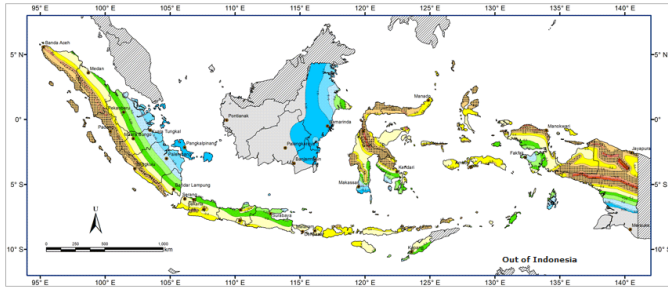
Tabel 2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{DI}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Untuk menentukan nilai S_{DS} dan S_{DI} dapat diperoleh dari parameter nilai percepatan respons spektral gempa (S_S) dan (S_S) yang ada pada gambar peta gempa Indonesia



Gambar 2.2 S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget



Gambar 2.3 S_1 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget

Percepatan respons spektrum MCE untuk periode singkat (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}) dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2012 yaitu:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.2)$$

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

Dimana nilai F_a dan F_v didapatkan berdasarkan tabel 2.6 dan tabel 2.7 dibawah ini yang didapatkan dari peraturan SNI 1726-2012 pasal 6.2.

Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 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	1,3	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	SS	SS	SS	SS

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai S_a dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dari analisis respons situs-spesifik. Lihat 6.10.1

Tabel 2.7 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 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	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS	SS	SS	SS	SS

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai S_a dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dari analisis respons situs-spesifik. Lihat 6.10.1

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.4)$$

d. Spektrum Respon Desain

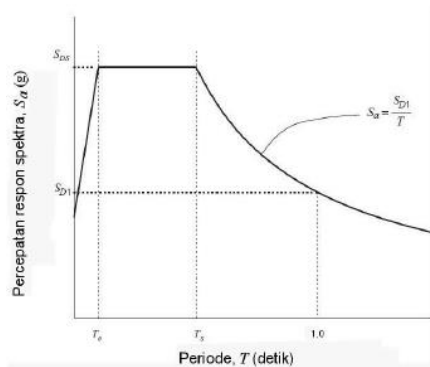
Analisis dinamik adalah analisa struktur dimana pembagian gaya geser gempa diseluruh tingkat diperoleh dengan

memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- a. Analisis ragam respon spektrum dimana total respon didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar.
- b. Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

Pada tugas akhir terapan ini penentuan beban gempa dilakukan dengan metode analisa beban respon spektrum. Respon Spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur, T , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Analisis dinamik respon spektrum memberikan pembagian gaya geser tingkat yang lebih teliti disepanjang tinggi gedung dibandingkan dengan analisis statik ekuivalen.

Metode analisa beban respon spektrum dapat diterapkan pada bangunan tinggi untuk memperoleh besaran respon struktur yaitu simpangan horizontal lantai bangunan. Parameter simpangan lantai sangat penting untuk keperluan perencanaan karakteristik dinamis struktur dan membantu proses perencanaan awal bangunan.



Gambar 2.4 Spektrum Respon Desain

Sesuai SNI 1726-2012 Persamaan 9 dan 10:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.5)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.6)$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spectrum sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.4:

- Untuk $T < T_0$, nilai S_a sebagai berikut:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.7)$$

- Untuk $T \geq T_0$, nilai $S_a = S_{DS}$

- Untuk $T > T_S$, nilai $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$

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

2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada *SNI 03-1727-2013* bangunan beton tahan gempa sebagai berikut:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
4. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
5. 1,2D + 1,0E + L
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0E

Keterangan:

D : Beban Mati

Lr : Beban Hidup pada Atap

L : Beban Hidup

R : Beban Hujan

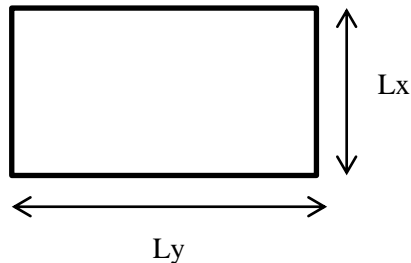
W : Beban Angin
 E : Beban Gempa

2.6 Pelat

2.6.1 Preliminary Dimensi Pelat

a. Perencanaan tebal pelat satu arah

Pelat satu arah merupakan konstruksi pelat dimana rasio bentang panjang dengan bentang pendek sama dengan lebih dari 2.



Gambar 2.5 Dimensi Bidang Pelat (Satu Arah)

Keterangan :

L_y = bentang panjang ; L_x = bentang pendek

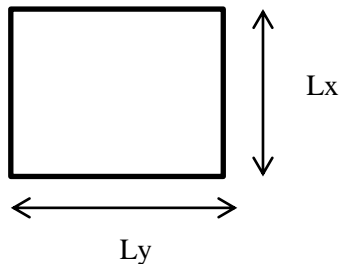
Tebal minimum pelat ditentukan sesuai persyaratan pada *SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5(a)* sesuai untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpul atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh merugikan.

Tabel 2.8 Tabel minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Tebal minimum, h				
Komponen Struktur	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 lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	1 / 20	1 / 24	1 / 28	1 / 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1 / 16	1 / 18,5	1 / 21	1 / 8
<p>CATATAN: panjang bentang dalam mm. nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 mpa. untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasian sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c, di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65-0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.</p> <p>(b) Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$</p>				

b. Perencanaan tebal pelat dua arah

Konstruksi pelat dua arah terjadi apabila rasio bentang panjang dengan bentang pendek kurang dari 2.



Gambar 2.6 Dimensi Bidang Pelat (dua arah)

Keterangan :

Ly = bentang panjang ; Lx = bentang pendek

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3*, untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum, h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

(a) Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$, harus menggunakan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.2*;

(b) Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2$ tebal minimum pelat (h) harus memenuhi

$$h \geq \frac{\ln x \left(0,8 + \frac{fy}{400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (2.8)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

(c) Untuk $\alpha_{fm} \geq 0,2$ tebal minimum pelat (h) harus memenuhi

$$h \geq \frac{\ln x \left(0,8 + \frac{fy}{400}\right)}{36 + 9\beta} \quad (2.9)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

(d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai resiko kekakuan α_{fm} tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 3.1 atau persamaan 3.2 harus dinaikkan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Nilai α_{fm} didapat dari :

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{balok} \cdot I_{balok}}{E_{pelat} \cdot I_{pelat}} \quad (2.10)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad (2.11)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad (2.12)$$

$$I_{pelat} = Ly \times \frac{(hf)^3}{12} \quad (2.13)$$

Dimana nilai K adalah :

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right) + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right)} \quad (2.14)$$

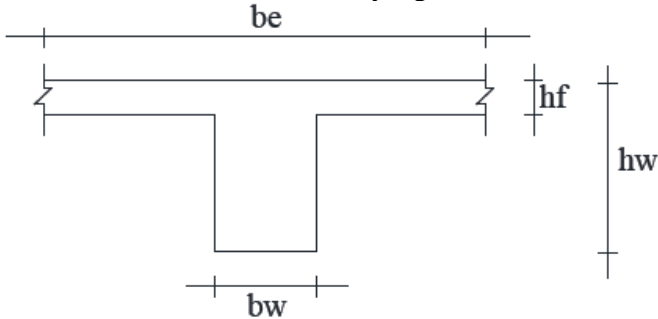
Untuk mencari lebar flens pada balok tengah sesuai SNI adalah sebagai berikut:

Nilai be:

$$be = bw + 2(hw - hf)$$

$$be = bw + 8hf$$

Dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil



Gambar 2.7 Lebar Efektif Pelat

KETERANGAN :

α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

l_n = Panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok

f_y = Tegangan leleh baja tulangan

β = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah

pendek pelat

S_n = Panjang bentang bersih pada arah melintang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok

b_e = Lebar efektif pelat

b_w = Lebar balok

h_f = Tinggi pelat

h_w = Tinggi balok

2.6.2 Penulangan Pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus disediakan paling sedikit memiliki rasio tulangan terhadap luas bruto penampang, tetapi tidak kurang dari 0,0014. Untuk spasi tulangan susut dan suhu sesuai pasal 7.12.2.2

$$S_{maks} < 5 \times h_f \quad (2.15)$$

Spasi tulangan pada penampang kritis :

$$S_{maks} < 2 \times h_f \quad (2.16)$$

Langkah-langkah untuk menghitung kebutuhan tulangan pada pelat:

a. Menghitung momen nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.17)$$

b. Menghitung rasio tulangan

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} \quad (2.18)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} \quad (2.19)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.20)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \quad (2.21)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.22)$$

c. Menghitung rasio tulangan yang dipakai

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \quad (2.23)$$

Jika ρ perlu $< \rho$ min, maka digunakan ρ perlu dinaikkan 30% sehingga:

$$\rho \text{ pakai} = 1,3 \times \rho \text{ perlu} \quad (2.24)$$

d. Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (2.25)$$

Dimana :

P = Rasio tulangan yang diperlukan

b = lebar elemen (m) / untuk pelat dihitung setiap 1 meter

d = tinggi efektif elemen

e. Cek kapasitas penampang

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \quad (2.26)$$

$$\phi Mn = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) > Mu \text{ (OKE)} \quad (2.27)$$

2.7 Tangga

2.7.1 Preliminary Dimensi Tangga

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

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

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 tangga adalah 40 derajat.

2.8 Balok

2.8.1 Preliminary Dimensi Balok

Untuk perencanaan dimensi konstruksi elemen struktur balok, syarat ketinggian dimensi ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.1 sesuai Tabel 9.5(a) berlaku untuk konstruksi yang tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar. Sedangkan untuk penentuan lebar balok dapat ditentukan sepertiga sampai duaperiga dari syarat ketinggian balok. Balok yang direncanakan dengan

SRPMK harus memenuhi ketentuan *SNI 2847-2013 Pasal 21.5.1* sebagai berikut:

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$
- Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya ($l_n \geq 4d$)
- Lebar komponen, b_w , tidak kurang dari 0,3 kali tinggi penampang namun tidak boleh diambil kurang dari 250 mm ($b_w \geq 0,3 h$ atau 250 mm)
- Lebar komponen struktur, b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpun, c_2 (lebar kolom), di tambah nilai terkecil dari (a) dan (b):
 - (a) Lebar komponen struktur penumpu, c_2 , dan
 - (b) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu , c_1 (lebar kolom).

2.8.2 Penulangan Balok

1. Tulangan Lentur dengan Tulangan Rangkap

Berdasarkan *SNI-2847-2013 pasal 21.5.2*, ketentuan untuk tulangan longitudinal adalah:

- a. Pada seberang penampang komponen struktur lentur, kecuali seperti diberikan dalam 10.5.3, untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang diberikan oleh persamaan 10.3:

$$A_s, \min = \frac{0,25 \sqrt{f_{rc}}}{f_y} b_w \cdot d \quad (2.28)$$

$$\text{Dan tidak kurang dari } \frac{1,4 b_w \cdot d}{f_y} \quad (2.29)$$

Dimana :

- A_s = Luas tulangan
 b_w = lebar komponen balok
 d = Tinggi efektif balok

dan rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

b. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif, positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

c. Perhitungan Sambungan Lewatan

Persyaratan sambungan lewatan sesuai dengan SNI 2847-2013

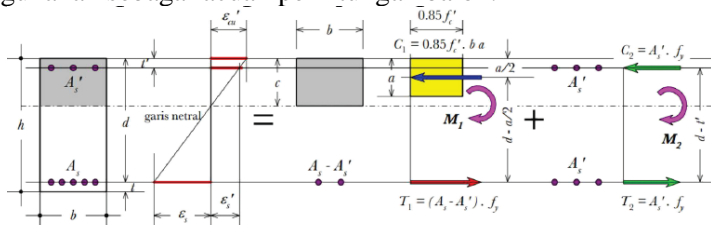
Pasal 21.5.2.3:

- Sambungan lewatan tulangan lentur harus diberi tulangan sengkang atau spiral sepanjang panjang sambungan
- S_{sengkang} pada daerah sambungan lewatan $< d/4$ atau 100 mm (yang terkecil)
- Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka

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 diperlihatkan diagram tegangan yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan balok.



Gambar 2.8 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 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 $X \leq 0,75 X_b$

$$Xb = \frac{600}{600+f_y} x d \quad (2.30)$$

- Ambil A_{sc} berdasarkan X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot x}{f_y} \quad (2.31)$$

- Menghitung M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \quad (2.32)$$

- Menghitung M_n (SNI 03-2847 Pasal 22.5.1)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.33)$$

- Menghitung $M_n - M_{nc}$

Apabila :

- $M_n - M_{nc} > 0$, maka perlu tulangan tekan
- $M_n - M_{nc} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan

- Tulangan tekan

- Apabila perlu tulangan tekan maka:

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \quad (2.34)$$

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

- Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) \cdot 600 \geq f_y \longrightarrow \text{Sudah leleh} \quad (2.35)$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) \cdot 600 \leq f_y \longrightarrow \text{Belum leleh} \quad (2.36)$$

j. Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$Ass' = \frac{Cs'}{fs' - 0,85 \cdot fc'} \quad (2.37)$$

$$Asc = \frac{T_2}{fy} \quad (2.38)$$

k. Tulangan perlu

$$As = Asc + Ass \quad (2.39)$$

$$As' = Ass' \quad (2.40)$$

l. Kontrol Kekuatan

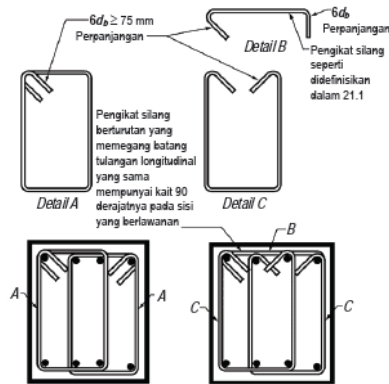
$$\phi Mn \geq Mu \quad (2.41)$$

2. Tulangan Geser

Menurut *SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3*, ketentuan untuk tulangan transversal adalah sebagai berikut:

- a. Sengkang tertutup harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah dibawah ini:
 - Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
 - Di sepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.
- b. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi :
 - $d/4$
 - 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama, tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan oleh 10.6.7; dan
 - 150 mm
- c. Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan: sebuah sengkang yang mempunyai kait gempa pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat silang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang harus mempunyai kait 90

derajatnya pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang yang diamankan oleh pengikat silang dikekang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, kait pengikat silang 90 derajatnya harus ditempatkan pada sisi tersebut.

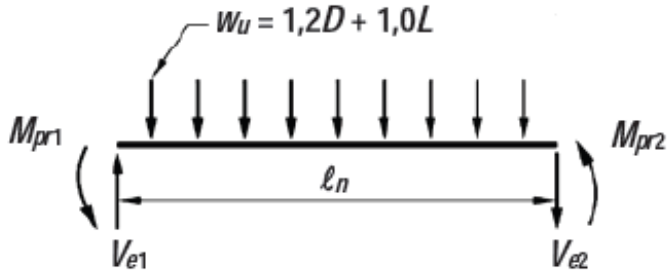


Gambar 2.9 Contoh-contoh Sengkang Tertutup Saling Tumpang dan Ilustrasi Batasan pada Spasi Horizontal Maksimum Batang Tulangan Longitudinal yang Ditumpu

3. Gaya Desain

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:

- Diberikan nilai f_c' , f_y , diameter sengkang, dan V_g
- Hitung momen tumpuan:



Gambar 2.10 Gaya Geser Desain Untuk Balok
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

Kapasitas momen ujung-ujung balok dapat dihitung :

$$M_{pr} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (2.42)$$

$$a_{pr} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f_c' b} \quad (2.43)$$

Dimana :

A_s = luas tulangan tarik longitudinal

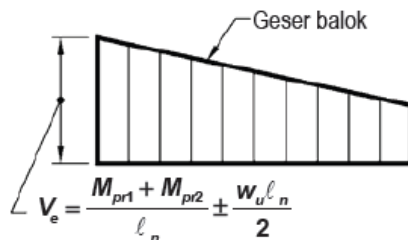
f_y = tegangan leleh baja

d = tinggi efektif

f_c' = mutu beton

b = lebar balok

c. Hitung reaksi di ujung-ujung balok



Gambar 2.11 Gaya Geser Desain untuk Balok
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = V_{gempa} + V_g \quad (2.44)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{\ell_n} \pm \frac{W_u \ell_n}{2} \quad (2.45)$$

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_{gempa} dan V_g yang terjadi.

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.46)$$

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

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \quad (2.47)$$

Dimana :

A_v = Luas tulangan sengkang (mm^2)

$$S_{max} \leq \frac{1}{2} \cdot d \quad (2.48)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.4)

4. Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 tulangan transversal berpotensi membentuk sendi plastis (sepanjang 2h dari muka kolom) harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$, bilamana keduanya terjadi:

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa lebih besar atau sama dengan 50% dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;
- Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g \cdot f'_c / 20$

5. 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:

$$T_u = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (2.49)$$

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

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$T_n \text{ harus dihitung, } T_n = \frac{2 \cdot A_a \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta \quad (2.50)$$

Dimana :

Tu = Momen puntir terfaktor pada penampang

Tn = Kuat momen puntir normal

Acp = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton

Pcp = Keliling luar penampang beton

2.8.3 Panjang Penyaluran

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 2.9 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	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right]$	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right]$

cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disambung tidak kurang dari 2 d _b dan selimut bersih tidak kurang d _b		
Kasus-kasus lain	$\left[\frac{fy \cdot \Psi_t \psi_e}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}} \right]$	$\left[\frac{fy \cdot \Psi_t \psi_e}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}} \right]$

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 epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari 3 d_b, atau spasi bersih kurang dari 6 d_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), $\Psi_t = 1,0$. Akan tetapi hasil, $\Psi_t \times \psi_e$ tidak perlu lebih besar dari 1,7.
- Bila beton ringan digunakan, λ 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 penyauran 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:

$$\left(\frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot d_b \quad (2.51)$$

$$(0,043 \cdot fy) \cdot d_b \quad (2.52)$$

2.9 Kolom

2.9.1 Preliminary Dimensi Kolom

Penentuan dimensi kolom didasarkan pada konsep *Strong Column Weak Beam*, dimana tidak boleh ada keruntuhan pada kolom sehingga kekakuan kolom harus lebih besar dari balok.

$$\frac{EI_{kolom}}{h_{kolom}} \geq \frac{EI_{balok}}{L_{balok}} \quad (2.53)$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas beton

I = inersia penampang

h = tingg kolom

L = panjang bentang balok

2.9.2 Penulangan Kolom

1. 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:

$$\sum Mnc \geq 1,2 \cdot \sum Mnb \quad (2.54)$$

Dimana :

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

$\sum Mnb$ = Jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada pada daerah lebar efektif pelat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila

tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

2. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4*, Tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang ℓ_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi seberang penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang ℓ_o tidak boleh kurang dari yang terbesar:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi
- 1/6 bentang bersih komponen struktur
- 450 mm

Spasi tulangan transversal sepanjang panjang ℓ_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

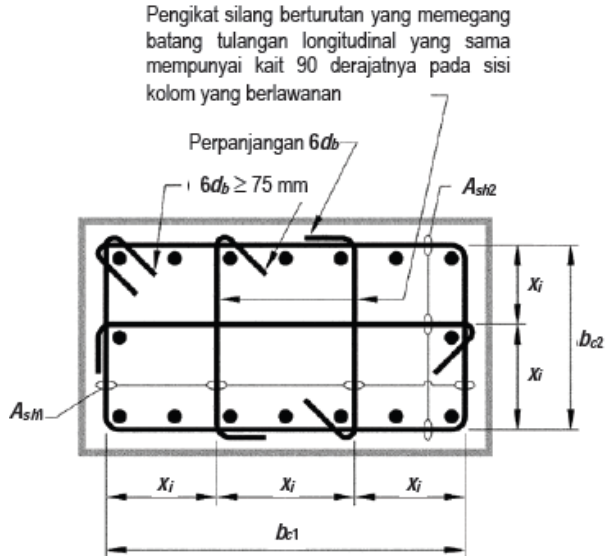
- 1/4 dimensi komponen struktur minimum
- 6 kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil
- s_o , seperti didefinisikan oleh persamaan :

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (2.55)$$

Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Dimana :

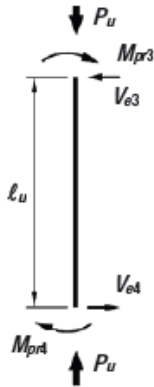
h_x = spasi horizontal kait silang atau kaki sengkang tertutup



Gambar 2.12 Contoh Tulangan Transversal pada Kolom

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 2.13 Gaya Geser Desain untuk Kolom

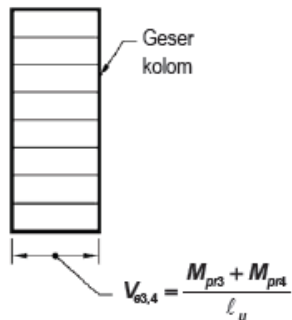
Momen tumpuan atas dan bawah

$$M_{pr\ 3,4} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.56)$$

$$\text{Dimana : } a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \quad (2.57)$$

c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \quad (2.58)$$



Gambar 2.14 Geser desain untuk balok dan kolom

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c \quad (2.59)$$

Dimana $V_c = 0$ apabila V_e akibat gempa lebih besar $\frac{1}{2} Vu$ 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

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \quad (2.60)$$

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:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (2.61)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \quad (2.62)$$

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 terluar sengkang ke serat terluar sengkang di sisi lainnya

2.9.3 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 $\frac{3}{4}$ lebar kolom merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom maka tulangan trasnversal yang harus dipasang di daerah join hanya 1.2 dari yang dipasang dari daerah sendi plastis kolom. Spasi tulangan trasnversal pada konsidi ini dapat diperbesar menjadi 150 mm.
- Berdasarkan *SNI 03-2847-2014 Pasal 21.7.4.1*, persamaan kuat geser hubungan balok-kolom dapat dihitung sebagai berikut:
 - Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empa muka

$$1,7 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot A_J \quad (2.63)$$

- Untuk joint yang terkekang oleh balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan

$$1,2 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot A_J \quad (2.64)$$

- Untuk kasus-kasus lainnya

$$1,0 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot A_J \quad (2.65)$$

Dimana:

A_J = Luas bersih hubungan balok kolom

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

3. Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam Kondisi Tarik

- Untuk ukurang batang tulangan diameter 10 mm sampai diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran, ℓ_{db} , untuk batang tulangan dengan kait 90 derajat standar pada beton normal tidak boleh kurang dari:

- $8 \cdot d_b$

- 150 mm

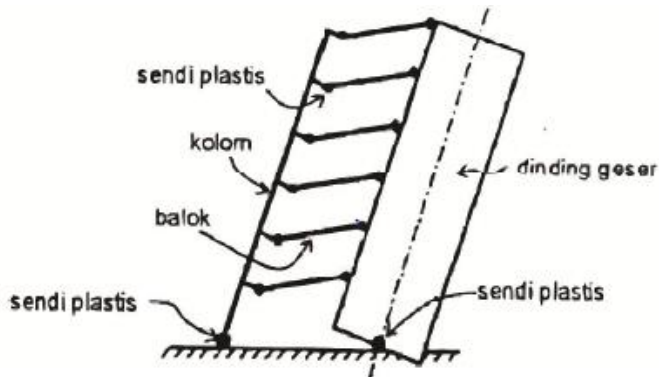
- $\ell_{db} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f'c'}}$ (2.66)

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

2.10 Dinding Geser (*Shearwall*)

Dinding struktural pada bangunan berbentuk rangka (*frame building*) harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang memadai yang diperlukan untuk mengurangi simpangan antar lantai yang disebabkan oleh gempa. Dinding seperti itu disebut dinding geser. Fungsi lainnya adalah untuk mengurangi kemungkinan kehancuran komponen nonstruktural yang ada pada gedung pada umumnya (*Nawy, 2005:741*). Menurut *SNI 2847-2013*, dinding geser adalah dinding struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa.

Gedung yang diperkaku dengan dinding geser dianggap lebih efektif daripada gedung dengan rangka kaku, dengan mempertimbangkan pembatasan kehancuran, keamanan secara keseluruhan dan keandalan struktur. Hal ini berdasarkan fakta bahwa dinding geser dianggap lebih kaku daripada elemen rangka biasa sehingga dapat menahan beban lateral yang lebih besar akibat gempa, dan di saat yang bersamaan dapat membatasi simpangan antar lantai. Maka dari itu salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser adalah bahwa dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya geser. Dinding geser hanya boleh tuntu akibat adanya momen plastis yang menyebabkan timbulnya sendi plastis pada bagian kakinya.



Gambar 2.15 Mekanisme Keruntuhan Ideal dengan Sendi Plasti pada Ujung-Ujung Balok dan Kaki Kolom

Penempatan dinding geser pada sistem ganda adalah salah satu hal pokok yang harus dipertimbangkan. Dalam sistem gedung tinggi yang bentuknya tidak beraturan, seringkali terjadi eksentrisitas yang berlebihan. Eksentrisitas pada gedung terjadi karena tidak berimpitnya pusat massa dan pusat kekakuan gedung. Eksentrisitas yang besar dapat menyebabkan rotasi gedung. Untuk itu dinding geser harus ditempatkan sedemikian rupa untuk membatasi eksentrisitas itu, atau dengan kata lain agar didapatkan eksentrisitas sekecil mungkin. Selain itu, yang harus menjadi pertimbangan adalah bentuk dengan gedung dan tata guna lantai, dimana dinding geser yang menerus umumnya diletakkan didekat tangga atau lift untuk menghindari terganggunya sirkulasi ruang dan menjaga kenyamanan pengguna gedung

2.10.1 Preliminary Dimensi *Shearwall*

Penentuan dimensi dinding geser (*shearwall*) mengacu kepada SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.1, tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari $\frac{1}{25}$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

2.10.2 Penulangan *Shearwall*

Berdasarkan *SNI-03-2847 2013* syarat penulangan untuk *shearwall* adalah sebagai berikut:

- ρ_v dan $\rho_h > 0,0025$, kecuali bahwa jika V_u tidak melebihi $0,083\lambda \cdot A_{cw}\sqrt{f_c'}$, ρ_v dan ρ_h , diizinkan untuk direduksi menjadi nilai-nilai yang disyaratkan dalam 14.3
- spasi tulangan < 450 mm.
- Tulangan yang menyumbang pada V_n harus menerus dan harus didistribusikan melintasi bidang geser
- V_u harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan kombinasi beban terfaktor

1. Kekuatan Geser

V_n dinding struktur tidak boleh melebihi dari:

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \cdot \lambda \sqrt{f_c'} + \rho_t f_y) \quad (2.67)$$

Dimana :

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2$$

A_{cv} = Luas penampang total dinding struktural

λ = Luas untuk beton normal

ρ_t = Rasio penulangan arah horizontal

Nilai rasio h_w/l_w yang digunakan untuk menentukan V_n untuk segmen-segmen dinding yang lebih besar dari rasio-rasio untuk dinding keseluruhan dan segmen dinding yang ditinjau. Jika h_w/l_w tidak melebihi 2,0, rasio tulangan $\rho_t \geq \rho_{t,}$

Berdasarkan *SNI-2847-2013 Pasal 21.9.4.4 dan 21.9.4.5* :

- Untuk semua segmen dinding vertikal yang menahan gaya lateral yang sama, kombinasi V_n tidak boleh diambil lebih besar dari

$$0,66 \cdot A_{cv}\sqrt{f_c'} \quad (2.68)$$

- Untuk salah satu dari segmen dinding vertikal individu, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari

$$0,83 \cdot A_{cw}\sqrt{f_c'} \quad (2.69)$$

- Untuk segmen dinding horizontal, termasuk balok kopel, V_n tidak boleh lebih besar dari

$$0,83 \cdot A_{cw} \sqrt{f c'} \quad (2.70)$$

Dimana A_{cw} adalah luas penampang beton suatu segmen dinding horizontal atau balok kopel.

2. Pembatas Dinding Struktur Khusus

Berdasarkan *SNI-2847-2013 Pasal 21.9.6*, kebutuhan komponen batas di tepi-tepi dinding struktural harus dievaluasi berdasarakan persyaratan dibawah ini:

- Kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu y}{I} > 0,2 \cdot f c' \quad (2.71)$$

Dimana:

P_u = Gaya aksial tekan terfaktor

A_g = Luas bruto penampang

I = Inersia penampang beton

- Jarak c dari serat terluar zona kompresi lebih besar dari:

$$c > \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} \quad (2.72)$$

Dimana:

δ_u = Perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.

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

Besaran $\frac{\delta_u}{h_w}$ dalam persamaan diatas tidak boleh kurang dari 0,007

2.11 Struktur Pondasi

2.11.1 Kontrol Geser Pons *Pile Cap*

1. Geser satu arah

- Beban *pile cap*, $qt = \frac{P}{A_g}$ (2.73)

- Hitung luasan tributary akibat geser satu arah

- Kontrol tebal *pile cap* (d) berdasarkan gaya geser satu arah

- Beban ultimit pile cap, $qu = \frac{\sum P}{A_g}$ (2.74)
- $Vu = qu$ (luas total pile cap – luas pons)
- Kontrol perlu tulangan geser

Bila:

$\phi V_c > Vu$ \longrightarrow tidak perlu tulangan geser

$\phi V_c < Vu$ \longrightarrow perlu tulangan geser

2. Geser dua arah

Kontrol kemampuan beton sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1* :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad (2.75)$$

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad (2.76)$$

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad (2.77)$$

Dimana :

α_s = 40 untuk kolom interior
 = 30 untuk kolom tepi
 = 20 untuk kolom sudut

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis
 = $4(0,5d + b \text{ kolom} + 0,5 d)$

BAB III METODOLOGI

Dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir terapan diperlukan metode dan urutan yang jelas dan sistematis. Oleh karena itu dibuat suatu metodologi yang dimaksudkan agar pengerjaan tugas akhir ini berjalan dengan baik dan efektif. Metodologi ini membahas langkah-langkah atau urutan-urutan serta metode yang akan dipakai dalam penyelesaian tugas akhir.

3.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

3.1.1 Pengumpulan Data

Mengumpulkan data yang meliputi data bangunan (denah proyek, gambar struktur, gambar arsitektur) dan data tanah sebagaimana terlampir untuk dapat mengerjakan tugas akhir terapan ini.

3.1.2 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. 2012. 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 Press.
5. Prof. Ir. Bambang Budiono, M.E., PhD dan Lucky Supriatna, ST. 2011. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa. Bandung: ITB Press.

3.2 Modifikasi dan Penentuan Kriteria Desain

3.2.1 Modifikasi Struktur

Pada gedung perkuliahan yang di tinjau yakni gedung perkuliahan di Surabaya.

Tabel 3.1 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi

Eksisting	Modifikasi untuk Keperluan Tugas Akhir Terapan
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	SRPMK dan <i>Shearwall</i>
Terdapat jembatan yang menghubungkan gedung perkuliahan pada lantai 1 dan 2	Tidak terdapat jembatan penghubung
Lokasi di Jalan Dharmahusada Permai No. 330, Surabaya	Lokasi di Mulyorejo Utara, Surabaya

3.2.2 Penentuan Kriteria Desain

Penentuan Kriteria Desain untuk desain struktur gedung perkuliahan di Surabaya menggunakan data tanah di Mulyorejo Utara, 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 : Gedung perkuliahan
- 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 perkuliahan di Surabaya ini didesain dengan struktur sistem ganda (*Dual System*) yakni SRPMK dan dinding geser (*Shearwall*).

3.3 Preliminary Design

Preliminary design ini dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Pada tahap ini dilakukan perencanaan untuk dimensi struktur:

3.3.1 Struktur Primer

- Balok : menentukan dimensi $b \times h$
- Kolom : menentukan dimensi $b \times h$
- Dinding geser : menentukan tebal *shearwall*, t

3.3.2 Struktur Sekunder

- Pelat : menentukan tebal pelat, t
- Tangga : menentgukan tebal pelat tangga, t

3.4 Analisis Pembebanan

Pembebanan struktur didasarkan pada beban minimum untuk bangunan gedung dan struktur lain (*SNI 03-1727-2013*) dan brosur material. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin dengan rincian sebagai berikut:

3.4.1 Beban Mati (*dead load*)

Beban mati yang digunakan pada struktur ini sesuai *SNI 1727-2013*, *ASCE 7-2002 Tabel C3-1* dan brosur.

3.4.2 Beban Hidup (*live load*)

Beban mati yang digunakan pada struktur ini sesuai *SNI 1727-2013*. Terdapat beban hujan pada lantai atap. Berikut rumus beban hujan :

$$R = 0,0098 (ds + dh) \quad (3.1)$$

Dimana :

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut

d_s = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis).

d_n = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik).

3.4.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan sesuai dengan *Pasal 27 SNI 03-1727-2013*. Beban angin digunakan untuk merencanakan Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) pada bangunan gedung.

3.4.4 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik menggunakan respon spektrum. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai *SNI 03-1726-2012*. Lokasi gempa yang ditinjau pada daerah Mulyorejo Utara, Surabaya.

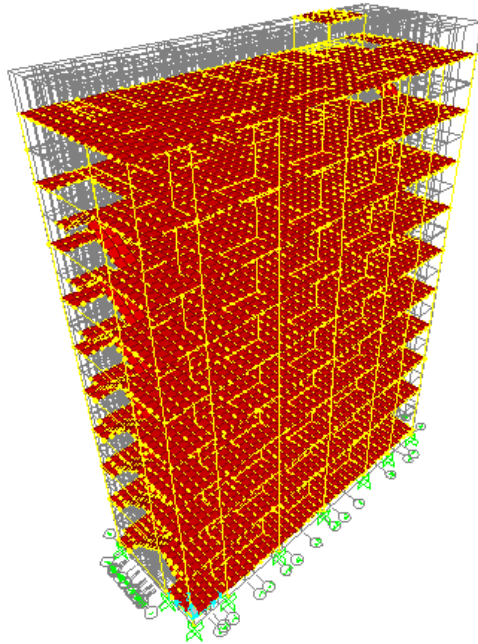
3.5 Permodelan Struktur

Permodelan gedung perkuliahan di Surabaya dilakukan menggunakan program bantuan SAP 2000 v.14. Dilakukan 2 permodelan dalam tugas akhir terapan ini yaitu kondisi eksisting (*SRPMK*) dan kondisi yang telah dimodifikasi (*Dual System*) yang dilengkapi dengan *shearwall* pada lokasi-lokasi tertentu. Hal yang perlu diperhatikan dalam permodelan struktur:

- Bentuk Gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari preliminary desain

Berikut adalah langkah-langkah menentukan letak *shearwall*:

1. Meninjau Gambar Arsitektur untuk mengetahui lokasi yang paling strategis untuk meletakkan *shearwall* agar tidak mengganggu denah arsitektur.
2. Dilakukan Analisa Permodelan dengan SAP 2000 v.14



Gambar 3.1 Permodelan Struktur Gedung Menggunakan SAP 2000

3. Cek Kontrol Fundamental (Periode Fundamental Struktur, Gaya geser dinamis, Simpangan antar lantai, Distribusi gaya gempa (Dual system)).
4. Cek gerakan mode 1 dan 2 pada SAP 2000 v.14 untuk mengetahui apakah gedung mengalami puntir.

3.6 Analisa Gaya Dalam (M, N, D)

Analisa dari Output SAP 2000 diperoleh nilai gaya dalam berupa momen (M), nilai gaya geser (D), dan nilai gaya aksial (N). Nilai-nilai tersebut yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan penulangan untuk struktur primer dan sekunder.

3.7 Perhitungan Penulangan Struktur Primer, Struktur Sekunder dan Struktur Bangunan Bawah

Penulangan dihitung berdasarkan *SNI 2847-2013* dengan memperhatikan standar penulangan untuk SRPMK serta menggunakan data-data berupa nilai gaya dalam yang diperoleh dari output program SAP 2000 v.14. Perhitungan penulangan yang dilakukan pada:

- Struktur primer : balok, kolom, hubungan balok kolom, dan dinding geser.
- Struktur sekunder : pelat dan tangga
- Struktur bangunan bawah : struktur pondasi (sloof, pilecap dan tiang pancang)

3.8 Cek Persyaratan Desain

Cek persyaratan dari setiap elemen struktur beton yang dihitung dengan ketentuan *SNI 03-2847-2013*. Apabila tidak memenuhi syarat, maka akan dilakukan perhitungan tulangan kembali.

3.9 Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan meliputi:

1. Gambar Arsitektur:
 - Gambar denah
 - Gambar tampak
 - Gambar potongan
2. Gambar Struktur
 - Gambar sloof
 - Gambar balok
 - Gambar kolom
 - Gambar pelat
 - Gambar tangga
 - Gambar dinding geser
 - Gambar pondasi
3. Gambar Penulangan
 - Gambar penulangan sloof

- Gambar penulangan balok
 - Gambar penulangan kolom
 - Gambar penulangan pelat
 - Gambar penulangan tangga
 - Gambar penulangan dinding geser
 - Gambar penulangan pilecap
4. Gambar Detail
- Gambar detail panjang penyaluran
 - Gambar detail sambungan

3.10 Metode Pelaksanaan

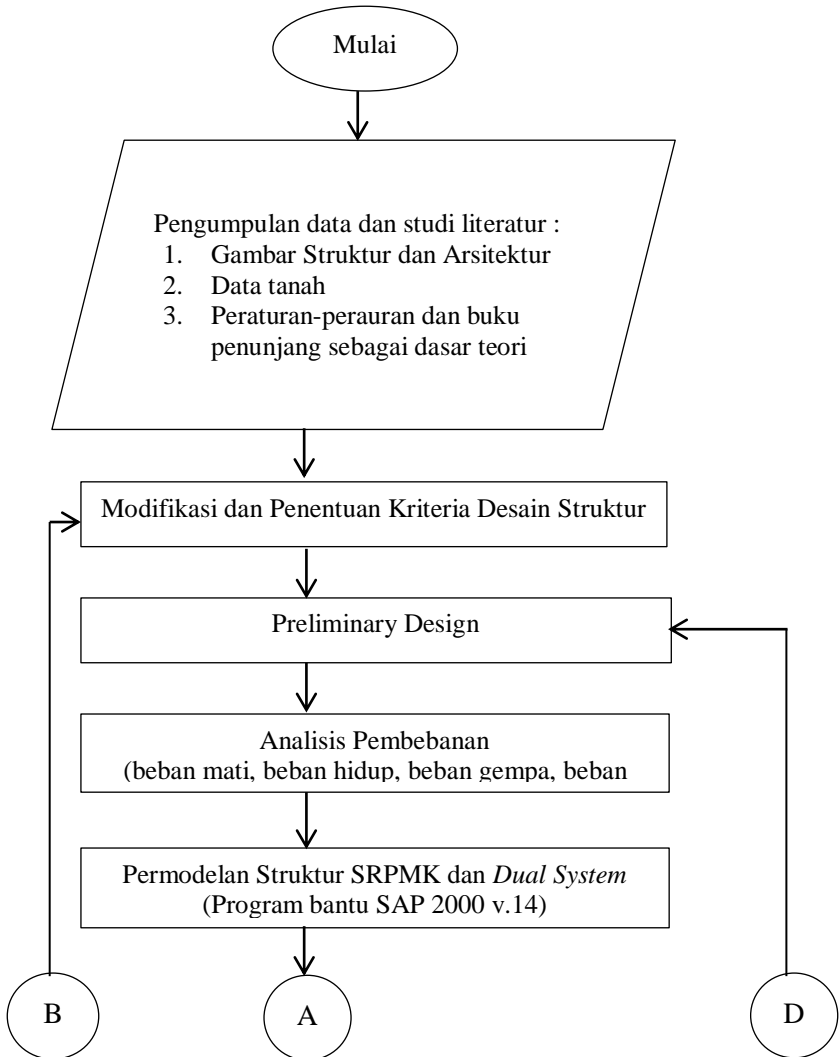
Metode pelaksanaan yang akan dibahas dalam tugas akhir terapan ini adalah pekerjaan struktur dinding geser (*Shearwall*) yang meliputi pekerjaan:

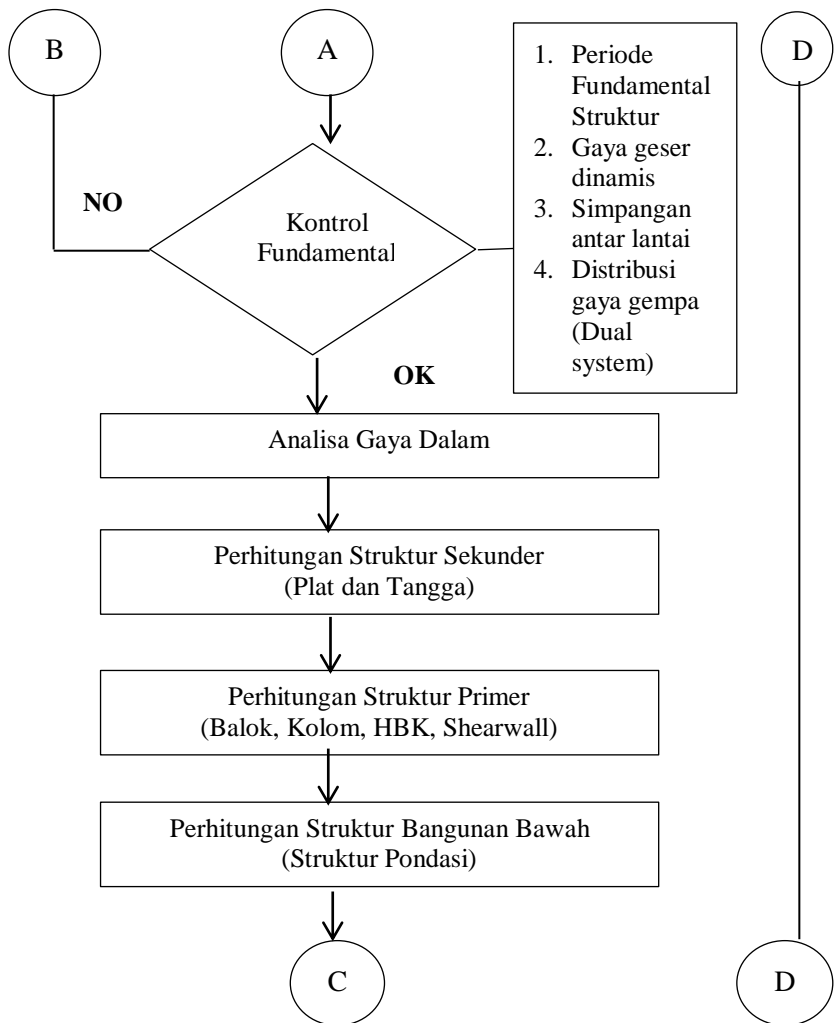
1. Pekerjaan Pembesian
2. Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Shearwall*
3. Pekerjaan Pengecoran *Shearwall*
4. Pekerjaan Pembongkarang bekisting
5. Perawatan Beton (Curing)

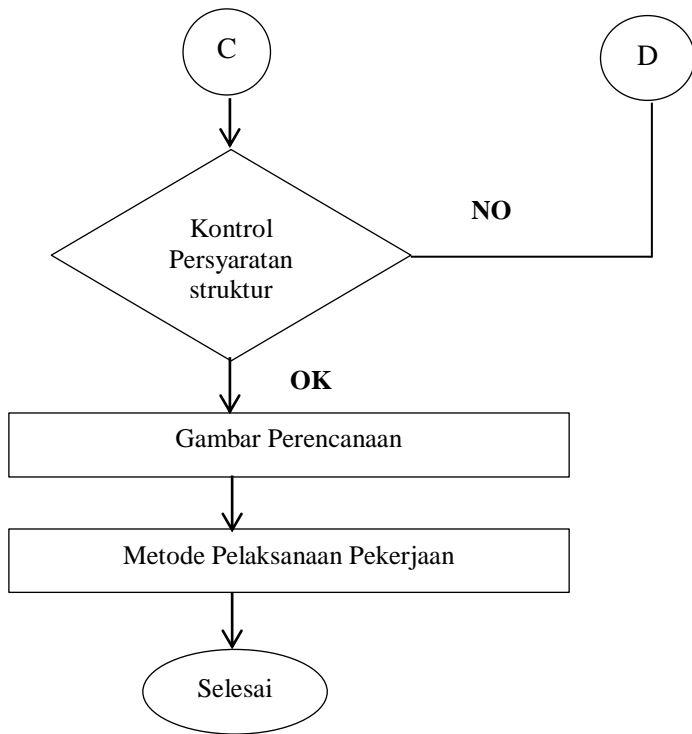
Setelah ditentukan urutan metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kemudian dilakukan pemilihan alat yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan

1. *Tower crane*
2. *Concrete Bucket*
3. *Concrete Vibrator*

3.11 Diagram Alir







Gambar 3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan

BAB IV PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data Preliminary Design

Struktur gedung ini didesain menggunakan bahan beton bertulang dengan data-data sebagai berikut :

Tipe Bangunan	: Gedung Perkuliahan
Letak Bangunan	: Perkotaan
Tinggi Bangunan	: 48,8 m
Panjang gedung	: 35,5 m
Lebar gedung	: 12,45 m
Mutu Beton	: 35 Mpa
Mutu Baja (f_y) ($> \emptyset 12$):	390 Mpa
Mutu Baja (f_y) ($< \emptyset 12$):	240 Mpa

4.2 Preliminary Design Balok

Preliminary design balok diperlukan untuk menentukan lebar dan tinggi balok yang akan digunakan dalam perencanaan. Tinggi minimum balok atau h min tanpa lendutan ditentukan menurut *Tabel 9.5 (a) pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2* atau dapat dilihat pada Tabel 2.8. Untuk syarat lebar balok, dapat ditentukan dengan $1/3$ sampai dengan $2/3$ dari syarat ketinggian balok. Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

4.2.1 Balok Induk

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI 1
- As balok : F (1-5)
- Bentang balok (L_{balok}) : 1005 cm

b. Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 1005 \left(0,4 + \frac{390}{700} \right)$$

$$h \geq 80,16 \text{ cm}$$

$$h \approx 85 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} x h$$

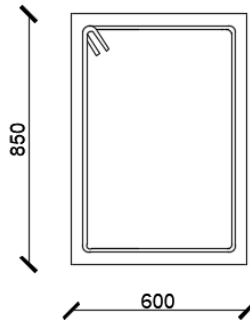
$$b = \frac{2}{3} x 80,16 \text{ cm}$$

$$b = 53,44 \text{ cm}$$

$$b \approx 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 60/85

c. Gambar hasil perencanaan dimensi :



Gambar 4.1 Rencana Dimensi Balok Induk 60/85

4.2.2 Balok Anak

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BA 2
- As balok : 3 (A-B)
- Bentang balok (L_{balok}) : 720 cm

b. Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{21} x L \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{21} x 720 \left(0,4 + \frac{390}{700} \right)$$

$$h \geq 32,82 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} x h$$

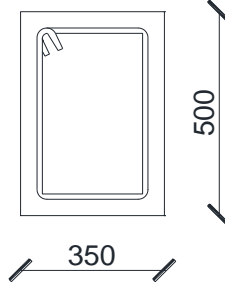
$$b = \frac{2}{3} x 32,82$$

$$b = 21,87 \text{ cm}$$

$$b \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan ukuran 35/50

c. Gambar hasil perencanaan dimensi :



Gambar 4.2 Rencana Dimensi Balok Anak 35/50

4.2.3 Balok Lift

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BL
- As balok : B' (1-2')
- Bentang balok (L_{balok}) : 218 cm

b. Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{8} \times L \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{8} \times 218 \text{ cm} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right)$$

$$h \geq 26,082 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

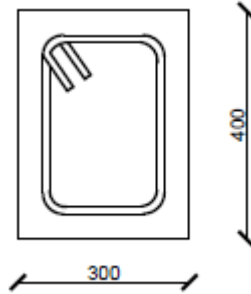
$$b = \frac{2}{3} \times 26,082$$

$$b = 17,388 \text{ cm}$$

$$b \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok lift dengan ukuran 30/40

c. Gambar hasil perencanaan dimensi



Gambar 4.3 Rencana Dimensi Balok Lift 30/40

4.2.4 Balok Bordes

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BB
- As balok : B' (1-2')
- Bentang balok (L_{balok}) : 480 cm

b. Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 480 \text{ cm} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right)$$

$$h \geq 28,714 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

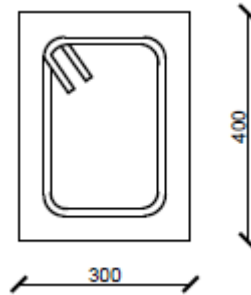
$$b = \frac{2}{3} \times 28,714$$

$$b = 19,143 \text{ cm}$$

$$b \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok bordes dengan ukuran 30/40

c. Gambar hasil perencanaan dimensi



Gambar 4.4 Rencana Dimensi Balok Bordes 30/40

4.3 Preliminary Design Plat

a. Data-data perencanaan :

- Tipe pelat : S1
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 502,5 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 360 cm
- Dimensi balok as 1, (C-C') : 40/65
- Dimensi balok as 3, (C-C') : 35/50
- Dimensi balok as C, (1-1') : 60/85
- Dimensi balok as C', (1-1') : 40/60

b. Perhitungan perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang (l_n)

$$L_y : 502,5 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as 1, (C-C')} : 40 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as 3, (C-C')} : 35 \text{ cm}$$

$$l_n = l_y - \left(\frac{b_{\text{balok as 2'}}(E-E')}{2} \right) + \left(\frac{b_{\text{balok as 1'}}(E-E')}{2} \right)$$

$$l_n = 502,5 - \left(\frac{40}{2} \right) + \left(\frac{35}{2} \right)$$

$$l_n = 465 \text{ cm}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek (l_n)

$$L_x : 360 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as C, (1-1')} : 60 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as C', (1-1')} : 40 \text{ cm}$$

$$S_n = I_y - \left(\frac{b \text{ balok}_{as} E (z'-1')}{2} \right) + \left(\frac{b \text{ balok}_{as} E' (z'-1')}{2} \right)$$

$$S_n = 480 - \left(\frac{60}{2} \right) + \left(\frac{40}{2} \right)$$

$$S_n = 310 \text{ cm}$$

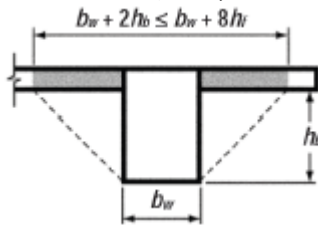
- Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{ln}{S_n}$$

$$\beta = \frac{465}{310}$$

$$\beta = 1,5 < 2 \quad \text{Two way slab (pelat dua arah)}$$

- Tinjauan balok induk as 1 , (C-C')



$$b_w : 40 \text{ cm}$$

$$h : 65 \text{ cm}$$

$$\text{Asumsi pelat (t): } 12 \text{ cm}$$

$$\diamond b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - t)$$

$$b_{e1} = 40 + 2(65 - 12)$$

$$b_{e1} = 146 \text{ cm}$$

$$\diamond b_{e2} = b_w + (8 \times t)$$

$$b_{e2} = 40 + (8 \times 12)$$

$$b_{e2} = 136 \text{ cm}$$

Maka digunakan nilai b_e yang terkecil yaitu 136 cm

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e - 1}{b_w}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e - 1}{b_w}\right)x \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e - 1}{b_w}\right)x \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)x \left(\frac{12}{65}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{65} - 1\right)x \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 5,76$$

- Momen inersia penampang T (I_b)

$$I_b = \frac{k x b_w x h^3}{12}$$

$$I_b = \frac{5,76 x 40 x 65^3}{12}$$

$$I_b = 5268267 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat (I_p)

$$I_p = b_s x \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 251,25 x \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 36180 \text{ cm}^4$$

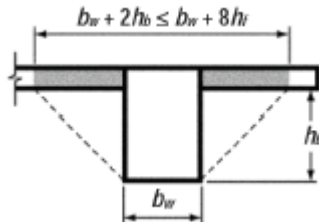
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{5268267}{36180}$$

$$\alpha_1 = 145,613$$

- Tinjauan balok anak as C' (1-1')



$$b_w : 40 \text{ cm}$$

$$h : 60 \text{ cm}$$

Asumsi pelat (t): 12 cm

$$\diamond b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - t)$$

$$b_{e1} = 40 + 2(60 - 12)$$

$$b_{e1} = 136 \text{ cm}$$

$$\diamond b_{e2} = b_w + (8 x t)$$

$$b_{e2} = 40 + (8 \times 12)$$

$$b_{e2} = 136 \text{ cm}$$

Maka digunakan nilai b_e yang terkecil yaitu 136 cm

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e - 1}{b_w}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e - 1}{b_w}\right)x\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e - 1}{b_w}\right)x\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)x\left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)x\left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 5,51$$

- Momen inersia penampang T (I_b)

$$I_b = \frac{k \times b_w \times h^3}{12}$$

$$I_b = \frac{5,51 \times 40 \times 60^3}{12}$$

$$I_b = 3964904 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat (I_p)

$$I_p = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 360 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 51840 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_4 = \frac{3964904}{51840}$$

$$\alpha_4 = 76,483$$

Dari perhitungan diatas didapatkan,

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha = \frac{145,613 + 23,598 + 255,928 + 76,483}{4}$$

$$\alpha = 125,405$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c) untuk α lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{465 \left(0,8 + \frac{390}{1400} \right)}{36 + 9 \times 1,5}$$

$$h = 10,132$$

Maka tebal pelat lantai serta pelat atap yang digunakan adalah **12 cm**

4.4 Preliminary Design Kolom

a. Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 675 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 1005 cm
- Lebar balok (b_{balok}) : 60 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) : 85 cm

b. Perhitungan perencanaan :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{h_{kolom}}{\frac{1}{12} \times h_k^4} \geq \frac{L_{balok}}{\frac{1}{12} \times 60 \times 85^3}$$

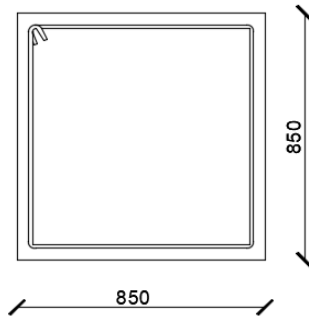
$$\frac{675}{1005} \geq \frac{1005}{1005}$$

$$h \geq 70,532 \text{ cm}$$

$$h \approx 85 \text{ m}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 85/85

c. Gambar hasil perencanaan dimensi



Gambar 4.5 Rencana Dimensi Kolom 85/85

4.5 Preliminary Design Sloof

a. Data-data perencanaan :

- Tipe sloof : TB 1
- As balok : C (1-5)
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 100 cm
- Bentang sloof (L_{sloof}) : 1005 cm
- Lebar kolom (b_{kolom}) : 85 cm

b. Perhitungan perencanaan :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

Dimana $h_s = b_s$ dan $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h_s^4}{L_{sloof}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times 85^4}{100} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h_s^4}{1005}$$

$$h_s \leq 144,06 \text{ cm}$$

$$h_s \approx 75 \text{ cm}$$

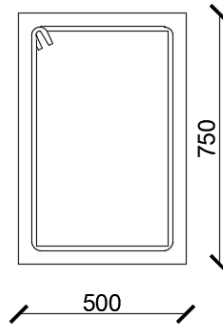
$$b_s = \frac{2}{3} \times h_s$$

$$b_s = \frac{2}{3} \times 75$$

$$b_s = 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi slood dengan ukuran 50/75

c. Gambar hasil perencanaan dimensi



Gambar 4.6 Rencana Dimensi Sloof 50/75

4.6 Preliminary Design Tangga

a. Data-data perencanaan :

- Tipe Tangga : 1
- Tebal pelat : 15 cm
- Lebar injakan (i) : 25 cm
- Tinggi injakan (t) : 18 cm
- Tinggi tangga : 680 cm
- Tinggi bordes : 340 cm
- Panjang datar tangga : 450 cm

b. Perhitungan perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{Tinggi bordes}^2 + \text{Panjang tangga}^2}$$

$$L = \sqrt{340^2 + 450^2}$$

$$L = 564 \text{ cm}$$

$$L = 5,64 \text{ m}$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi injakan}}$$

$$nt = \frac{340}{18}$$

$$nt = 19 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$ni = 19 - 1$$

$$ni = 18 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \text{arc. tan} \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \text{arc. tan} \frac{18}{25}$$

$$\alpha = 35,754^\circ$$

Syarat sudut kemiringan

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

$$25^\circ \leq 35,754^\circ \leq 40^\circ \quad (\text{memenuhi})$$

- Tebal efektif pelat tangga

Dengan perbandingan luas pada segitiga:

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2} x i x t = \frac{1}{2} x \sqrt{i^2 x t^2} x d$$

$$\frac{1}{2} x 25 x 18 = \frac{1}{2} x \sqrt{25^2 x 18^2} x d$$

$$d = 14,607 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} x d = \frac{1}{2} x 14,607 = 7,304 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal efektif pelat tangga} &= 15 \text{ cm} + 7,304 \text{ cm} \\ &= 23 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.7 Preliminary Design Dinding Geser

Tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm (SNI 2847 2013 pasal 14.5.3.1)

a. Data-data perencanaan :

- Tipe dinding geser : SW 1 dan SW 2
- Tebal dinding geser : 30 cm
- Panjang bentang : 5,05 m
- Tinggi perlantai : 4,8 m dan 6,8 m

b. Perhitungan perencanaan :

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{505}{25} = 20,2 \text{ cm (OK)}$$

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{480}{25} = 19,2 \text{ cm (OK)}$$

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{680}{25} = 27 \text{ cm (OK)}$$

Jadi digunakan dinding geser tebal **30 cm** untuk tipe SW 1 dan SW 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1 Beban Gravitasi

Beban elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi dimana mengacu pada peraturan *SNI 03-17727-2013*, *ASCE 7-2002*, dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material dapat dilihat pada lampiran. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000 v.14

5.1.1 Beban Mati

1. Pembebanan Pelat Lantai

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- Beban keramik sebesar 15 kg/m^2 (brosur)
- Beban spesi keramik sebesar 5 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 3 mm (brosur)
- Beban penggantung plafond : 10 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Suspended Steel Channel System*")
- Beban plafond : 5 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Acoustical Fiberboard*")
- Beban Mechanical Electrical (M/E) : 19 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Mechanical Duct Allowance*")

2. Pembebanan Pelat Atap

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- Beban penggantung plafond : 10 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Suspended Steel Channel System*")
- Beban plafond : 5 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Acoustical Fiberboard*")
- Beban Mechanical Electrical (M/E) : 19 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Mechanical Duct Allowance*")
- Beban lapisan waterproofing : 5 kg/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 "*Waterproofing Membranes Liquid Applied*")

3. Pembebanan Pelat Tangga

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
 - Beban keramik sebesar 15 kg/m^2 (brosur)
 - Beban spesi keramik sebesar 5 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 3 mm (brosur)
 - Beban pegangan tangga (*railling*) sebesar 14 kg/m sesuai dengan SNI 1727-2013
4. Pembebanan Dinding
- Beban dinding bata ringan citicon sebesar 90 kg/m^2 (brosur)

5.1.2 Beban Hidup

Beban hidup yang ada pada permodelan mengacu pada *Tabel 4-1 SNI 1727-2013*

1. Beban hidup pelat lantai

- Beban hidup lantai 1

- Lantai koridor lantai pertama = 479 kg/m^2
- Lantai lobi = 479 kg/m^2
- Lantai kantor = 240 kg/m^2

- Beban hidup lantai 2-3

- Lantai koridor diatas lantai pertama = 383 kg/m^2
- Lantai lobi = 479 kg/m^2
- Lantai kantor = 240 kg/m^2

- Beban hidup lantai 4

- Lantai koridor diatas lantai pertama = 383 kg/m^2
- Lantai lobi = 479 kg/m^2
- Lantai kantor = 240 kg/m^2
- Lantai laboratorium = 287 kg/m^2
- Lantai gudang (Ringan) = 600 kg/m^2

- Beban hidup lantai 5-8

- Lantai koridor diatas lantai pertama = 383 kg/m^2
- Lantai lobi = 479 kg/m^2
- Lantai ruang kelas = 192 kg/m^2
- Lantai pantry = 479 kg/m^2

- Beban hidup tangga

- Tangga = 133 kg/m^2

- Beban hidup lantai Atap
 - Lantai atap datar $= 96 \text{ kg/m}^2$
 - Beban hujan pada lantai atap

Diasumsikan :

Tinggi statis (dh) = 20 mm

Tinggi hidrolis (dh) = 1,2 ds = 1.2 x 20 mm = 24 mm

R = 0,0098 (ds + dh)

R = 0,0098 (20 + 24)

R = 0,4312 kN/m² = 43,12 kg/m²

5.1.3 Beban Balok Penggantung Lift

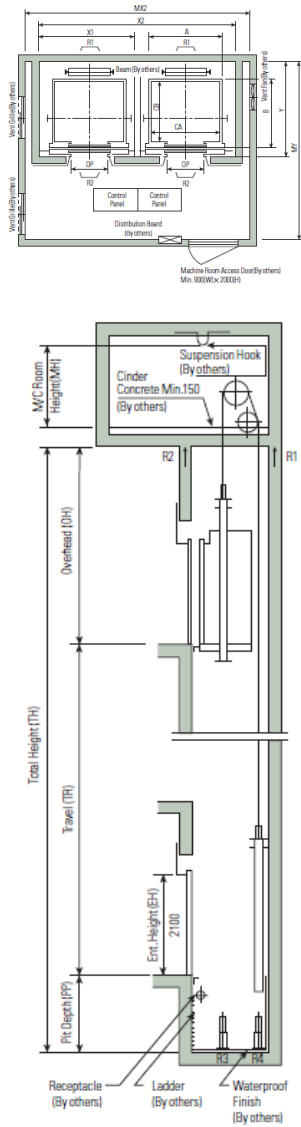
Pada gedung perkuliahan di Surabaya ini direncanakan menggunakan lift dengan merk Hyundai Luxen (Gearless Elevators) dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Tabel 5.1 Spesifikasi Lift Merk Hyundai

Speed (m/sec)	Capacity		M/C Room Reaction (kg)		Clear Opening (OP)
	Person	kg	R1	R2	
1,5	17	1150	6600	5100	1000

Tabel 5.2 Spesifikasi Lift Merk Hyundai (Lanjutan)

Inside Dimension						
Car		Hoistway		Machine Room		
A	B	X2	Y	MY	MX2	MH
1900	1670	4800	2180	3900	4900	2400



Gambar 5.1 Elevator Hyundai

Perhitungan pembebanan balok penggantung lift:

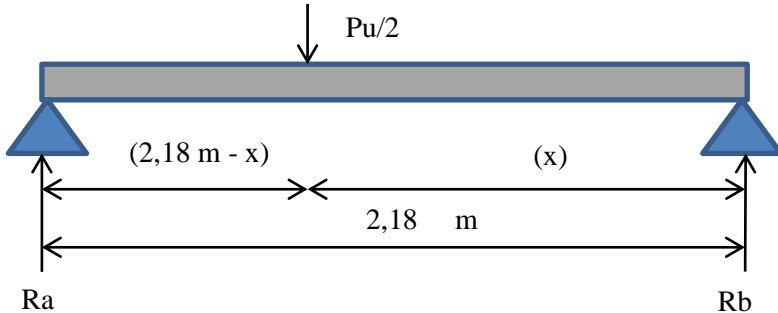
Panjang balok penggantung 2,18 m

$$R_a = R_1 \cdot KLL = R_1 \times (100\% + 50\%) = 6600 \text{ kg} \times 150\%$$

$$R_a = 9900 \text{ kg}$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL = R_2 \times (100\% + 50\%) = 5100 \text{ kg} \times 150\%$$

$$R_b = 7650 \text{ kg}$$



Gambar 5.2 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 2,18 \text{ m} \cdot 9900 \text{ kg} - P_u \cdot x$$

$$P_u = \frac{21582 \text{ kg.m}}{x}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = 2,18 \text{ m} \cdot 7650 \text{ kg} - P_u \cdot (2,18 \text{ m} - x)$$

$$0 = 18360 \text{ kg.m} - \frac{21582 \text{ kg.m}}{x} \cdot (2,18 \text{ m} - x)$$

$$0 = 18360 \text{ kg.m} - \frac{47048,76 \text{ kg.m}^2}{x} + \frac{(21582 \text{ kg.m})x}{x}$$

$$0 = 39942 \text{ kg.m} - \frac{47048,76 \text{ kg.m}^2}{x}$$

$$47048,76 \text{ kg.m}^2 = (39942 \text{ kg.m})x$$

$$x = 1,178 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{21582 \text{ kg.m}}{x} = \frac{21582 \text{ kg.m}}{1,178 \text{ m}} = 18329,372 \text{ kg}$$

$$P_u / 2 = 9164,686 \text{ kg}$$

5.2 Beban Angin

5.2.1 Data Perencanaan:

Fungsi bangunan	: Gedung Perkuliahan
Panjang gedung	: 35,5 m
Lebar gedung	: 12,45 m
Tinggi Bangunan	: 48,8 m
Tinggi lantai	: 4,8 m dan 6,8 m
Langkah Perhitungan Beban Angin	

Langkah-langkah untuk menuntukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 tabel 27.2-1):

1. Kategori resiko bangunan

Berdasarkan tabel 2.2, maka gedung perkuliahan di Surabaya termasuk **Kategori Resiko IV**.

2. Kecepatan angin dasar

Kecepatan angin dasar yang dipakai didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Dari data tersebut diambil nilai kecepatan angin dasar:

$$V = 25 \text{ knots} = \mathbf{12,861 \text{ m/s}}$$

3. Parameter beban angin

a. Faktor arah angin, $K_d = 0,85$

Sesuai dengan Tabel 26.6-1 SNI 1727 – 2013

Tabel 5.3 Tabel Faktor Arah Angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d
Bangunan gedung	0,85
Sistem penahan beban angin utama	0,85
Komponen dan klading bangunan gedung	
Atap lengkung	
Cerobong asap, tangki, dan struktur yang sama	0,90
Segi empat	0,95

Segi enam Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebsa dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85 0,95

- b. Kategori eksposur = B
Pasal 26.7.3 SNI 1727 – 2013
- c. Faktor topografi, Kzt = 1,0
Pasal 26.8.2 SNI 1727 – 2013
- d. Faktor efek tiupan angin, G = 0,85
Pasal 26.9.1 SNI 1727 – 2013
- e. Klasifikasi tekanan internal, GCpi = ± 0,18
 Sesuai dengan *Tabel 26.11-1 SNI 1727 – 2013*

Tabel 5.4 Tabel Klasifikasi Ketertutupan

Klasifikasi Ketertutupan	GCpi
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+0,55 -0,55
Bangunan gedung tertutup	+0,18 -0,18

4. Tekanan eksposur tekanan velositas Kz atau Kh
 Sesuai dengan *SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1*

Tabel 5.5 SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03

20	(6,1)	0,62	0,9	1,06
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Tinggi bangunan (z) = 48,8 m

Dilakukan interpolasi :

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}$$

$$\frac{48,8-42,7}{48,8-42,7} = \frac{y-1,09}{1,13-1,09}$$

$$y = 1,13$$

Sesuai dengan *SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1*

Eksposur B , $\alpha = 7$
 $Z_g = 365,76$ m

Karena $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$ maka,

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{45,15}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 1,106$$

Maka, $K_z = K_h = 1,106$ (karena atap datar)

5. Tekanan velositas, q_z dan q_H

Sesuai dengan SNI 1727-2013 Pasal 27.3.2

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

$$q_z = 0,613 \cdot 1,106 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 12,861^2$$

$$q_z = 95,32 \text{ N/m}^2$$

b. $q_H = 0,613 \cdot k_h \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$

$$q_H = 0,613 \cdot 1,106 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 12,861^2$$

$$q_H = 95,32 \text{ N/m}^2$$

6. Koefisien tekanan eksternal, C_p

Sesuai dengan SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata

Tabel 5.6 Koefisien Tekanan Dinding

Kekuatan tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0,5	q_h
	2	-0,3	
	≥ 4	-0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	q_h

a. Dinding di sisi angin datang (q_z)

$$C_p = 0,8$$

b. Dinding di sisi angin pergi (q_h)

$$\frac{L}{B} = \frac{12,45}{35,5} = 0,35$$

$$C_p = -0,5$$

c. Dinding tepi (q_h)

$$d. C_p = -0,7$$

7. Pengaruh beban angin pada dinding

Untuk bangunan gedung kaku sesuai dengan *SNI 1727-2013 persamaan 27.4-1*

a. Dinding di sisi angin datang

$$P = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i(GC_{pi})$$

$$P = 95,32 \times 0,85 \times 0,8 - 95,32 (+0,18)$$

$$P = 47,66 \text{ N/m}^2 = 4,766 \text{ kg/m}^2$$

b. Dinding di sisi angin pergi

$$P = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i(GC_{pi})$$

$$P = 95,32 \times 0,85 \times (-0,5) - 95,32 (+0,18)$$

$$P = -57,67 \text{ N/m}^2 = -5,767 \text{ kg/m}^2$$

c. Dinding tepi

$$P = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i(GC_{pi})$$

$$P = 95,32 \times 0,85 \times (-0,7) - 95,32 (+0,18)$$

$$P = -73,87 \text{ N/m}^2 = -7,387 \text{ kg/m}^2$$

Sesuai *SNI 1727-2013 Pasal 27.1.5* beban angin untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari $0,77 \text{ kN/m}^2$ dikalikan luas dinding bangunan gedung, karena nilai beban pada perhitungan kurang dari $0,77 \text{ kN/m}^2$ maka dipakai $0,77 \text{ kN/m}^2$.

5.3 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik menggunakan respon spektrum. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai *SNI 03-1726-2012*. Lokasi gempa yang ditinjau pada daerah Mulyorejo Utara, Surabaya.

5.3.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko

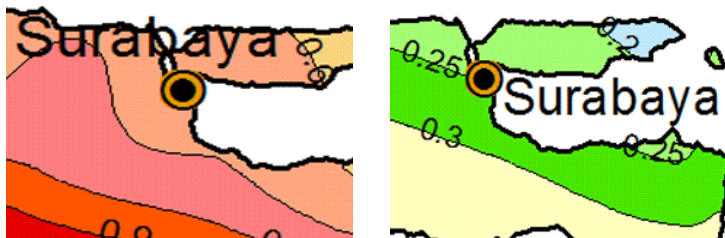
Kategori resiko bangunan gedung untuk gempa dapat dilihat pada *SNI 1726 – 2012 Tabel 1*. Struktur gedung gedung

perkuliahan di Surabaya direncanakan sebagai gedung sekolah dengan fasilitas-fasilitas pendukungnya yang penting. Struktur gedung perkuliahan di Surabaya termasuk dalam **kategori resiko IV**. Menurut *SNI 1726-2012 Tabel 2*, bangunan yang masuk dalam kategori resiko IV memiliki **faktor keutamaan (I_e) = 1,5**

5.3.2 Parameter Percepatan Gempa

Berdasarkan *SNI 1726-2012 pada pasal 14*, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar periodik pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar perioda 1 detik). S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat Peta Zonasi Gempa Indonesia (<http://puskim.pu.go.id>).

Pada Tugas Akhir Terapan ini gedung perkuliahan di Surabaya menggunakan data tanah terdekat yaitu lokasi Mulyorejo Utara, Surabaya. Didapat nilai S_s ialah 0,665 dan S_1 ialah 0,247.



Gambar 5.3 S_s dan S_1 Surabaya berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia

5.3.3 Klasifikasi Situs Tanah

Klasifikasi situs tanah untuk memberikan kriteria desain seismik yang berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah maka situs tersebut harus diklasifikasikan lebih dahulu sehingga profil tanah dapat diketahui berdasarkan data tanah yang didapatkan pada pembangunan. Kalsifikasi situs tanah pada *SNI 1726-2012* dapat dilihat pada tabel berikut ini, tabel

tersebut menjelaskan beberapa macam kelas situs yang harus ditinjau. Untuk perhitungan beban gempa akan digunakan data tanah SPT yang kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (N-SPT) sesuai tata cara *SNI 1726-2012*.

Tabel 5.7 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT (BH-1)

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	di/Ni
1	3	Pasir Berlanau Abu-abu	1	3,000
2	12	Lempung berlanau Abu-abu	4,8	2,500
3	6	Lempung Berlanau Berpasir Coklat Kekuningan	45,50	0,132
4	3	Pasir Berlanau Berlempung Coklat Kekuningan	60,0	0,050
5	2	Lempung Berlanau Berpasir Coklat Kekuningan	37,00	0,054
6	6	Pair Berlanau Berlempung Coklat	47,67	0,126
7	7	Lempung Berlanau Coklat Kekuningan	46,50	0,151
8	10	Pasir Berlanau Berkerikil Coklat	60,0	0,167

JUMLAH	49		302,5	6,179
--------	----	--	-------	-------

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum n_i}$$

$$\bar{N} = \frac{49 \text{ m}}{6,18} = 7,9 \text{ m}$$

Tabel 5.8 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT (BH-2)

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	di/Ni
1	10	Lempung Berlanau Berpasir Abu-abu	2,5	4,000
2	3	Lempung Berlanau Abu-abu	5	0,600
3	2	Lempung Berlanau Coklat	24,00	0,083
4	1	Batu	60,0	0,017
5	2	Lempung Berlanau Berkerikil Coklat	60,0	0,033
6	4	Lempung Berlanau Berpasir Coklat Kekuningan	60,0	0,067
7	4	Lempung Berlanau Coklat Kekuningan	44,0	0,091
8	2	Lempung Berlanau Berpasir Coklat	39,0	0,051

		Kekuningan		
9	2	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil Coklat Kekuningan	34,0	0,059
10	4	Lempung Berlanau Coklat Kekuningan	28,5	0,140
11	5	Pasir Berlanau Berlempung Coklat Kekuningan	53,5	0,093
12	7	Pasir Berkerikil Coklat Kekuningan	54,3	0,129
13	2	Pasir Berlanau Berlempung Coklat Kekuningan	60,0	0,033
JUMLAH	48		524,8	5,397

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum n_i}$$

$$\bar{N} = \frac{48 \text{ m}}{5,4} = 8,9 \text{ m}$$

Sehingga, dapat disimpulkan menurut *SNI 1726-2012 Tabel 3.6*, tanah tersebut ($N < 15$) masuk ke dalam situs tanah **SE (tanah lunak)**.

5.3.4 Faktor Koefisien Situs dan Parameter Respons Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko tertarget (MCE_R)

Nilai F_a dan F_v didapatkan berdasarkan tabel 3.7 dan tabel 5.9 dibawah ini yang didapatkan dari peraturan *SNI 1726-2012 pasal 6.2*. Sehingga didapatkan $F_a = 1,37$ dan $F_v = 3,0$

Tabel 5.9 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 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	1,3	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	SS	SS	SS	SS

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai S_a dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dari analisis respons situs-spesifik. Lihat 6.10.1

Tabel 5.10 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 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	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS	SS	SS	SS	SS

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai S_a dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dari analisis respons situs-spesifik. Lihat 6.10.1

S_{MS} dan S_{M1} harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = Fa \times Ss = 1,37 \times 0,665 = 0,91$$

$$S_{M1} = Fv \times S_1 = 3,0 \times 0,247 = 0,74$$

5.3.5 Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,61$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,74 = 0,50$$

5.3.6 Menentukan kategori desain seismik

Kategori desain seismik (KDS) dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 3.9 dan 3.10 dibawah ini berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} sehingga bangunan termasuk dalam KDS D

Tabel 5.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 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

Tabel 5.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko
----------------	-----------------

	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

5.3.7 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 (Ω_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 (Ω_0) : 2,5
- Faktor pembesaran defleksi (C_d) : 5,5

5.3.8 Analisa Respons Spektrum

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

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,5}{0,61} = 0,16 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,61} = 0,82 \text{ detik}$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

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

Untuk $T = 0$, maka:

$$S_a = 0,61 \cdot \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{0}{0,16}\right) = 0,2429$$

- Jika $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, nilai $S_a = S_{D1}$

Untuk $T = T_0 = 0,16$; maka $S_a = 0,61$

Untuk $T = T_s = 0,82$; maka $S_a = 0,61$

- Jika $T > T_s$, Spectrum respons percepatan desain $Sa = \frac{S_{D1}}{T}$
 Untuk $T = T_s + 0,1 = 0,82 + 0,1 = 0,92$; maka $Sa = \frac{0,61}{0,92} = 0,5411$

Tabel 5.13 Hasil Spektrum Respon Desain

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0,24
T0	0,16	0,61
Ts	0,82	0,61
Ts+0.1	0,92	0,541
Ts+0.2	1,02	0,488
Ts+0.3	1,12	0,444
Ts+0.4	1,22	0,408
Ts+0.5	1,32	0,377
Ts+0.6	1,42	0,350
Ts+0.7	1,52	0,327
Ts+0.8	1,62	0,307
Ts+0.9	1,72	0,289
Ts+1.0	1,82	0,273
Ts+1.1	1,92	0,259
Ts+1.2	2,02	0,246
Ts+1.3	2,12	0,234
Ts+1.4	2,22	0,224
Ts+1.5	2,32	0,214
Ts+1.6	2,42	0,205
Ts+1.7	2,52	0,197

Ts+1.8	2,62	0,190
Ts+1.9	2,72	0,183
Ts+2.0	2,82	0,176
Ts+2.1	2,92	0,170
Ts+2.2	3,02	0,164
Ts+2.3	3,12	0,159
Ts+2.4	3,22	0,154
Ts+2.5	3,32	0,150
Ts+2.6	3,42	0,145
Ts+2.7	3,52	0,141
Ts+2.8	3,62	0,137
Ts+2.9	3,72	0,133
4	4	0,124

Gambar 5.4 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Mulyorejo Utara, Surabaya

5.4 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 03-1727-2013:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
4. $1,2D + 1,6L + 0,5R$
5. $1,2D + 1,6Lr + 1,0L$
6. $1,2D + 1,6Lr + 0,5W$
7. $1,2D + 1,6R + 1,0L$
8. $1,2D + 1,6R + 0,5W$
9. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr$
10. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R$
11. $0,9D + 1,0W$
12. $1,2D + 1,0EX + 1,0L$
13. $1,2D + 1,0EY + 1,0L$
14. $0,9D + 1,0EX$
15. $0,9D + 1,0EY$
16. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,0L$
 $= (1,2+0,2 \cdot 0,61)D + (1,0 \cdot 1,3)EX + 1,0L$
 $= 1,322D + 1,3EX + 1,0L$
17. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,0L$
 $= (1,2+0,2 \cdot 0,61)D + (1,0 \cdot 1,3)EY + 1,0L$
 $= 1,322D + 1,3EY + 1,0L$
18. $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX$
 $= (0,9-0,2 \cdot 0,61)D + (1,0 \cdot 1,3)EX$
 $= 0,778D + 1,3EX$
19. $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY$
 $= (0,9-0,2 \cdot 0,61)D + (1,0 \cdot 1,3)EY$
 $= 0,778D + 1,3EY$

Dimana:

$$S_{DS} = 0,61$$

$\rho = 1,3$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.4.2 bahwa faktor reduksi (ρ) untuk kategori seismik E harus sama dengan 1.3)

Keterangan:

D = Beban Mati

L_r = Beban Hidup Atap

L = Beban Hidup

R = Beban Hujan

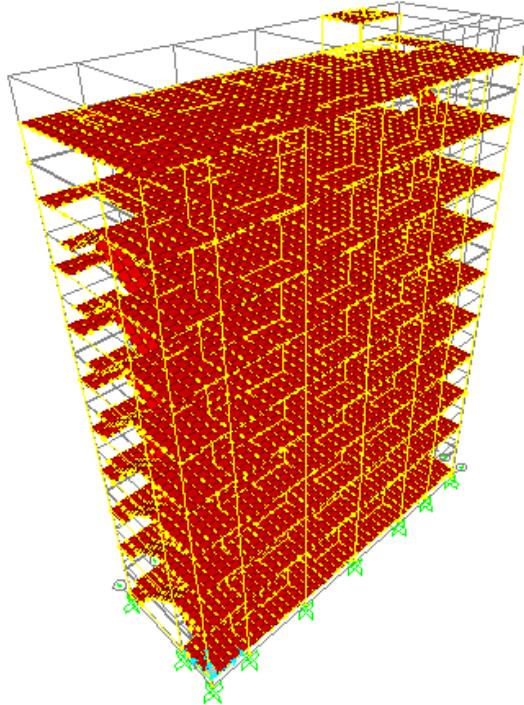
W = Beban Angin

E = Beban Gempa

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI ANALISA PERMODELAN

6.1 Permodelan Struktur Modifikasi dengan SRPMK



Gambar 6.1 Permodelan Struktur Modifikasi SRPMK

6.1.1 Faktor Skala untuk SRPMK

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1,5}{8} \times 9,81 = 1,839$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau (x), sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan

gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau (y) adalah $0,3 \times 1,839 = 0,552$

6.1.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Dari hasil analisa struktur menggunakan program SAP2000 diperoleh :

Tabel 6.1 Modal Load Participation Ratio OF

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,9967	91,9687
MODAL	Acceleration	UY	99,9969	92,0255
MODAL	Acceleration	UZ	88,5963	65,9358

Sesuai dengan *SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.1* yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% sehingga analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat.

Tabel 6.2 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2,410364	0,41488	2,6067	6,7951
MODAL	Mode	2	2,39463	0,4176	2,6239	6,8847
MODAL	Mode	3	2,092013	0,47801	3,0034	9,0205
MODAL	Mode	4	0,767002	1,3038	8,1919	67,107
MODAL	Mode	5	0,755956	1,3228	8,3116	69,082
MODAL	Mode	6	0,667274	1,4986	9,4162	88,665
MODAL	Mode	7	0,417267	2,3965	15,058	226,74
MODAL	Mode	8	0,40463	2,4714	15,528	241,13
MODAL	Mode	9	0,364657	2,7423	17,23	296,89
MODAL	Mode	10	0,27167	3,6809	23,128	534,9
MODAL	Mode	11	0,263801	3,7907	23,818	567,29
MODAL	Mode	12	0,238659	4,1901	26,327	693,11
MODAL	Mode	13	0,214815	4,6552	29,249	855,52
MODAL	Mode	14	0,204495	4,8901	30,725	944,05
MODAL	Mode	15	0,203365	4,9173	30,896	954,57
MODAL	Mode	16	0,202372	4,9414	31,048	963,96
MODAL	Mode	17	0,200383	4,9904	31,356	983,19
MODAL	Mode	18	0,191507	5,2217	32,809	1076,4
MODAL	Mode	19	0,188173	5,3143	33,391	1114,9
MODAL	Mode	20	0,186536	5,3609	33,684	1134,6
MODAL	Mode	21	0,179081	5,5841	35,086	1231
MODAL	Mode	22	0,174286	5,7377	36,051	1299,7
MODAL	Mode	23	0,173243	5,7722	36,268	1315,4
MODAL	Mode	24	0,168338	5,9404	37,325	1393,1
MODAL	Mode	25	0,166806	5,995	37,668	1418,8
MODAL	Mode	26	0,164547	6,0773	38,185	1458,1
MODAL	Mode	27	0,159936	6,2525	39,286	1543,4
MODAL	Mode	28	0,157282	6,358	39,949	1595,9
MODAL	Mode	29	0,155478	6,4318	40,412	1633,1
MODAL	Mode	30	0,154824	6,4589	40,583	1647

- Menghitung Periode Fundamental Perkiraan
Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan x terlebih dahulu, yaitu:

Tabel 6.3 Nilai C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$T_a = C_t x h^x = 0,0466 x 48,8^{0,9} = 1,542 \text{ detik}$$

- Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Nilai periode struktur bangunan yang ada tidak boleh melebihi nilai batas atas periode struktur yang dihitung berikut:

Tabel 6.4 Nilai C_u

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

$$C_u x T_a = 1,4 x 1,542 = 2,158 \text{ detik}$$

Dari hasil analisa SAP 2000 v.14 diperoleh nilai $T_1 = 2,410$ detik, syarat:

$$T_a < T_1 < (C_u x T_a)$$

$$1,542 < 2,410 > 2,158 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

6.1.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang diinput menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari analisa modal diatas, diperoleh periode fundamental alami struktur sebesar 2,410 detik untuk arah sehingga penentuan koefisien C_s adalah sebagai berikut:

- Untuk SRPMK

$$C_s = \frac{S_{DS}}{I_e} = \frac{0,61}{1,5} = 0,114$$

- Tetapi tidak boleh melebihi (C_s Max) :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{2,410\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,03986$$

- Harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,61 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,04 \geq 0,01 \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan nilai C_s dapat direkapitulasi pada tabel dibawah ini:

Tabel 6.5 Rekapitulasi Nilai C_s

	C_s min	C_s	C_s max	C_s pakai
Arah X	0,0400862	0,114	0,038581517	0,038582

Berikut perhitungan gaya geser dasar dinamis struktur yang terjadi:

Uncracked:

Tabel 6.6 Berat Struktur Didapatkan dari *Base Reaction Fz*

TABLE: Base Reactions				
OutputCas	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combination	1,12E-07	0,000001263	6896420

$$V = C_s \times W = 0,03986 \times 6.896.420 = 266.074,339 \text{ kg}$$

$$0,85 V = 0,85 \times 266.074,339 \text{ kg} = 226.163,188 \text{ kg}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 diperoleh sebesar :

Tabel 6.7 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
EX	LinRespSpec	357030,9	108380,66	5743,16
EY	LinRespSpec	107132,4	361192,63	9403

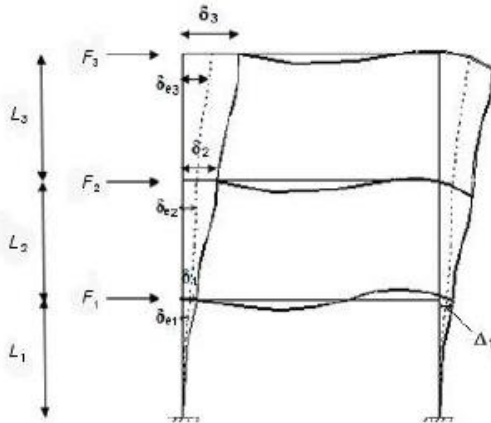
$$V_X = 357.030,9 \text{ kg} > 226.163,188 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

$$V_Y = 361.192,63 \text{ kg} > 226.163,188 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Ketentuan $V_{baseshear} > 0,85 V$ sudah memenuhi sehingga tidak diperlukan faktor pembesaran skala gaya gempa.

6.1.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Dari nilai perpindahan elastis (δ_{ei}) yang diperoleh dari SAP, maka dapat dilakukan perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada arah X dan Y. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut berdasarkan SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai

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

Dimana:

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan = 1,5

ρ = 1,3 (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1.1)

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

Tabel 6.8 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i

Struktur	Kategori Resiko		
	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	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

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

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah X

Tabel 6.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar tingkat (m)	δ_{ei}	$\delta_{ei}-\delta_{ei}(i-1)$ (mm)	Δ_i	Δ_a 0,01 h _{sx} (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Ket
			dari SAP (mm)		$(\delta_{ei}-\delta_{ei}(i-1))Cd/Ie$ (mm)			$\Delta_i < \Delta a/\rho$
Atap	45,15	4,8	74,639	3,222	11,813	48,000	36,923	OKE
8	40,35	4,8	71,417	4,623	16,952	48,000	36,923	OKE
7	35,55	4,8	66,794	6,020	22,073	48,000	36,923	OKE
6	30,75	4,8	60,774	7,248	26,576	48,000	36,923	OKE
5	25,95	4,8	53,526	8,346	30,601	48,000	36,923	OKE
4	21,15	4,8	45,180	9,373	34,369	48,000	36,923	OKE
3	16,35	4,8	35,807	10,366	38,009	48,000	36,923	TIDAK OKE
2	11,55	4,8	25,441	11,216	41,125	48,000	36,923	TIDAK OKE
1	6,75	6,75	14,225	14,225	52,158	67,500	51,923	TIDAK OKE

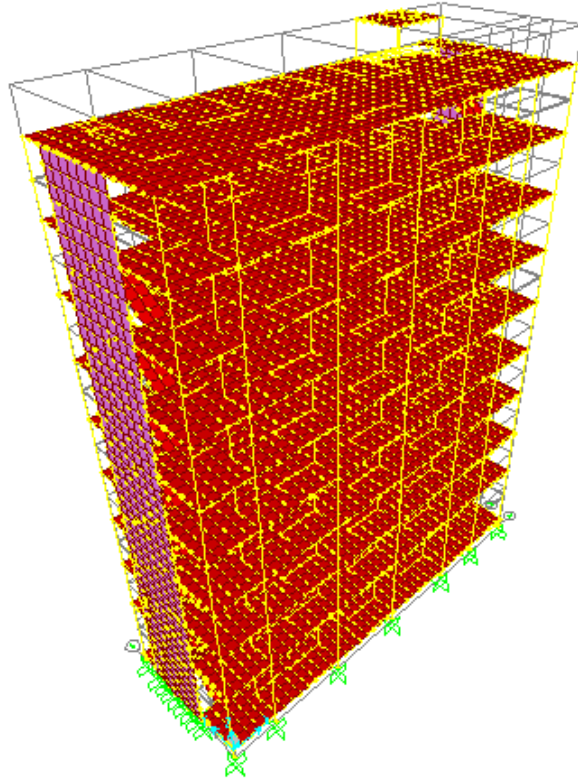
- Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y

Tabel 6.10 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar tingkat (m)	δ_{ei}	$\delta_{ei}-\delta_{ei}(i-1)$ (mm)	Δ_i	Δ_a 0,01 h _{sx} (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Ket
			dari SAP (mm)		$(\delta_{ei}-\delta_{ei}(i-1))Cd/Ie$ (mm)			$\Delta_i < \Delta a/\rho$
Atap	45,15	4,8	76,076	3,905	14,320	48,000	36,923	OKE
8	40,35	4,8	72,171	5,217	19,128	48,000	36,923	OKE
7	35,55	4,8	66,954	6,505	23,852	48,000	36,923	OKE
6	30,75	4,8	60,449	7,608	27,896	48,000	36,923	OKE
5	25,95	4,8	52,841	8,549	31,345	48,000	36,923	OKE
4	21,15	4,8	44,293	9,363	34,333	48,000	36,923	OKE
3	16,35	4,8	34,929	10,106	37,055	48,000	36,923	TIDAK OKE
2	11,55	4,8	24,823	10,685	39,178	48,000	36,923	TIDAK OKE
1	6,75	6,75	14,138	3,136	11,499	67,500	51,923	OKE

Karena kontrol perioda fundamental struktur yang dimodelkan belum masuk pada kisaran perioda struktur yang dihitung dan simpangan terjadi pada arah X dan Y belum memenuhi, maka solusi yang dilakukan adalah dengan meninjau ulang struktur gedung ini menggunakan *Dual System*.

6.2 Permodelan Struktur Modifikasi dengan *Dual System*



Gambar 6.3 Permodelan Struktur Modifikasi *Dual System*

6.2.1 Kontrol Dual System

Menurut *SNI 03-1726-2012 pasal 7.5.2.1* bahwa SRPM harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Maka harus diperiksa 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 6.11 Besar Gaya Gempa yang Ditumpu SRPM dan *Shearwall* pada Kombinasi Beban Gempa

No	Kombinasi pembebanan	Gaya (kg)			
		Fx		Fy	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
1	RSX	328877,8	58567,52	94678,37	168754,35
2	RSY	105515	21467,54	242090,8	469778,11

Tabel 6.12 Persentase Struktur dalam Menahan Gaya Gempa

No	Kombinasi pembebanan	Persentase dalam Menahan Gempa (%)			
		Fx		Fy	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
1	RSX	85%	15%	36%	64%
2	RSY	83%	17%	34%	66%

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM hampir semua kombinasi pembebanan gempa nilainya lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur *Dual System* menurut *SNI 03-1726-2012*

6.2.2 Faktor Skala untuk *Dual System*

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

- Untuk SRPM (Arah X)

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{l_e}{R} \times g = \frac{1,5}{8} \times 9,81 = 1,839$$

- Untuk *Shearwall* (Arah Y)

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{l_e}{R} \times g = \frac{1,5}{7} \times 9,81 = 2,102$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau, sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah $0,3 \times 2,102 = 0,631$

- Untuk SRPM (Arah X)
 Faktor pembebanan = $30\% \cdot \text{Arah Y}$
 = $30\% \cdot 2,1 = 0,63$
- Untuk SRPM (Arah Y)
 Faktor pembebanan = $30\% \cdot \text{Arah X}$
 = $30\% \cdot 1,838 = 0,551$

6.2.3 Kontrol Perioda Fundamental Struktur

Dari hasil analisa struktur menggunakan program SAP2000 diperoleh :

Tabel 6.13 Modal Load Participation Ratio OF

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,9962	92,1315
MODAL	Acceleration	UY	99,9808	90,2251
MODAL	Acceleration	UZ	82,6487	54,5899

Sesuai dengan *SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.1* yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% sehingga analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat.

Tabel 6.14 Perioda Fundamental Struktur pada Modal dari SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2,052714	0,48716	3,0609	9,3692
MODAL	Mode	2	1,256567	0,79582	5,0003	25,003
MODAL	Mode	3	0,888726	1,1252	7,0699	49,983
MODAL	Mode	4	0,649075	1,5407	9,6802	93,706
MODAL	Mode	5	0,353172	2,8315	17,791	316,51
MODAL	Mode	6	0,336532	2,9715	18,67	348,58
MODAL	Mode	7	0,228921	4,3683	27,447	753,33
MODAL	Mode	8	0,225795	4,4288	27,827	774,34
MODAL	Mode	9	0,192953	5,1826	32,563	1060,4
MODAL	Mode	10	0,181205	5,5186	34,674	1202,3
MODAL	Mode	11	0,172814	5,7866	36,358	1321,9
MODAL	Mode	12	0,171857	5,8188	36,561	1336,7
MODAL	Mode	13	0,170933	5,8503	36,758	1351,2
MODAL	Mode	14	0,167825	5,9586	37,439	1401,7
MODAL	Mode	15	0,159423	6,2726	39,412	1553,3
MODAL	Mode	16	0,15244	6,5599	41,217	1698,9
MODAL	Mode	17	0,151041	6,6207	41,599	1730,5
MODAL	Mode	18	0,141948	7,0449	44,264	1959,3
MODAL	Mode	19	0,140486	7,1181	44,725	2000,3
MODAL	Mode	20	0,136859	7,3068	45,91	2107,7
MODAL	Mode	21	0,133081	7,5142	47,213	2229,1
MODAL	Mode	22	0,131532	7,6027	47,769	2281,9
MODAL	Mode	23	0,131216	7,621	47,884	2292,9
MODAL	Mode	24	0,1305	7,6628	48,147	2318,1
MODAL	Mode	25	0,130355	7,6713	48,2	2323,3
MODAL	Mode	26	0,129349	7,731	48,576	2359,6
MODAL	Mode	27	0,129023	7,7506	48,698	2371,5
MODAL	Mode	28	0,128831	7,7621	48,771	2378,6
MODAL	Mode	29	0,128385	7,7891	48,94	2395,1
MODAL	Mode	30	0,128287	7,7951	48,978	2398,8

- Menghitung Periode Fundamental Perkiraan
 Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan x terlebih dahulu, yaitu:

Tabel 6.15 Nilai C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$T_{a_{shearwall}} = C_t x h^x = 0,0488 x 48,8^{0,75}$$

$$T_{a_{shearwall}} = 0,901 \text{ detik}$$

$$T_{a_{SRPM}} = C_t x h^x = 0,0488 x 48,8^{0,9}$$

$$T_{a_{SRPM}} = 1,542 \text{ detik}$$

- Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Nilai periode struktur bangunan yang ada tidak boleh melebihi nilai batas atas periode struktur yang dihitung berikut:

Tabel 6.16 Nilai C_u

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

Nilai C_u ialah 1,4 karena $SD1$ ialah 0,5

$$C_u x T_{a_{shearwall}} = 1,4 x 0,901 = 1,261 \text{ detik}$$

$$C_u x T_{a_{SRPM}} = 1,4 x 1,542 = 2,158 \text{ detik}$$

Dari hasil analisa SAP 2000 v.14 diperoleh nilai:

$$T_{SAP \text{ SRPM}} (\text{Mode 1}) = 2,053 \text{ detik, syarat:}$$

$$T_a < T_1 < (C_u x T_a)$$

$$1,542 < 2,053 < 2,158 \quad (\text{memenuhi})$$

$$T_{SAP \text{ Shearwall}} (\text{Mode 2}) = 1,256 \text{ detik, syarat:}$$

$$T_a < T_1 < (C_u \times T_a)$$

$$0,901 < 1,256 < 1,261 \quad (\text{memenuhi})$$

Tinjauan struktur Uncracked untuk periode struktur pada permodelan telah memenuhi kisaran perioda struktur yang dihitung. Menurut *SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1*, periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan:

T_c = periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Maka dari hasil analisa struktur periode fundamental struktur yang digunakan ialah T sap.

6.2.4 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang diinput menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh *SNI 1726-2012*.

Dari analisa modal diatas, diperoleh perioda fundamental alami struktur sebesar 1,627 detik untuk arah X dan 1,256 detik untuk arah Y, sehingga penentuan koefisien C_s adalah sebagai berikut:

- Untuk SRPM (Arah X)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,61}{\frac{8}{1,5}} = 0,114$$

Untuk Dual system (Arah Y)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,61}{\frac{7}{1,5}} = 0,130$$

- Tetapi tidak boleh melebihi (C_s Max) :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,5}{2,053 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,045$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,5}{1,256 \left(\frac{7}{1,5} \right)} = 0,0846$$

- Harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,61 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,04 \geq 0,01 \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan nilai C_s dapat direkapitulasi pada tabel dibawah ini:

Tabel 6.17 Rekapitulasi Nilai C_s

	C_s min	C_s	C_s max	C_s pakai
Arah X	0,040086	0,114	0,045304	0,045304
Arah Y	0,040086	0,130	0,08458	0,08458

Berikut perhitungan gaya geser dasar dinamis struktur yang terjadi:

Uncracked:

Tabel 6.18 Berat Struktur Didapatkan dari *Base Reaction Fz*

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combinator	2,27E-07	-1,835E-07	7335868

$$V_x = C_s \times W = 0,0453 \times 7.335.868 = 332.341,844 \text{ kg}$$

$$0,85 V = 0,85 \times 332.341,844 \text{ kg} = 282.490,568 \text{ kg}$$

$$V_y = C_s \times W = 0,0846 \times 7.335.868 = 620.468,541 \text{ kg}$$

$$0,85 V = 0,85 \times 620.468,541 \text{ kg} = 527.398,260 \text{ kg}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 diperoleh sebesar :

Tabel 6.19 *Base Reaction* dari Program SAP 2000 v.14

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
EX	LinRespSpec	445225,46	210181,04	6451,83
EY	LinRespSpec	137394,45	694318,72	9416,53

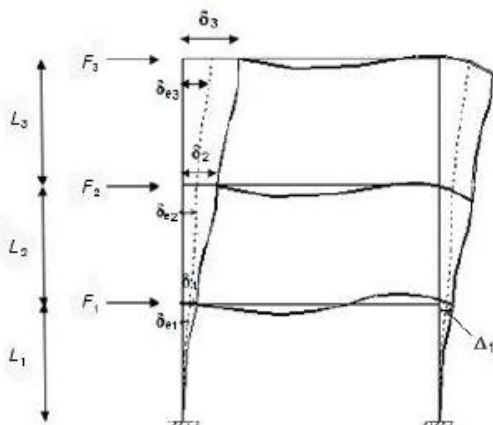
$$V_X = 445.225 \text{ kg} > 282.490,568 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

$$V_Y = 694.318,72 \text{ kg} > 527.398,260 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Ketentuan $V_{baseshear} > 0,85 V$ sudah memenuhi sehingga tidak diperlukan faktor pembesaran skala gaya gempa.

6.2.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Dari nilai perpindahan elastis (δ_{ei}) yang diperoleh dari SAP, maka dapat dilakukan perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada arah X dan Y. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut berdasarkan SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.4 Penentuan Simpangan Antar Lantai

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

Dimana:

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan = 1,5

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

Tabel 6.20 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i

Struktur	Kategori Resiko		
	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	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

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

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah X

Tabel 6.21 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar tingkat (m)	δe_i	$\delta e_i - \delta e_{i-1}$	Δi	Δa 0,01 h _{sx}	$\Delta a / \rho$	Ket $\Delta i < \Delta a / \rho$
			dari SAP (mm)		$(\delta e_i - \delta e_{i-1}) C_d / I_e$ (mm)			
Atap	45,15	4,8	62,885	2,584	9,475	48,000	36,923	OKE
8	40,35	4,8	60,301	3,802	13,942	48,000	36,923	OKE
7	35,55	4,8	56,499	5,070	18,591	48,000	36,923	OKE
6	30,75	4,8	51,429	6,216	22,792	48,000	36,923	OKE
5	25,95	4,8	45,213	7,232	26,517	48,000	36,923	OKE
4	21,15	4,8	37,981	8,136	29,833	48,000	36,923	OKE
3	16,35	4,8	29,845	8,927	32,731	48,000	36,923	OKE
2	11,55	4,8	20,918	9,507	34,857	48,000	36,923	OKE
1	6,75	6,75	11,412	11,412	41,842	67,500	51,923	OKE

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y

Tabel 6.22 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar tingkat (m)	δe_i	$\delta e_i - \delta e_{i-1}$	Δi	Δa 0,01 h _{sx}	$\Delta a / \rho$	Ket $\Delta i < \Delta a / \rho$
			dari SAP (mm)		$(\delta e_i - \delta e_{i-1}) C_d / I_e$ (mm)			
Atap	45,15	4,8	61,953	6,322	23,179	48,000	36,923	OKE
8	40,35	4,8	55,632	7,174	26,304	48,000	36,923	OKE
7	35,55	4,8	48,458	7,534	27,626	48,000	36,923	OKE
6	30,75	4,8	40,924	7,786	28,547	48,000	36,923	OKE
5	25,95	4,8	33,138	7,832	28,718	48,000	36,923	OKE
4	21,15	4,8	25,306	7,574	27,771	48,000	36,923	OKE
3	16,35	4,8	17,732	6,905	25,319	48,000	36,923	OKE
2	11,55	4,8	10,827	5,706	20,921	48,000	36,923	OKE
1	6,75	6,75	5,121	3,136	11,499	67,500	51,923	OKE

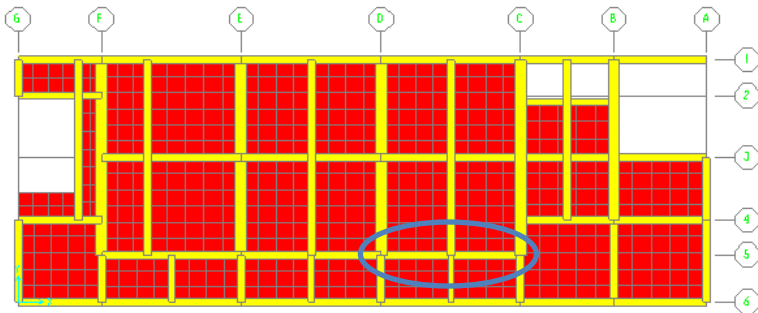
6.3 Pengecekan Gaya yang Terjadi

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.

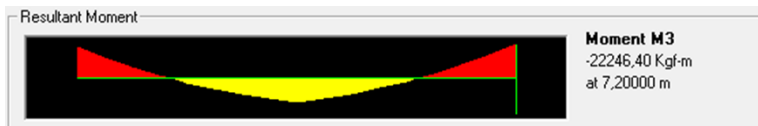
6.3.1 Pengecekan Gaya pada Balok

Pengecekan momen yang terjadi pada balok dilakukan dengan mengecek pada balok lantai 1 sebagai berikut:

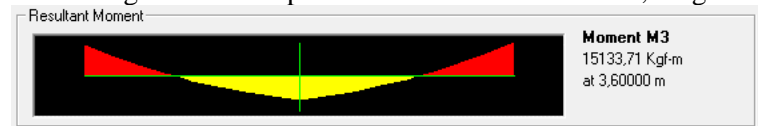


Gambar 6.5 Balok yang Ditinjau

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

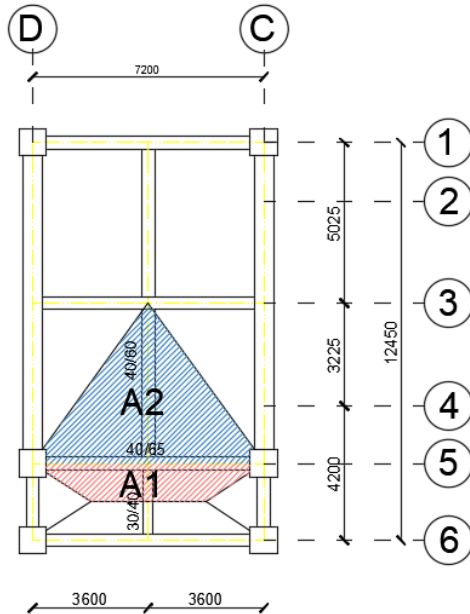


Momen negatif di muka perletakkan interior = -22.246,4 kg.m



Momen positif di tengah bentang = 15.133,71 kg.m

Sedangkan untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



Gambar 6.6 Tributary Area pada Balok yang Ditinjau

$$A1 = \frac{(3,6+7,2) \times 1,2}{2} = 6,48 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{5,025 \times 7,20}{2} = 18,09 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = A1 + A2 = 6,48 \text{ m}^2 + 18,09 \text{ m}^2 = 24,57 \text{ m}^2$$

Bentang balok (l_n) = 7,2 m

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

- Berat sendiri balok = $(0,4 \times 0,65) \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 624 \text{ kg/m}$
- Berat balok anak 40/60 = $0,5 \times 0,4 \times 0,6 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}$
- Berat balok anak 30/40 = $0,5 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 144 \text{ kg/m}$
- Dinding bata ringan = $90 \text{ kg/m}^2 \times 4,8 \text{ m} = 432 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri plat = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$

- Keramik = 15 kg/m²
- Spesi keramik = 5 kg/m²
- Penggantung plafond = 10 kg/m²
- Plafond = 5 kg/m²
- Mechanical Electrical (M/E) = 19 kg/m²

Beban mati tambahan total:

$$= (288 + 15 + 5 + 10 + 5 + 19) \text{ kg/m}^2 = 342 \text{ kg/m}^2$$

Maka beban mati total per satuan panjang adalah :

$$D = \left(\frac{342 \text{ kg/m}^2 \cdot 24,57 \text{ m}^2}{7,2 \text{ m}} \right) + \frac{(624+288+144+432) \text{ kg}}{m}$$

$$D = 2655,075 \text{ kg/m}$$

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

Beban hidup untuk lantai 1 ruang perkantoran = 240 kg/m² dan koridor = 383 kg/m²

$$L = \left(\frac{240 \text{ kg/m}^2 \cdot 18,09 \text{ m}^2}{7,2 \text{ m}} \right) + \left(\frac{383 \text{ kg/m}^2 \cdot 6,48 \text{ m}^2}{7,2 \text{ m}} \right)$$

$$L = 947,7 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi beban akibat gaya gravitasi:

$$q_u = 1,4 D$$

$$q_u = 1,4 (2655,075 \text{ kg/m})$$

$$q_u = 3717,105 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$q_u = 1,2 \times (2655,075 \text{ kg/m}) + 1,6 \times (947,7 \text{ kg/m})$$

$$q_u = 4702,41 \text{ kg/m}$$

diambil yang terbesar yakni $q_u = 4702,41 \text{ kg/m}$

Untuk menghitung momen yang terjadi pada balok, digunakan metode analisis berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3*, dimana:

- Momen negatif di muka perletakkan interior:

$$M^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{11}$$

$$M^- = \frac{4702,41 \cdot 7,2^2}{11} = 22.161,18 \text{ kg.m}$$

$$M^-_{\text{sap}} = 22.678,1 \text{ kg.m}$$

$$\text{selisih} = \frac{22.246,4 - 22.161,18}{22.246,4} \times 100\% = 0,383\% < 10\% \text{ (OK)}$$

- Momen positif di tengah bentang:

$$M^- = \frac{qu \cdot l_n^2}{16}$$

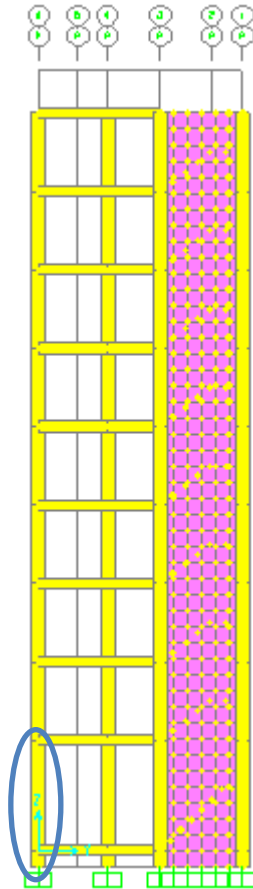
$$M^- = \frac{4702,41 \cdot 7,2^2}{16} = 15.235,81 \text{ kg.m}$$

$$M^-_{\text{sap}} = 15.133,71 \text{ kg.m}$$

$$\text{selisih} = \frac{15.235,81 - 15.133,71}{15.235,81} \times 100\% = 0,67\% < 10\%$$

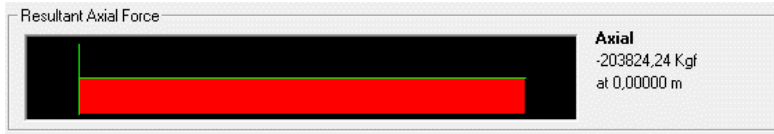
Karena nilai momen yang dihitung menggunakan SAP 2000 v.14 dan momen yang dihitung manual relatif sama, maka dianggap permodelan sudah mendekati keadaan sebenarnya.

6.3.2 Pengecekan Gaya pada Kolom



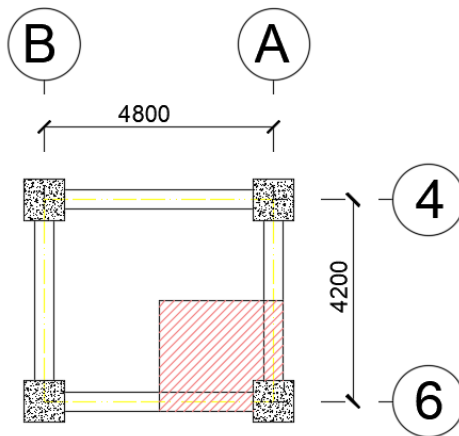
Gambar 6.7 Kolom yang Ditinjau

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada titik yang ditinjau dengan aksial yang terjadi (kombinasi 1,4D) adalah sebagai berikut:



Gambar 6.8 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom yang Ditinjau
Aksial yang terjadi = 203.824,24 kg

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



Gambar 6.9 Tributary Area pada Kolom yang Ditinjau

Tabel 6.23 Rekapitulasi Beban yang Dipikul oleh Kolom yang Ditinjau

Beban Mati + Beban Mati Tambahan Kolom								
Lantai	Beban	B (m)	H (m)	BJ	L (m)	W (kg)	N (buah)	Wtot (kg)
Lt. Atap Lt. 1	Balok 40/65	0,4	0,65	2400	2,4	1497,6	8	11980,8
	Balok 40/65	0,4	0,65	2400	2,1	1310,4	8	10483,2
	Kolom 85/85	0,85	0,85	2400	4,8	8323,2	8	66585,6
	Plat Lantai t=12 cm	2,4	2,1	2400	0,12	1451,52	8	11612,16
	Dinding	4,5	4,8	60	1,5	1944	8	15552
	Ducting mekanikal	2,4	2,1	19		95,76	8	766,08
	Plafond	2,4	2,1	5		25,2	8	201,6
	Penggantung Plafond	2,4	2,1	10		50,4	8	403,2
	Keramik + spesi	2,4	2,1	20		100,8	7	705,6
	Lapisan Waterproofing	2,4	2,1	5		25,2	1	25,2
Lt. Dasar	Balok 40/65	0,4	0,65	2400	2,4	1497,6	1	1497,6
	Balok 40/65	0,4	0,65	2400	2,1	1310,4	1	1310,4
	Kolom 85/85	0,85	0,85	2400	6,75	11704,5	1	11704,5
	Kolom pendek 85/85	0,85	0,85	2400	1	1734	1	1734
	Plat Lantai t=12 cm	2,4	2,1	2400	0,12	1451,52	1	1451,52
	Ducting mekanikal	2,4	2,1	19		95,76	1	95,76
	Plafond	2,4	2,1	5		25,2	1	25,2
	Penggantung Plafond	2,4	2,1	10		50,4	1	50,4
	Keramik + spesi	2,4	2,1	20		100,8	1	100,8
	Total Beban							

Total aksial yang ditumpu kolom dengan perhitungan manual : 136,286 kg

Kombinasi beban 1,4D = 1,4 x 136,286 kg = 190.800 kg

Selisih perhitungan manual dengan SAP < 10%

$$P = \frac{203.824,24 \text{ kg} - 190.800 \text{ kg}}{203.824,24 \text{ kg}} \times 100\% = 6,39\% < 10\% \text{ (OK)}$$

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.

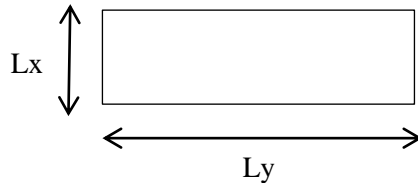
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII ANALISIS STRUKTUR SEKUNDER

7.1 Perhitungan Struktur Plat

Penulangan pada pelat didasari oleh sistem arah momen dalam membagi beban-beban yang ditimpakan pada pelat. Untuk pelat beton bertulang terdapat dua tipe pelat yaitu pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*).

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

7.1.1 Data Perencanaan

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| a. Tebal Plat (t) | = 12 cm |
| b. Tebal Selimut Plat (t_s) | = 2 cm |
| c. F_c' | = 35 Mpa |
| d. BJ Beton | = 2400 kg/m ³ |
| e. F_y lentur | = 240 Mpa ($\leq \varnothing 12$ mm) |
| f. Φ | = 0,9 |

7.1.2 Pembebanan pada Plat Lantai

Untuk beban yang bekerja pada plat lantai adalah beban mati dan beban hidup. Besarnya beban-beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

- a. Beban Mati

Berat sendiri plat = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 288 kg/m^2
Beban keramik + spesi	= 20 kg/m^2
Beban ducting mechanical	= 19 kg/m^2
Beban plafond	= 5 kg/m^2
Beban penggantung plafond	= 10 kg/m^2
$q_{DL} = (288 + 20 + 19 + 5 + 10) \text{ kg/m}^2$	= 342 kg/m^2

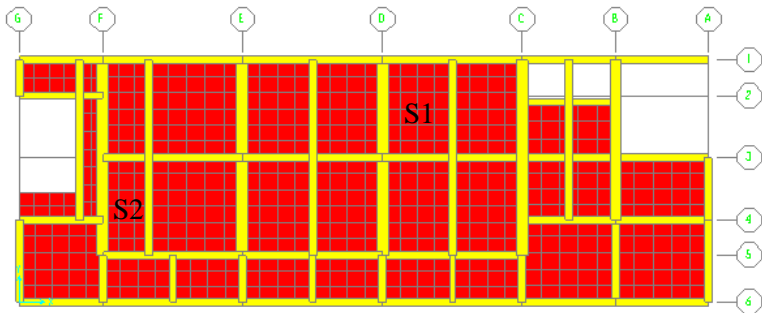
b. Beban Hidup

- Fungsi bangunan pada lantai 1 Tipe S1 dan S2 adalah ruang kantor , $q_{LL} = 240 \text{ kg/m}^2$

c. Beban ultimate (q_u)

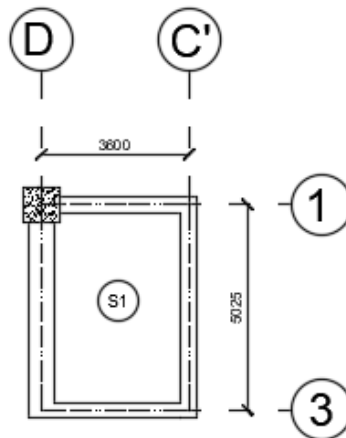
- q_u Plat A = $1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$
 = $1,2 (342 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (240 \text{ kg/m}^2)$
 = $794,4 \text{ kg/m}^2$

7.1.3 Perhitungan Penulangan Plat Lantai



Gambar 7.2 Permodelan Plat Lantai pada SAP

A. Plat Tipe S1 (Plat Dua Arah)



Gambar 7.3 Plat Dua Arah (Plat S1)

$$Lx = 360 \text{ cm}$$

$$Ly = 502,5 \text{ cm}$$

$$t \text{ plat} = 12 \text{ cm}$$

$$Ln x = 360 \text{ cm} - \frac{60 \text{ cm}}{2} - \frac{40 \text{ cm}}{2} = 310 \text{ cm}$$

$$Ln y = 502,5 \text{ cm} - \frac{40 \text{ cm}}{2} - \frac{35 \text{ cm}}{2} = 465 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{465 \text{ cm}}{310 \text{ cm}} = 1,5 < 2 \text{ (Plat dua arah)}$$

$$Ecb = Ecs = 4700\sqrt{f'c'} = 4700\sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$Ecb = Ecs = 27805,6 \text{ Mpa}$$

➤ Perhitungan Momen Pelat Tipe S1

Mengacu pada SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.2

a. Arah Y

- Balok 1 (40/65)

$$Ib = \frac{1}{12} bh^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 400 \text{ mm} \times (650 \text{ mm})^3$$

$$I_b = 9154166667 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} l y \cdot t^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} 5025 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$I_s = 723600000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

$$\alpha = \frac{25743 \text{ Mpa} \cdot 9154166667 \text{ mm}^4}{25743 \text{ Mpa} \cdot 723600000 \text{ mm}^4} = 12,651$$

- Balok 2 (35/50)

$$I_b = \frac{1}{12} b h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 350 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3$$

$$I_b = 364583333 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} l y \cdot t^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} 5025 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$I_s = 723600000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

$$\alpha = \frac{25743 \text{ Mpa} \cdot 364583333 \text{ mm}^4}{25743 \text{ Mpa} \cdot 723600000 \text{ mm}^4} = 5,038$$

- Distribusi Momen

$$M_o = \frac{1}{8} q u \cdot l y \cdot l n^2$$

$$M_o = \frac{1}{8} \cdot 794,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 5,025 \text{ m} \cdot 3,1 \text{ m}$$

$$M_o = 4795,22 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momen negatif interior (M-i)

$$0,65 \times M_o = 0,65 \times 4795,22 \text{ kg} \cdot \text{m} = 3116,894 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momen positif (M+)

$$0,35 \times M_o = 0,35 \times 4795,22 \text{ kg.m} = 1678,33 \text{ kg.m}$$

Momen negatif eksterior (M-e)

$$0,65 \times M_o = 0,65 \times 4795,22 \text{ kg.m} = 3116,894 \text{ kg.m}$$

- Momen negatif interior

Persentase dari momen negatif yang ditahan oleh lajur kolom didapatkan dari *Tabel SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.1*

Tabel 7.1 Persentase momen terfaktor interior

l ₂ /l ₁	0,5	1	2
α l ₂ /l ₁ = 0	75	75	75
α l ₂ /l ₁ ≥ 1	90	75	45

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,6 \text{ m}}{5,025 \text{ m}} = 0,716$$

$$\text{Balok 1 } \alpha \frac{l_2}{l_1} = 12,651 \times 0,716 = 9,063$$

$$\text{Balok 2 } \alpha \frac{l_2}{l_1} = 5,038 \times 0,716 = 3,61$$

Mencari persentase (x) dengan menggunakan interpolasi:

$$x = 90 + \frac{0,716-0,5}{1-0,5} \cdot (75 - 90) = 83,51 \%$$

Maka:

Momen pada lajur kolom (M_{lk})

$$M_{lk} = 0,8351 \times (M_i -) = 0,8351 \times 3116,894 \text{ kg.m}$$

$$M_{lk} = 2602,84 \text{ kg.m}$$

Momen pada lajur tengah

$$M_{lt} = (1 - 0,8351) \times (M_i -)$$

$$M_{lt} = (0,1649) \times 3116,894 \text{ kg.m} = 514,055 \text{ kg.m}$$

Cek :

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} > 1 \text{ (OKE)}$$

Maka 85% momen pada lajur kolom dapat dilimpahkan ke balok sedangkan 15% dipikul oleh pelat

Balok :

$$0,85 \times M_{lk} = 0,85 \times 2602,84 \text{ kg.m} = 2212,41 \text{ kg.m}$$

Pelat :

$$0,15 \times M_{lk} = 0,15 \times 2602,84 \text{ kg.m} = 390,426 \text{ kg.m}$$

- Momen positif interior

Persentase dari momen negatif yang ditahan oleh lajur kolom didapatkan dari *Tabel SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.1* dan menggunakan cara yang sama dengan momen negatif interior. Didapatkan persentase momen pada lajur kolom 83,51%

Maka:

Momen pada lajur kolom (M_{lk})

$$M_{lk} = 0,8351 \times (M +) = 0,8351 \times 1678,33 \text{ kg.m}$$

$$M_{lk} = 1401,53 \text{ kg.m}$$

Momen pada lajur tengah

$$M_{lt} = (1 - 0,8351) \times (M +)$$

$$M_{lt} = (0,1649) \times 1678,33 \text{ kg.m} = 276,799 \text{ kg.m}$$

Cek :

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} > 1 \text{ (OKE)}$$

Maka 85% momen pada lajur kolom dapat dilimpahkan ke balok sedangkan 15% dipikul oleh pelat

Balok :

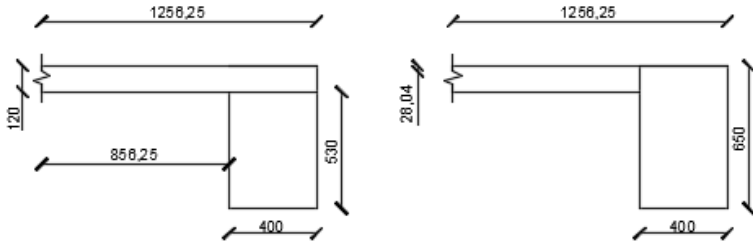
$$0,85 \times M_{lk} = 0,85 \times 1401,53 \text{ kg.m} = 2212,41 \text{ kg.m}$$

Pelat :

$$0,15 \times M_{lk} = 0,15 \times 1401,53 \text{ kg.m} = 390,426 \text{ kg.m}$$

- Momen negatif eksterior

- Balok 1 (40/65)



Gambar 7.4 Denah Momen Plat yang Ditinjau

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3}$$

$$C_1 = \left(1 - 0,63 \frac{400}{650}\right) \frac{400^3 650}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{530}\right) \frac{120^3 530}{3}$$

$$C_1 = 8,752 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{530}{400}\right) \frac{530^3 400}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{5025/4}\right) \frac{120^3 \cdot 5025/4}{3}$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{530}{400}\right) \frac{530^3 400}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{1256,25}\right) \frac{120^3 \cdot 1256,25}{3}$$

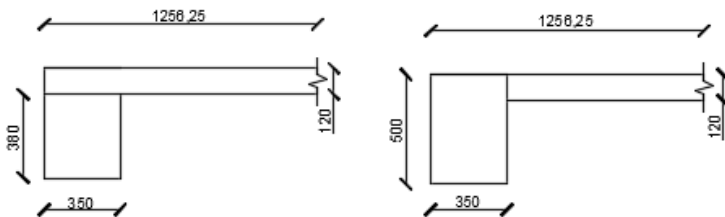
$$C_2 = 3,96 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Diambil C terbesar yaitu $8,752 \times 10^9 \text{ mm}^4$

$$\beta_t = \frac{Ecb \cdot C}{2 \cdot Ecs \cdot Is}$$

$$\beta_t = \frac{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 8,752 \times 10^9 \text{ mm}^4}{2 \cdot 27805,6 \text{ Mpa} \cdot 723600000 \text{ mm}^4} = 6,048 \geq 2,5$$

- Balok 2 (35/50)



Gambar 7.5 Denah Momen Plat yang Ditinjau

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3}$$

$$C_1 = \left(1 - 0,63 \frac{350}{500}\right) \frac{350^3 500}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{380}\right) \frac{120^3 380}{3}$$

$$C_1 = 4,17 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{380}{350}\right) \frac{380^3 350}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{5025/4}\right) \frac{120^3 \cdot 5025/4}{3}$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{380}{350}\right) \frac{380^3 350}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{1256,25}\right) \frac{120^3 \cdot 1256,25}{3}$$

$$C_2 = 2,703 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Diambil C terbesar yaitu $4,17 \times 10^9 \text{ mm}^4$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2 \cdot E_{cs} \cdot I_s}$$

$$\beta_t = \frac{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 4,17 \times 10^9 \text{ mm}^4}{2 \cdot 27805,6 \text{ Mpa} \cdot 723600000 \text{ mm}^4} = 2,881 \geq 2,5$$

Persentase dari momen negatif yang ditahan oleh lajur kolom didapatkan dari *Tabel SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.2*

Tabel 7.2 Persentase momen terfaktor eksterior

12/11		0,5	1	2
$\alpha 12/11 = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$\alpha 12/11 \geq 1$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,6 \text{ m}}{5,025 \text{ m}} = 0,716$$

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} = 12,651 \times 0,716 = 9,063$$

Mencari persentase (x) dengan menggunakan interpolasi:

$$x = 90 + \frac{0,716 - 0,5}{1 - 0,5} \cdot (75 - 90) = 83,51 \%$$

Maka:

Momen pada lajur kolom (M_{lk})

$$M_{lk} = 0,8351 \times (Me -) = 0,8351 \times 3116,894 \text{ kg.m}$$

$$M_{lk} = 2602,84 \text{ kg.m}$$

Momen pada lajur tengah

$$M_{lt} = (1 - 0,8351) \times (Me -)$$

$$M_{lt} = (0,1649) \times 3116,894 \text{ kg.m} = 514,055 \text{ kg.m}$$

Cek :

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} > 1 \text{ (OKE)}$$

Maka 85% momen pada lajur kolom dapat dilimpahkan ke balok sedangkan 15% dipikul oleh pelat

Balok :

$$0,85 \times M_{lk} = 0,85 \times 2602,84 \text{ kg.m} = 2212,41 \text{ kg.m}$$

Pelat :

$$0,15 \times M_{lk} = 0,15 \times 2602,84 \text{ kg.m} = 390,426 \text{ kg.m}$$

b. Arah X

- Balok 1 (60/85)

$$Ib = \frac{1}{12} bh^3$$

$$Ib = \frac{1}{12} \times 600 \text{ mm} \times (850 \text{ mm})^3$$

$$Ib = 3,07 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$Is = \frac{1}{12} ly.t^3$$

$$Is = \frac{1}{12} 5025 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$Is = 5,18 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{Ecb \cdot Ib}{Ecs \cdot Is}$$

$$\alpha = \frac{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 3,07 \times 10^{10} \text{ mm}^4}{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 5,18 \times 10^8 \text{ mm}^4} = 59,233$$

- Balok 2 (40/60)

$$Ib = \frac{1}{12} bh^3$$

$$Ib = \frac{1}{12} \times 400 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3$$

$$Ib = 7,2 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$Is = \frac{1}{12} ly \cdot t^3$$

$$Is = \frac{1}{12} 5025 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$Is = 5,18 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{Ecb \cdot Ib}{Ecs \cdot Is}$$

$$\alpha = \frac{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 7,2 \times 10^9 \text{ mm}^4}{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 5,18 \times 10^8 \text{ mm}^4} = 13,889$$

- Distribusi Momen

$$Mo = \frac{1}{8} qu \cdot ly \cdot ln^2$$

$$Mo = \frac{1}{8} \cdot 794,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 4,65 \text{ m}$$

$$Mo = 7729,611 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momen negatif interior (M-i)

$$0,65 \times Mo = 0,65 \times 7729,611 \text{ kg} \cdot \text{m} = 5024,25 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momen positif (M+)

$$0,35 \times Mo = 0,35 \times 7729,611 \text{ kg} \cdot \text{m} = 2705,36 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momen negatif eksterior (M-e)

$$0,65 \times Mo = 0,65 \times 7729,611 \text{ kg} \cdot \text{m} = 5024,25 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Momen negatif interior

Persentase dari momen negatif yang ditahan oleh lajur kolom didapatkan dari *Tabel SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.1*

Tabel 7.3 Persentase momen terfaktor interior

l2/l1	0,5	1	2
α l2/l1 = 0	75	75	75
α l2/l1 \geq 1	90	75	45

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,6 \text{ m}}{5,025 \text{ m}} = 0,716$$

$$\text{Balok 1 } \alpha \frac{l_2}{l_1} = 59,233 \times 0,716 = 82,679$$

$$\text{Balok 2 } \alpha \frac{l_2}{l_1} = 13,889 \times 0,716 = 19,387$$

Mencari persentase (x) dengan menggunakan interpolasi:

$$x = 90 + \frac{0,716-0,5}{1-0,5} \cdot (75 - 90) = 83,51 \%$$

Maka:

Momen pada lajur kolom (M_{lk})

$$M_{lk} = 0,8351 \times (M_i -) = 0,8351 \times 5024,25 \text{ kg.m}$$

$$M_{lk} = 4195,62 \text{ kg.m}$$

Momen pada lajur tengah

$$M_{lt} = (1 - 0,8351) \times (M_i -)$$

$$M_{lt} = (0,1649) \times 5024,25 \text{ kg.m} = 828,626 \text{ kg.m}$$

Cek :

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} > 1 \text{ (OKE)}$$

Maka 85% momen pada lajur kolom dapat dilimpahkan ke balok sedangkan 15% dipikul oleh pelat

Balok :

$$0,85 \times M_{lk} = 0,85 \times 4195,62 \text{ kg.m} = 3566,28 \text{ kg.m}$$

Pelat :

$$0,15 \times M_{lk} = 0,15 \times 4195,62 \text{ kg.m} = 629,343 \text{ kg.m}$$

- Momen positif interior

Persentase dari momen negatif yang ditahan oleh lajur kolom didapatkan dari *Tabel SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.1* dan menggunakan cara yang sama dengan momen negatif interior.

Didapatkan persentase momen pada lajur kolom 83,51%

Maka:

Momen pada lajur kolom (M_{lk})

$$M_{lk} = 0,8351 \times (M +) = 0,8351 \times 2705,36 \text{ kg.m}$$

$$M_{lk} = 2259,18 \text{ kg.m}$$

Momen pada lajur tengah

$$M_{lt} = (1 - 0,8351) \times (M +)$$

$$M_{lt} = (0,1649) \times 2705,36 \text{ kg.m} = 446,183 \text{ kg.m}$$

Cek :

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} > 1 \text{ (OKE)}$$

Maka 85% momen pada lajur kolom dapat dilimpahkan ke balok sedangkan 15% dipikul oleh pelat

Balok :

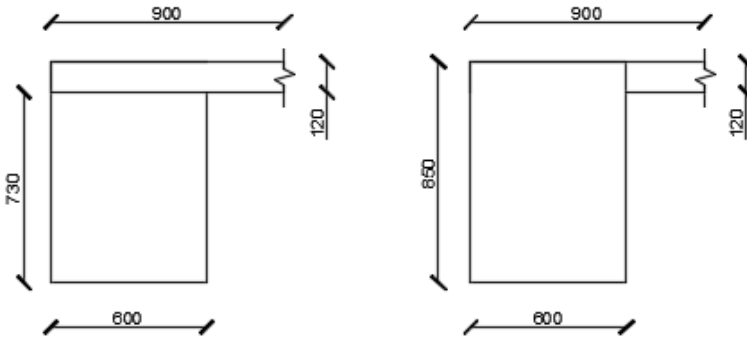
$$0,85 \times M_{lk} = 0,85 \times 2259,18 \text{ kg.m} = 1920,3 \text{ kg.m}$$

Pelat :

$$0,15 \times M_{lk} = 0,15 \times 2259,18 \text{ kg.m} = 338,877 \text{ kg.m}$$

- Momen negatif eksterior

- Balok 1 (60/85)



Gambar 7.6 Denah Momen Plat yang Ditinjau

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3}$$

$$C_1 = \left(1 - 0,63 \frac{600}{850} \right) \frac{600^3 850}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{730} \right) \frac{120^3 730}{3}$$

$$C_1 = 3,436 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{730}{600}\right) \frac{730^3 \cdot 600}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{3600/4}\right) \frac{120^3 \cdot 3600/4}{3}$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{730}{600}\right) \frac{730^3 \cdot 600}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{900}\right) \frac{120^3 \cdot 900}{3}$$

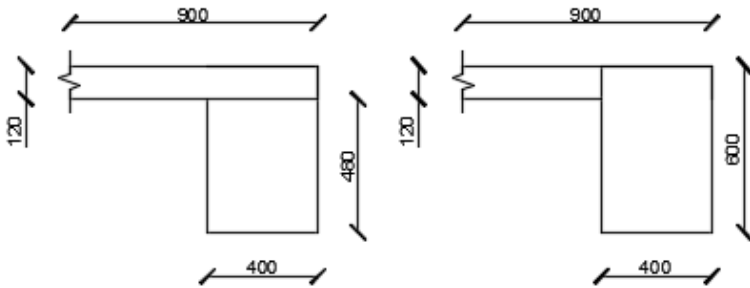
$$C_2 = 1,86 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Diambil C terbesar yaitu $3,436 \times 10^9 \text{ mm}^4$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2 \cdot E_{cs} \cdot I_s}$$

$$\beta_t = \frac{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 3,436 \times 10^9 \text{ mm}^4}{2 \cdot 27805,6 \text{ Mpa} \cdot 5,18 \times 10^8 \text{ mm}^4} = 33,141 \geq 2,5$$

- Balok 2 (40/60)



Gambar 7.7 Denah Momen Plat yang Ditinjau

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3}$$

$$C_1 = \left(1 - 0,63 \frac{400}{600}\right) \frac{400^3 \cdot 600}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{480}\right) \frac{120^3 \cdot 480}{3}$$

$$C_1 = 7,657 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{480}{400}\right) \frac{480^3 \cdot 400}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{3600/4}\right) \frac{120^3 \cdot 3600/4}{3}$$

$$C_2 = \left(1 - 0,63 \frac{480}{400}\right) \frac{480^3 \cdot 400}{3} + \left(1 - 0,63 \frac{120}{900}\right) \frac{120^3 \cdot 900}{3}$$

$$C_2 = 4,278 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Diambil C terbesar yaitu $7,657 \times 10^9 \text{ mm}^4$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2 \cdot E_{cs} \cdot I_s}$$

$$\beta_t = \frac{27805,6 \text{ Mpa} \cdot 7,657 \times 10^9 \text{ mm}^4}{2 \cdot 27805,6 \text{ Mpa} \cdot 5,18 \times 10^8 \text{ mm}^4} = 7,385 \geq 2,5$$

Persentase dari momen negatif yang ditahan oleh lajur kolom didapatkan dari *Tabel SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.2*

Tabel 7.4 Persentase momen terfaktor eksterior

l2/l1		0,5	1	2
$\alpha \text{ l2/l1} = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$\alpha \text{ l2/l1} \geq 1$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,6 \text{ m}}{5,025 \text{ m}} = 0,716$$

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} = 12,651 \times 0,716 = 9,063$$

Mencari persentase (x) dengan menggunakan interpolasi:

$$x = 90 + \frac{0,716 - 0,5}{1 - 0,5} \cdot (75 - 90) = 83,51 \%$$

Maka:

Momen pada lajur kolom (M_{lk})

$$M_{lk} = 0,8351 \times (M_e -) = 0,8351 \times 5024,25 \text{ kg.m}$$

$$M_{lk} = 4195,62 \text{ kg.m}$$

Momen pada lajur tengah

$$M_{lt} = (1 - 0,8351) \times (M_e -)$$

$$M_{lt} = (0,1649) \times 5024,25 \text{ kg.m} = 828,626 \text{ kg.m}$$

Cek :

$$\alpha \frac{l_2}{l_1} > 1 \text{ (OKE)}$$

Maka 85% momen pada lajur kolom dapat dilimpahkan ke balok sedangkan 15% dipikul oleh pelat

Balok :

$$0,85 \times M_{lk} = 0,85 \times 4195,62 \text{ kg.m} = 3566,28 \text{ kg.m}$$

Pelat :

$$0,15 \times M_{lk} = 0,15 \times 4195,62 \text{ kg.m} = 629,343 \text{ kg.m}$$

Tabel 7.5 Rekap Momen Plat Tipe A

Rekap Momen			
Tumpuan		Lapangan	
x	y	x	y
(kg.m)	(kg.m)	(kg.m)	(kg.m)
629,3432	390,4259	828,6259	514,0549

➤ Perhitungan Penulangan Pelat Tipe S1

Mencari rasio tulangan min dan max :

- Nilai m

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$m = \frac{240 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa}}$$

$$m = 8,067$$

- Nilai β_1 sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7} \times 0,05 \right) = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1}{fy} \times \frac{600}{600+fy}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 0,8}{240 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 + 240 \text{ Mpa}}$$

$$\rho_b = 0,0708$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

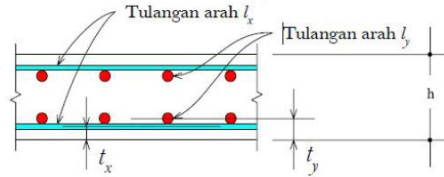
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times 0,0708$$

$$\rho_{maks} = 0,053$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3)



- $dx = t - ts - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan}$
 $dx = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}$
 $dx = 95 \text{ mm}$
- $dy = t - ts - \phi \text{ tulangan} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan}$
 $dy = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}$
 $dy = 85 \text{ mm}$

a. Tulangan Lapangan x

- $Mn_{Lx} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{828,626 \text{ kg.m}}{0,9} = 920,695 \text{ kg.m}$
- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{920,695 \text{ kg.m} \times 10^4}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2} = 1,02 \text{ N/mm}^2$
- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2m \cdot Rn}{fy}} \right)$
 $\rho = \frac{1}{8,067} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 8,067 \cdot 1,02 \text{ N/mm}^2}{240}} \right)$
 $\rho = 0,004326$

- Cek persyaratan :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0058 < 0,004326 < 0,048 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho_{perlu}$, maka dipakai ρ_{min} sebesar 0,0058

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot dx =$$

$$As \text{ perlu} = 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 554,167 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Jarak Tulangan

$$S_{max} \leq 2h$$

$$S_{max} \leq 2. (120 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{As \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{554,167 \text{ mm}^2} = 141,726 \text{ mm}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 125 \text{ mm}$

Jadi digunakan tulangan **D10 - 125 mm**

$$As \text{ pakai} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{125 \text{ mm}}$$

$$As \text{ pakai} = 628,3185 \text{ mm}^2$$

- 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:

$$125 \text{ mm} < 2 \times t \text{ plat} = 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$125 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4*.

Syarat :

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot (240 \text{ Mpa}) = 160 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20 \text{ mm}$, sehingga:

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{160}\right) - 2,5 \cdot 20 = 475 \text{ mm} \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{160}\right) = 525 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai $125 \text{ mm} < 475 \text{ mm}$ **(OKE)**

- Cek kapasitas penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{628,3185 \text{ mm}^2 \cdot 240}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 5,069$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 628,3185 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \left(95 \text{ mm} - \frac{5,069}{2} \right) \cdot 10^{-4}$$

$$\phi M_n = 1254,914 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 1254,914 \text{ kg.m} > M_u = 828,626 \text{ kg.m (OKE)}$$

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom
 $d = 95 \text{ mm}$

Apabila lebar kolom = 850 mm, maka:

$$b_o = 4x(850 \text{ mm} + 95 \text{ mm}) = 3780 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b \text{ kolom} + d)^2) \cdot q_u$$

$$V_u = (3,6 \cdot 5,025 - (0,85 + 0,095)^2) \cdot 794,4$$

$$V_u = 13661,28 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot (0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}) \cdot b_o \cdot d$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan *SNI 03-2847-2013*
Pasal 8.6.1

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot (0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}) \cdot 1000 \cdot 95 / 10$$

$$\phi \cdot V_c = 52580,49 \text{ kg} > 13661,28 \text{ kg (OKE)}$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{5,025 \text{ m}}{2} - \frac{0,85 \text{ m}}{2} - 0,095 \text{ m} = 1,9925 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 794,4 \text{ k/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,9925 \text{ m}$$

$$V_u = 1582,842 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}) \cdot b_o \cdot d$$

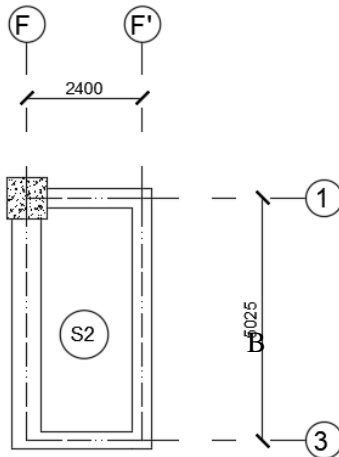
$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}) \cdot 1000 \cdot 95 / 10$$

$$\phi \cdot V_c = 7165,852 \text{ kg} > 1582,842 \text{ kg (OKE)}$$

Tabel 7.6 Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat S1

	Arah Lx		Arah Ly	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Tebal plat (mm)	120	120	120	120
Mu (kg.m)	828,6259	629,3432	571,1722	390,4259
d (mm)	95,0000	95,0000	85,0000	85,0000
ρ_{min}	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
ρ	0,0043	0,0033	0,0033	390,4259
ρ_{pakai}	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
As min (mm ²)	554,1667	495,8333	554,1667	495,8333
As pakai (mm ²)	628,3185	628,3185	523,5988	523,5988
Tulangan dipakai	D10-125 mm	D10-125 mm	D10-125 mm	D10-125 mm
Cek jarak tul. (< 240 mm)	OKE	OKE	OKE	OKE
Cek retak (< 475 mm)	OKE	OKE	OKE	OKE
Vu (2 arah) (Kg)	13661,2769			
ϕVc (2 arah) (kg)	52580,4902			
Vu (1 arah) (Kg)	1582,8420			
ϕVc (1 arah) (kg)	7165,8516			
Cek Geser	OKE			

B. Plat Tipe B (Plat Satu Arah)



$$Lx = 240 \text{ cm}$$

$$Ly = 502,5 \text{ cm}$$

$$t \text{ plat} = 12 \text{ cm}$$

$$Lx = 240 \text{ cm} - \frac{60 \text{ cm}}{2} - \frac{40 \text{ cm}}{2} = 190 \text{ cm}$$

$$Ly = 502,5 \text{ cm} - \frac{40 \text{ cm}}{2} - \frac{35 \text{ cm}}{2} = 465 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{465 \text{ cm}}{190 \text{ cm}} = 2,447 > 2 \text{ (Plat satu arah)}$$

$$Ecb = Ecs = 4700\sqrt{fc'} = 4700\sqrt{30 \text{ Mpa}}$$

$$Ecb = Ecs = 27805,575 \text{ Mpa}$$

➤ Perhitungan Momen Pelat Tipe S2

Menggunakan cara yang sama dengan perhitungan momen pelat tipe A mengacu pada *SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.2* sehingga diperoleh momen sebagai berikut:

Tabel 7.7 Rekap Momen Pelat Tipe B

Rekap Momen			
Tumpuan		Lapangan	
x	y	x	y
(kg.m)	(kg.m)	(kg.m)	(kg.m)
357,38	124,927	245,117	85,684

Mencari rasio tulangan min dan max :

- Nilai m

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

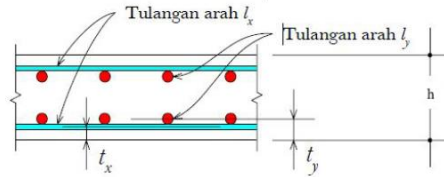
$$m = \frac{240 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa}}$$

$$m = 8,067$$

- Nilai β_1 sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3*

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7} \times 0,05\right) = 0,8$$

- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
 - $\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 0,8}{240 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 + 240 \text{ Mpa}}$
 - $\rho_b = 0,0708$
 - $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
 - $\rho_{min} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$
 - $\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$
 - $\rho_{maks} = 0,75 \times 0,0708$
 - $\rho_{maks} = 0,053$
- (SNI 03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3)



- $dx = t - ts - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan}$
- $dx = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}$
- $dx = 95 \text{ mm}$

b. Tulangan Lapangan x

- $Mn_{Lx} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{245,1169 \text{ kg.m}}{0,9} = 272,3521 \text{ kg.m}$
- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{272,3521 \text{ kg.m} \times 10^4}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2} = 0,302 \text{ N/mm}^2$
- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$
- $\rho = \frac{1}{8,067} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 8,067 \cdot 0,302 \text{ N/mm}^2}{240}} \right)$
- $\rho = 0,000126$
- Cek persyaratan :

$$\rho_{min} < \rho_{pertu} < \rho_{max}$$

$$0,0058 < 0,000126 < 0,04 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho_{pertu}$, maka dipakai ρ_{min} sebesar 0,0058

$$\begin{aligned}
 - \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot dx = \\
 \text{As perlu} &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \\
 \text{As perlu} &= 554,167 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol Jarak Tulangan

$$S_{max} \leq 2h$$

$$S_{max} \leq 2 \cdot (120 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{\text{As perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{554,167 \text{ mm}^2} = 141,726 \text{ mm}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 125 \text{ mm}$

Jadi digunakan tulangan **D10 - 125 mm**

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{125 \text{ mm}}$$

$$\text{As pakai} = 628,3185 \text{ mm}^2$$

- 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:

$$125 \text{ mm} < 2 \times t \text{ plat} = 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$125 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot (240 \text{ Mpa}) = 160 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20 \text{ mm}$, sehingga:

$$s = 300 \cdot \left(\frac{280}{160}\right) - 2,5 \cdot 20 = 475 \text{ mm dan tidak melebihi}$$

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{160}\right) = 525 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai 125 mm < 475 mm **(OKE)**

- Cek kapasitas penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{628,3185 \text{ mm}^2 \cdot 240}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 5,069$$

$$\phi Mn = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 628,3185 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \left(95 \text{ mm} - \frac{5,069}{2}\right) \cdot 10^{-4}$$

$$\phi Mn = 1254,914 \text{ kg.m}$$

$$\phi Mn = 1254,914 \text{ kg.m} > Mu = 245,1169 \text{ kg.m (OKE)}$$

- Kontrol ketebalan plat terhadap geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3, nilai Vu adalah:

$$Vu = \frac{qu \cdot ln}{2}$$

$$Vu = \frac{623,2 \text{ kg/m}^2 \cdot 4,65 \text{ m}}{2} = 1448,94 \text{ kg}$$

Nilai Vc ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1

$$Vc = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013

Pasal 8.6.1

$$Vc = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} / 10$$

$$Vc = 8845,719 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot Vc = 0,75 \cdot 8058,833 \text{ kg} = 7165,852 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot Vc = 7165,852 \text{ kg} > 1448,94 \text{ kg (OKE)}$$

- Perhitungan kebutuhan tulangan bagi

Untuk perhitungan tulangan bagi, berdasarkan SNI 03-2847-2013

Pasal 7.12.2.1, adalah: $\rho = 0,001886$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,001886 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$A_s = 190 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **Ø8-250** mm

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}}$$

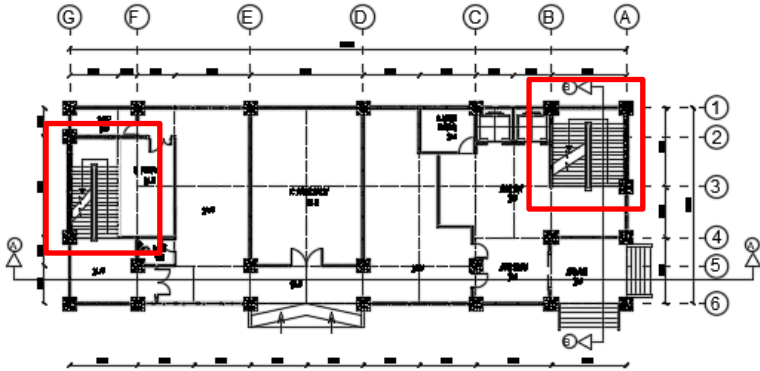
$$A_s = 201,062 \text{ mm}^2 > 190 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Tabel 7.8 Tabel Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat S2

	Arah Lx	
	Lapangan	Tumpuan
Tebal plat (mm)	120	120
Mu (kg.m)	625,5171	357,3804
d (mm)	95,0000	95,0000
ρ_{\min}	0,0058	0,0058
ρ	0,0013	0,0018
ρ_{pakai}	0,0058	0,0058
As min (mm ²)	554,1667	554,1667
As pakai (mm ²)	628,3185	628,3185
Tulangan dipakai	D10-125 mm	D10-125 mm
Cek jarak tul. (< 240 mm)	OKE	OKE
Cek retak (< 475 mm)	OKE	OKE
Vu (Kg)	1448,9400	
ϕV_c (kg)	7165,8516	
Cek Geser	OKE	

7.2 Perhitungan Struktur Tangga

Struktur tangga yang didesain meliputi pelat tangga dan pelat bordes. Sebagai contoh perhitungan, ditinjau tangga yang menghubungkan lantai 1 dengan lantai 2. Denah unuk penempatan tangga yang ditinjau dapat dilihat pada gambar berikut:

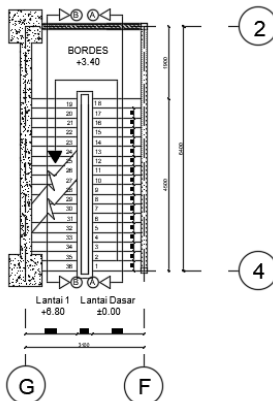


Gambar 7.9 Denah Penempatan Tangga pada Lantai Dasar

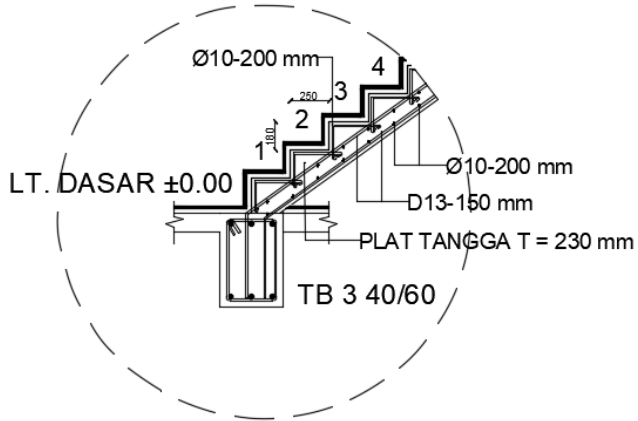
7.2.1 Desain Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Data perencanaan:

- Tebal pelat tangga : 23 cm
- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Lebar injakan (i) : 25 cm
- Tinggi injakan : 18 cm



Gambar 7.10 Denah Tangga



Gambar 7.11 Dimensi Injakan dan Tanjakan Anak Tangga

7.2.2 Pembebanan Tangga

Pelat tangga dan pelat bordes menerima kombinasi beban ultimate dari beban mati dan beban hidup.

a. Pembebanan Pelat Tangga

1. Beban mati

Berat pelat	$= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,23$	$= 552/ \text{kg/m}^2$
Berat Railing tangga		$= 14 \text{ kg/m}^2$
Berat spesi keramik		$= 5 \text{ kg/m}^2$
Berat keramik		$= 15 \text{ kg/m}^2$
	qd	$= 586 \text{ kg/m}^2$

2. Beban hidup

Beban hidup tangga		$= 133 \text{ kg/m}^2$
	ql	$= 133 \text{ kg/m}^2$

3. Kombinasi pembebanan

$$1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2 \times 586 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 133 \text{ kg/m}^2$$

$$= 916 \text{ kg/m}^2$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

1. Beban mati

Berat pelat	$= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,15$	$= 360 \text{ kg/m}^2$
-------------	-------------------------------------	------------------------

Berat spesi keramik	= 5 kg/m ²
Berat keramik	= 15 kg/m ²
qd	= 380 kg/m ²

2. Beban hidup

Beban hidup tangga	= 133 kg/m ²
ql	= 133 kg/m ²

3. Kombinasi pembebanan

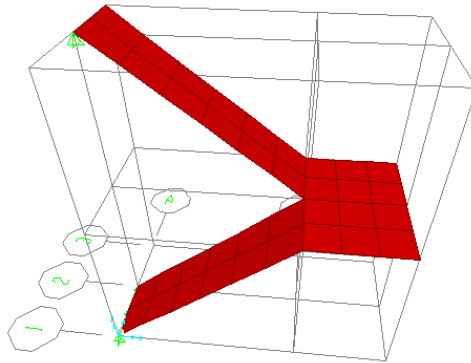
$$1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2 \times 380 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 133 \text{ kg/m}^2$$

$$= 668,8 \text{ kg/m}^2$$

7.2.3 Permodelan dan Analisis Struktur Tangga

Untuk pelat tangga dan pelat bordes di modelkan sebagai berikut menggunakan program bantu SAP 2000 v.14:



Gambar 7.12 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14

Dari analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut:

- M max pelat tangga : 1893,95 kg.m
- M min pelat tangga : -4105,94 kg.m
- M max pelat bordes : 2838,94 kg.m
- M min pelat bordes : -2838,94 kg.m

7.2.4 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data perencanaan:

Mutu beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 390 Mpa, > d 12 mm
Mutu baja (f_y)	: 240 Mpa, < d 12 mm
β_1	: 0,8 (SNI 2847 Pasal 10.2.7.3)
b	: 1000 mm = 1m
h	: 200 mm = 0,20 m
D tul lentur	: 13 mm = 0,013 m
Decking	: 20 mm = 0,02 m

- Penulangan pelat tangga

$$L_y = L_n = \frac{4,5 \text{ m}}{\cos 35,75^\circ} = 5,55 \text{ m}$$

$$L_x = L_n = 1,55 \text{ m}$$

Mencari rasio tulangan min dan max:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

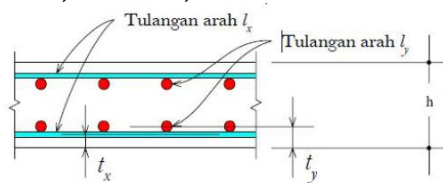
$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 0,8}{390 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} = 0,044$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,0036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot 0,044 = 0,033$$



$$d_x = t - t_s - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan}$$

$$d_x = 230 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} = 190,5 \text{ mm}$$

Dengan cara perhitungan seperti pada perhitungan kebutuhan tulangan pelat tipe B menggunakan program bantu Microsoft Excel, didapatkan kebutuhan ulangan sebagai berikut:

Tabel 7.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

Plat Tangga		
	Tumpuan	Lapangan
Tebal pelat (mm)	230	230
Mu (kg.m)	4105,94	1893,95
d (mm)	190,5	190,5
ρ min	0,00358974	0,00359
ρ	0,00329455	0,001502
ρ pakai	0,00358974	0,00359
As min (mm ²)	683,846154	683,8462
As pakai (mm ²)	884,881931	884,8819
Tulangan dipakai	D13-150	D13-150
Cek jarak tul. (<460 mm)	OKE	OKE
Cek retak (< 323,077 mm)	OKE	OKE
Vu (kg)	709,9	
ϕ Vc	14369,41828	
Cek geser	OKE	

Karena mutu tulangan yang dipakai adalah $f_y = 390$ Mpa, maka perhitungan tulangan bagi berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1*, ρ menggunakan interpolasi:

$$\rho \text{ min} = 0,002 - \frac{(350-390)}{(350-420)} \cdot (0,002 - 0,0018) = 0,00189$$

Sehingga

$$As' = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As' = 0,00189 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 160,5 \text{ mm}$$

$$As' = 302,657 \text{ mm}^2$$

Dipakai D10-200 mm dengan As pakai = 392,6991 mm²

7.2.5 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

Data perencanaan:

Mutu beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 390 Mpa, > d 12 mm
Mutu baja (f_y)	: 240 Mpa, < d 12 mm
β_1	: 0,8 (SNI 2847 Pasal 10.2.7.3)
b	: 1000 mm = 1m
h	: 150 mm = 0,15 m
D tul lentur	: 13 mm = 0,013 m
Decking	: 20 mm = 0,02 m

- Penulangan pelat tangga

$$L_y = L_n = 3,10 \text{ m}$$

$$L_x = L_n = 1,90 \text{ m}$$

Mencari rasio tulangan min dan max:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

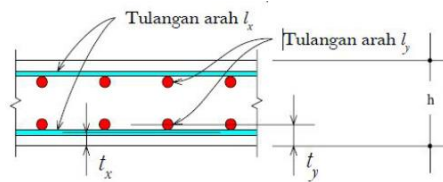
$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 0,836}{390 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} = 0,044$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,0036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot 0,044 = 0,033$$



$$dx = t - t_s - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan}$$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} = 123,5 \text{ mm}$$

Dengan cara perhitungan seperti pada perhitungan kebutuhan tulangan pelat tipe B menggunakan program bantu *Microsoft Excel*, didapatkan kebutuhan ulangan sebagai berikut:

Tabel 7.10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

Plat Tborderes		
	Tumpuan	Lapangan
Tebal pelat (mm)	150	150
Mu (kg.m)	2838,94	2838,94
d (mm)	123,5	123,5
ρ min	0,00358974	0,00359
ρ	0,00550129	0,005501
ρ pakai	0,00550129	0,005501
As min (mm ²)	679,409533	679,4095
As pakai (mm ²)	884,881931	884,8819
Tulangan dipakai	D13-150	D13-150
Cek jarak tul. (<460 mm)	OKE	OKE
Cek retak (< 323,077 mm)	OKE	OKE
Vu (kg)	870,2	
ϕ Vc	9315,607128	
Cek geser	OKE	

Karena mutu tulangan yang dipakai adalah $f_y = 390$ Mpa, maka perhitungan tulangan bagi berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1*, ρ menggunakan interpolasi:

$$\rho \text{ min} = 0,002 - \frac{(350-390)}{(350-420)} \cdot (0,002 - 0,0018) = 0,00189$$

Sehingga

$$As' = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As' = 0,00189 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 93,5 \text{ mm} = 176,314 \text{ mm}^2$$

$$As' = 176,314 \text{ mm}^2$$

Dipakai D10-300 mm dengan As pakai = 261,7994 mm²

7.2.6 Perhitungan Balok Bordes

• Pembebanan Balok Bordes

Beban mati:

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3\text{m} \times 0,4\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 3,4\text{m} \times 90 \text{ kg/m}^2 = 306 \text{ kg/m}$$

$$qd = 594 \text{ kg/m}$$

$$qu = 1,2 \times qd = 1,2 \times 594 \text{ kg/m} = 712,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{beban plat bordes} = 668,8 \text{ kg/m}$$

$$qu \text{ tot} = 712,8 \text{ kg/m} + 668,8 \text{ kg/m} = 1381,6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan} &= \frac{1}{11} \times qu \times l^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 1381,6 \text{ kg/m} \times (4,8 \text{ m})^2 \\ &= 2893,824 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan} &= \frac{1}{16} \times qu \times l^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 1381,6 \text{ kg/m} \times (4,8 \text{ m})^2 \\ &= 1989,504 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$Vu \text{ total} = 0,5 \times qu \times L = 0,5 \times 1381,6 \text{ kg/m} \times 4,8 \text{ m}$$

$$Vu \text{ total} = 3056,64 \text{ kg}$$

• Perhitungan Tulangan Tumpuan

Untuk $fc' = 35 \text{ Mpa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - \text{senggang} - \frac{D \text{ lentur}}{2}$$

$$d = 400\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{16\text{mm}}{2} = 342 \text{ mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \cdot \left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600+390 \text{ Mpa}} \right) = 0,028$$

$$Mu = 2893,824 \text{ kg} \cdot \text{m} = 28.938.240 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{28.938.240 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,9} = 32.153.600 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{32.153.600 \text{ N} \cdot \text{mm}}{300 \text{ mm} \cdot (342 \text{ mm})^2} = 0,916 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,916 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0024$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,00359$

Sehingga :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 342 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 368,308 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **2-D16**

$$As_{\text{pakai}} = 402,124 \text{ mm}^2 > 368,308 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*:

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{402,124 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 17,572 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{17,572 \text{ mm}}{342 \text{ mm}} = 0,051$$

$$0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (2 \cdot 16 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$s = 168 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

- Perhitungan Tulangan Lapangan

Untuk $f_c' = 35 \text{ Mpa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - \text{senggang} - \frac{D \text{ lentur}}{2}$$

$$d = 400\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{16\text{mm}}{2} = 342 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600+390 \text{ Mpa}}\right) = 0,028$$

$$Mu = 1989,504 \text{ kg. m} = 19.895.040 \text{ N. mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{19.895.040 \text{ N.mm}}{0,9} = 22.105.600 \text{ N. mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{22.105.600 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (342 \text{ mm})^2} = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,63 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0016$$

Karena $\rho < \rho \text{ min}$, maka dipakai $\rho \text{ min} = 0,00359$

Sehingga :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 342 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 368,308 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **2-D16**

$$As \text{ pakai} = 402,124 \text{ mm}^2 > 368,308 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*:

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{402,124 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 17,572 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{17,572 \text{ mm}}{342 \text{ mm}} = 0,051$$

$$0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

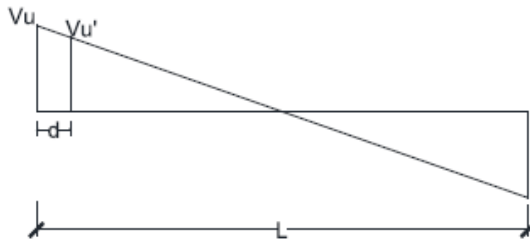
$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (2 \cdot 16 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$s = 168 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

7.2.7 Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1*.



Gambar 7.13 Diagram Gaya Geser pada Balok Anak

$$V_u = 3056,64 \text{ kg} = 33,158 \text{ kN}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$V_u' = \frac{33,158 \text{ kN}}{\frac{4800 \text{ mm}}{2}} \cdot \left(\frac{4800 \text{ mm}}{2} - 342 \text{ mm} \right) = 28,433 \text{ kN}$$

Kuat Geser beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*)

Dimana:

$\lambda = 1$ untuk beton normal (SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1)

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 342 \text{ mm}$$

$$V_c = 103.188,264 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 103.188,264 \text{ N} = 77,391 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 77,391 \text{ kN} = 38,695 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_s \text{ min} = 0,33 \text{ bw} \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.5.3)}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 342 \text{ mm} = 33.858 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66\sqrt{f_c'} \text{ bw} \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9)}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66\sqrt{35} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 342 \text{ mm} = 400.613,259 \text{ N}$$

Kondisi 1

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

$$33,158 \text{ kN} \leq 38,695 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kondisi 2

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

$$38,695 \text{ kN} \leq 33,158 \text{ kN} \leq 77,391 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena termasuk dalam kondisi 1, maka perlu tulangan geser minimum.

Jika digunakan sengkang 2 kaki $\emptyset 10$

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 342 \text{ mm}}{33.858 \text{ N}}$$

$$s = 618,799 \text{ mm}$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}$

Kontrol Spasi Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.5.1 bahwa batas spasi tulangan maksimum adalah $d/2$

$$s \text{ maks} = \frac{d}{2} = \frac{342 \text{ mm}}{2} = 171 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} \leq 300$$

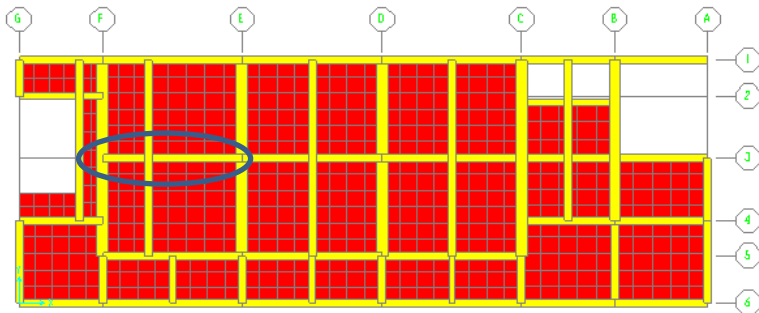
Jadi dipakai $s = 150 \text{ mm}$

Dipakai sengkang 2 kaki $\Phi 10\text{-}150 \text{ mm}$

7.3 Perhitungan Struktur Balok Anak

7.3.1 Data Perencanaan

Pada perhitungan balok anak, balok yang ditinjau adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14

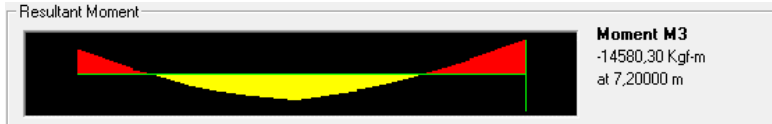


Gambar 7.14 Balok Anak yang Ditinjau

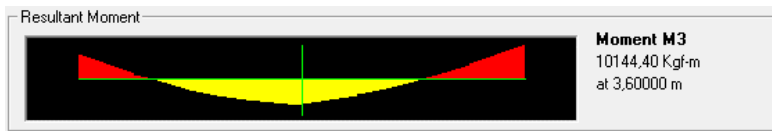
Direncanakan balok anak dengan data sebagai berikut:

Bentang (L)	= 7200 mm
Dimensi	= 350 mm x 500 mm
Cover (ts)	= 40 mm
Mutu beton f_c'	= 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 390 Mpa, > d 12 mm
Mutu baja (f_y)	= 240 Mpa, < d 12 mm
Tulangan lentur	= D19
Tulangan geser	= $\emptyset 10$
Faktor reduksi kekuatan lentur (\emptyset)	= 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	
Faktor reduksi kekuatan geser (\emptyset)	= 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP 2000 v.14 dengan kombinasi pembebanan 1,2D +1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



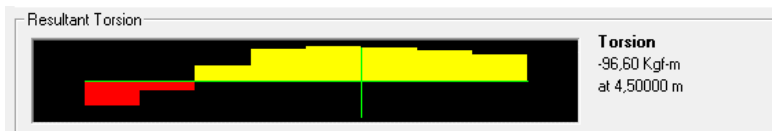
μ tumpuan = 14580,3 Kg.m



μ lapangan = 10144,4 Kg.m



$V_u = 9354,25$ Kg



$T_u = 96,6$ Kg.m

7.3.2 Perhitungan Tulangan Tumpuan

Untuk $f_c' = 35$ Mpa,

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - sengkang - \frac{D \text{ lentur}}{2}$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} = 440,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} \right) = 0,028$$

$$Mu = 14580,3 \text{ Kg.m} = 145.803.000 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{145.803.000 \text{ N.mm}}{0,9} = 162.003.333 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{162.003.333 \text{ N.mm}}{350 \text{ mm} \cdot (440,5 \text{ mm})^2} = 2,385 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 2,385 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0064$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho = 0,0064$

Sehingga :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0064 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 984,184 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **5-D19**

$$As_{\text{pakai}} = 1417,644 \text{ mm}^2 > 984,184 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*:

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot b} = \frac{1417,644 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 53,098 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{53,098 \text{ mm}}{440,5 \text{ mm}} = 0,121$$

$$0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (5 \cdot 19 \text{ mm})}{5-1}$$

$$s = 38,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

7.3.3 Perhitungan Tulangan Lapangan

Untuk $f_c' = 35 \text{ Mpa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - sengkang - \frac{D \text{ lentur}}{2}$$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2} = 440,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600+390 \text{ Mpa}}\right) = 0,028$$

$$Mu = 10144,4 \text{ Kg.m} = 101.444.000 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{101.444.000 \text{ N.mm}}{0,9} = 112.715.556 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{112.715.556 \text{ N.mm}}{350 \text{ mm} \cdot (440,5 \text{ mm})^2} = 1,659 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,649 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0044$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho = 0,0044$

Sehingga :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 675,504 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **3-D19**

$$As \text{ pakai} = 850,586 \text{ mm}^2 > 675,504 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Cek apakah penampang tension-controlled:

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,586 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 31,859 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{31,859 \text{ mm}}{440,5 \text{ mm}} = 0,072$$

$$0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

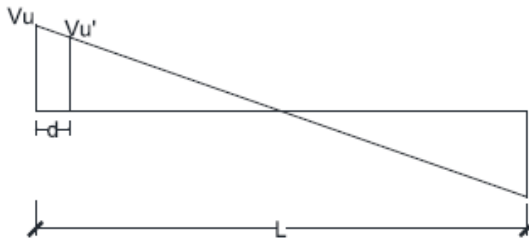
$$s = \frac{b - 2 \cdot t_s - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (3 \cdot 19 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$s = 96,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

7.3.4 Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1*.



Gambar 7.15 Diagram Gaya Geser pada Balok Anak

$$V_u = 9354,25 \text{ kg} = 93,543 \text{ kN}$$

$$V_{u'} = \frac{V_u}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$V_{u'} = \frac{93,543 \text{ kN}}{2} \cdot \left(\frac{7200 \text{ mm}}{2} - 440,5 \text{ mm} \right) = 82,097 \text{ kN}$$

Kuat Geser beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)

Dimana:

$\lambda = 1$ untuk beton normal (SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1)

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 155.058,972 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 155.058,972 \text{ N} = 116,294 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 116,294 \text{ kN} = 53,147 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_s \text{ min} = 0,33 b_w \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.5.3)}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm} = 50.877,75 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9)}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm} = 601993,66 \text{ N}$$

Kondisi 1

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

$$93,543 \text{ kN} \leq 53,147 \text{ kN} \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

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

$$53,147 \text{ kN} \leq 93,543 \text{ kN} \leq 116,294 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi})$$

Karena termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum.

Jika digunakan sengkang 2 kaki Ø10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 440,5 \text{ mm}}{50.877,75 \text{ N}}$$

$$s = 530,399 \text{ mm}$$

Diambil $s = 200 \text{ mm}$

Kontrol Spasi Tulangan Geser

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.5.1* bahwa batas spasi tulangan maksimum adalah $d/2$

$$s \text{ maks} = \frac{d}{2} = \frac{340,5 \text{ mm}}{2} = 170,25 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} \leq 300$$

Jadi dipakai $s = 200 \text{ mm}$

Dipakai sengkang **2 kaki $\Phi 10-200 \text{ mm}$**

7.3.5 Perhitungan Penulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1*:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c}\right)$$

Dimana:

$$T_u = 99,6 \text{ kg.m} = 966.000 \text{ N.mm}$$

$$V_u = 9354,25 \text{ kg} = 93542,5 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \cdot t_s - \phi \text{ sengkang}$$

$$b_h = 350 - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 = 260 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot t_s - \phi \text{ sengkang}$$

$$h_h = 500 - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 = 410 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (260 + 410) = 1340 \text{ mm}$$

$$A_h = b_h \times h_h = 260 \times 410 = 106.600 \text{ mm}^2$$

Torsi minimum:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (beton normal) *SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1*

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \times h = 350 \times 500 = 175000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (350 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1700 \text{ mm}$$

$$Tu_{min} = \emptyset. 0,083. \lambda. \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{min} = 0,75. 0,083. 1. \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)^2}{1700 \text{ mm}} \right)$$

$$Tu_{min} = 6.634.383,22 \text{ N.mm}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \emptyset. \frac{\sqrt{f'c}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75. \frac{\sqrt{35 \text{ Mpa}}}{3} \cdot \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)^2}{1700 \text{ mm}} \right)$$

$$Tu = 26.644.109,3 \text{ N.mm}$$

Karena nilai Tu terjadi $< Tu_{min}$, maka dipakai $Tu_{pakai} = 6.634.383,22 \text{ N.mm}$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2} \right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{93542,5 \text{ N}}{350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}} \right)^2 + \left(\frac{6.634.383,22 \text{ N.mm} \cdot 1340 \text{ mm}}{1,7 \cdot (106.600 \text{ mm}^2)^2} \right)^2} \\ &= 0,762 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\emptyset \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{155.059 \text{ N}}{350 \text{ mm} \cdot 440,5 \text{ mm}} + 0,66 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \right)$$

$$= 3,683 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2} \right)^2} \leq \emptyset \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \text{ (OKE)}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:
 $Tu < Tu_{min}$

$$Tu < \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$966.000 \text{ N} \cdot \text{mm} < 6.634.383,22 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Karena $Tu < Tu \text{ min}$ maka **dipasang tulangan torsi minimum.**

3. Perhitungan tulangan transversal penahan torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai Ao dapat diambil sama dengan $0,85 \times Aoh$ dan nilai $\theta = 45^\circ$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6)

$$Ao = 0,85 \times Aoh = 0,85 \times 106.600 \text{ mm}^2 = 90.610 \text{ mm}^2$$

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyt}{s} \cot \theta$$

$$\frac{Tu}{\emptyset} = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyt}{s} \cot \theta$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tu}{\emptyset \cdot 2 \cdot Ao \cdot fyt \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{6.634.383,22 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,75 \cdot 2 \cdot 90.610 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 0,0125 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fyv \cdot d} = \frac{50.877,75 \text{ N}}{240 \text{ Mpa} \cdot 440,5 \text{ mm}} = 0,481 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 0,481 \text{ mm}^2/\text{mm} + 2(0,0125 \text{ mm}^2/\text{mm})$$

$$\frac{Avt}{s} = 0,731 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang sebelum torsi **2 kaki $\Phi 10$ -200 mm**

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{200 \text{ mm}} = 0,785 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{Av \text{ pakai}}{s} > \frac{Avt}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang sudah cukup untuk menahan torsi.

Jadi tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi tetap **2 kaki $\Phi 10$ -200 mm.**

4. Perhitungan tulangan penahan longitudinal penahan torsi
Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7* tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A\lambda = \frac{A_T}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga,

$$A\lambda = 0,0125 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 1340 \text{ mm} \cdot \left(\frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot 1^2$$

$$A\lambda = 103,21 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan $A\lambda$ secara sama sama, diasumsikan $\frac{1}{4} A\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $\frac{1}{4} A\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $\frac{1}{2} A\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm

$$\frac{A\lambda}{4} = 25,802 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang **2 D10 mm**, $A_s = 157,08 \text{ mm}^2$, dipasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.

7.3.6 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*)

- $d = 440,5 \text{ mm}$

- $12 d_b = 12 \times 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$

- $\ell_n/16 = 7200 \text{ mm} / 16 = 450 \text{ mm}$

diambil nilai terbesar yakni 450 mm

- Mencari nilai ℓ_d (*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2*):

Diketahui nilai:

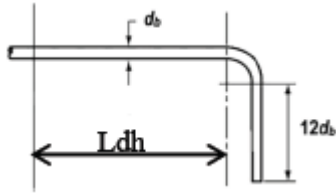
$$d_b = 19 \text{ mm} ; \psi_s = 1,0 ; \psi_t = 1,0 ; \lambda = 1 ; \psi_e = 1,0$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1 \cdot 1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 596,437 \text{ mm}$$

diambil nilai $\ell_d = 600 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan berkait

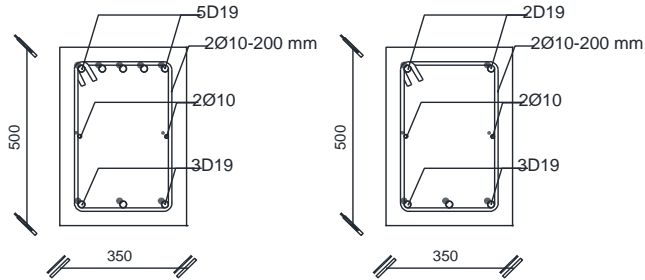


Gambar 7.16 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

$$\ell dh = \left(\frac{0,24 \cdot \psi e \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 390 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

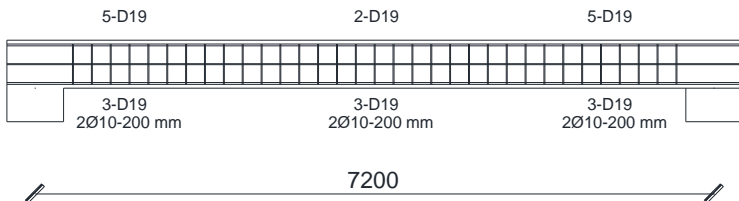
$$\ell dh = 324,69 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12 \cdot db = 12 \cdot 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$



Tumpuan

Lapangan

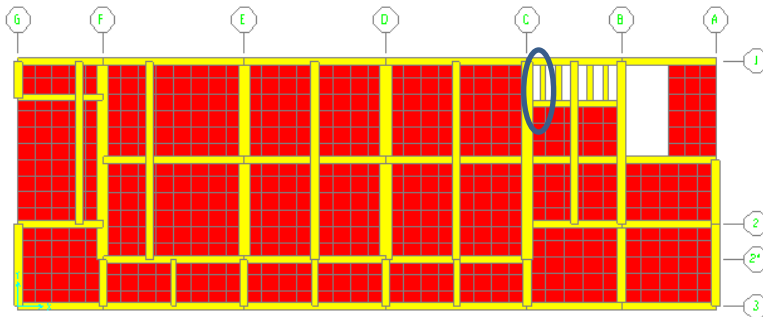


Gambar 7.17 Penulangan Balok Anak 35/50

7.4 Perhitungan Struktur Balok Lift

7.4.1 Data Perencanaan

Pada perhitungan balok anak, balok yang ditinjau adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14



Gambar 7.18 Balok Lift yang Ditinjau

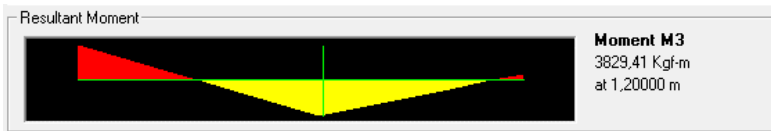
Direncanakan balok lift dengan data sebagai berikut:

Bentang (L)	= 2180 mm
Dimensi	= 300 mm x 400 mm
Cover (ts)	= 40 mm
Mutu beton f_c'	= 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 390 Mpa, > d 12 mm
Mutu baja (f_y)	= 240 Mpa, < d 12 mm
Tulangan lentur	= D19
Tulangan geser	= D10
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP 2000 v.14 dengan kombinasi pembebanan 1,2D +1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



Mu tumpuan = 3943,18 Kg.m



Mu lapangan = 3829,41 Kg.m



$V_u = 6887,14 \text{ Kg}$



$T_u = 363,61 \text{ Kg.m}$

7.4.2 Perhitungan Tulangan Tumpuan

Untuk $f_c' = 35 \text{ Mpa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - sengkang - \frac{D \text{ lentur}}{2}$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} = 440,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600+390 \text{ Mpa}} \right) = 0,028$$

$$Mu = 3943,18 \text{ Kg.m} = 39.431.800 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{39.431.800 \text{ N.mm}}{0,9} = 43.813.111,11 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{43.813.111,11 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (340,5 \text{ mm})^2} = 1,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,26 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0033$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho = 0,00359$

Sehingga :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 366,692 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **2-D19**

$$As_{\text{pakai}} = 567,057 \text{ mm}^2 > 366,692 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*:

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{567,057 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 24,779 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{24,779 \text{ mm}}{340,5 \text{ mm}} = 0,073$$

$$0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$s = 162 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

7.4.3 Perhitungan Tulangan Lapangan

Untuk $f_c' = 35 \text{ Mpa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - sengkang - \frac{D \text{ lentur}}{2}$$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2} = 440,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600+390 \text{ Mpa}}\right) = 0,028$$

$$Mu = 3829,41 \text{ Kg.m} = 38.294.100 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{b \cdot d} = \frac{38.294.100 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (340,5 \text{ mm})^2} = 42.549.000 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{\phi \cdot Mn}{b \cdot d^2} = \frac{0,9 \cdot 42.549.000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (340,5 \text{ mm})^2} = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,22 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0032$$

Karena $\rho < \rho \text{ min}$, maka dipakai $\rho = 0,00359$

Sehingga :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 366,692 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai **2-D19**

$$As \text{ pakai} = 567,057 \text{ mm}^2 > 366,692 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*:

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{567,057 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 24,779 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{24,779 \text{ mm}}{340,5 \text{ mm}} = 0,073$$

$$0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

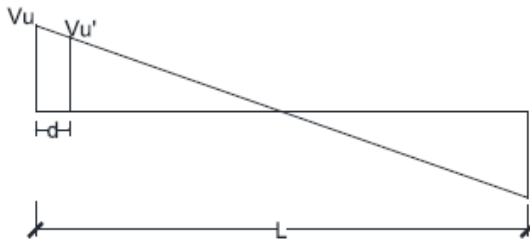
$$s = \frac{b - 2 \cdot t_s - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$s = 162 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

7.4.4 Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1*.



Gambar 7.19 Diagram Gaya Geser pada Balok Anak

$$V_u = 6887,14 \text{ kg} = 68,871 \text{ kN}$$

$$V_{u'} = \frac{V_u}{\frac{L}{2}} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$V_{u'} = \frac{68,871 \text{ kN}}{\frac{2180 \text{ mm}}{2}} \cdot \left(\frac{2180 \text{ mm}}{2} - 340,5 \text{ mm} \right) = 47,357 \text{ kN}$$

Kuat Geser beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1})$$

Dimana:

$\lambda = 1$ untuk beton normal (SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1)

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 102.735,684 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 102.735,684 \text{ N} = 77,052 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 77,052 \text{ kN} = 38,526 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_s \text{ min} = 0,33 b_w \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.5.3)}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm} = 33.709,5 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9)}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{35} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm} = 398856,18 \text{ N}$$

Kondisi 1

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

$$68,871 \text{ kN} \leq 38,526 \text{ kN} \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

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

$$38,526 \text{ kN} \leq 68,871 \text{ kN} \leq 77,052 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

Karena termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tuangan geser minimum.

Jika digunakan sengkang 2 kaki $\emptyset 10$

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 340,5 \text{ mm}}{33.709,5 \text{ N}}$$

$$s = 618,799 \text{ mm}$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}$

Kontrol Spasi Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.5.1 bahwa batas spasi tulangan maksimum adalah $d/2$

$$s \text{ maks} = \frac{d}{2} = \frac{340,5 \text{ mm}}{2} = 170,25 \text{ mm}$$

$s \text{ maks} \leq 300$

Jadi dipakai $s = 150 \text{ mm}$

Dipakai sengkang **2 kaki $\Phi 10-150 \text{ mm}$**

7.4.5 Perhitungan Penulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1*:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A_o h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66\sqrt{f'c}\right)$$

Dimana:

$$Tu = 363,61 \text{ kg.m} = 3.636.100 \text{ N.mm}$$

$$Vu = 6887,14 \text{ kg} = 68.871,4 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \cdot ts - \phi \text{ sengkang}$$

$$b_h = 300 - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot ts - \phi \text{ sengkang}$$

$$h_h = 400 - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 10 = 310 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210 + 310) = 1040 \text{ mm}$$

$$A_h = b_h \times h_h = 210 \times 310 = 65.100 \text{ mm}^2$$

Torsi minimum:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (beton normal) *SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1*

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \times h = 300 \times 400 = 120.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1400 \text{ mm}$$

$$Tu_{min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

$$Tu_{min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{(120.000 \text{ mm}^2)^2}{1400 \text{ mm}}\right)$$

$$Tu_{min} = 3.787.981,37 \text{ N.mm}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \emptyset \cdot \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35 \text{ Mpa}}}{3} \cdot \left(\frac{(120.000 \text{ mm}^2)^2}{1400 \text{ mm}} \right)$$

$$Tu = 15.212.776,6 \text{ N.mm}$$

Karena nilai Tu terjadi $< Tu \text{ min}$, maka dipakai $Tu_{pakai} = 3.787.981,37 \text{ N.mm}$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2} \right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{68.871,4 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}} \right)^2 + \left(\frac{3.787.981,37 \text{ N.mm} \cdot 1040 \text{ mm}}{1,7 \cdot (65.100 \text{ mm}^2)^2} \right)^2}$$

$$= 0,868 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{102.735,7 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}} + 0,66 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \right)$$

$$= 3,683 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2} \right)^2} \leq \emptyset \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \text{ (OKE)}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1*, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:
 $Tu < Tu \text{ min}$

$$Tu < \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$3.636.100 \text{ N.mm} < 3.787.981,37 \text{ N.mm}$$

Karena $Tu < Tu \text{ min}$ maka **dipasang tulangan torsi minimum**.

3. Perhitungan tulangan transversal penahan torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai Ao dapat diambil sama dengan $0,85 \times Aoh$ dan nilai $\theta = 45^\circ$ (*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6*)

$$Ao = 0,85 \times Aoh = 0,85 \times 65.100 \text{ mm}^2 = 55.335 \text{ mm}^2$$

$$Tn = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{Tu}{\emptyset} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{Tu}{\emptyset \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{3.787.981,37 \text{ N.mm}}{0,75 \cdot 2 \cdot 55.335 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_T}{s} = 0,117 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{33.709,5 \text{ N}}{240 \text{ Mpa} \cdot 340,5 \text{ mm}} = 0,647 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_T}{s}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = 0,4125 \text{ mm}^2/\text{mm} + 2(0,117 \text{ mm}^2/\text{mm})$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = 0,647 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang sebelum torsi **2 kaki $\Phi 10-200 \text{ mm}$**

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{150 \text{ mm}} = 1,047 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang sudah cukup untuk menahan torsi.

Jadi tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi tetap **2 kaki $\Phi 10-150 \text{ mm}$** .

4. Perhitungan tulangan penahan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A\lambda = \frac{A_T}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga,

$$A\lambda = 0,117 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 1040 \text{ mm} \cdot \left(\frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot 1^2$$

$$A\lambda = 74,891 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan $A\lambda$ secara sama sama, diasumsikan $\frac{1}{4} A\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $\frac{1}{4} A\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $\frac{1}{2} A\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm

$$\frac{A\lambda}{4} = 18,723\text{mm}^2$$

Digunakan batang **2 D10 mm**, $A_s = 157,08 \text{ mm}^2$, dipasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.

7.4.6 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)

- $d = 340,5 \text{ mm}$

- $12 d_b = 12 \times 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$

- $\ell_n/16 = 2180 \text{ mm} / 16 = 136,25 \text{ mm}$

diambil nilai terbesar yakni $340,5 \text{ mm}$

- Mencari nilai ℓ_d (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai:

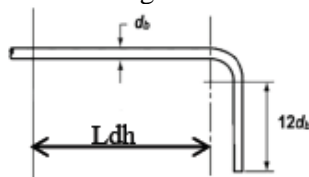
$$d_b = 19 \text{ mm} ; \psi_s = 1,0 ; \psi_t = 1,0 ; \lambda = 1 ; \psi_e = 1,0$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 596,437 \text{ mm}$$

diambil nilai $\ell_d = 600 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan berkait

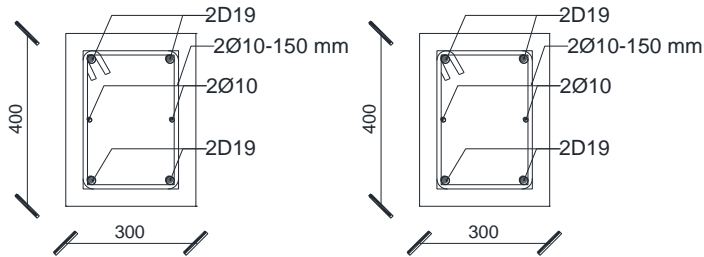


Gambar 7.20 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

$$\ell dh = \left(\frac{0,24 \cdot \psi e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 390 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

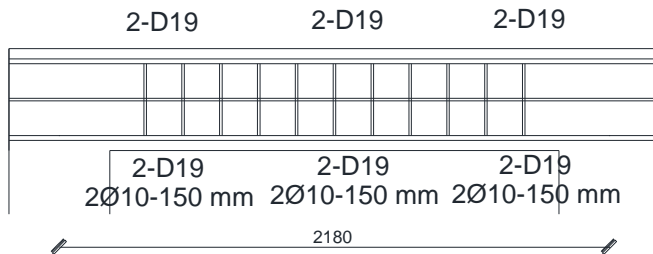
$$\ell dh = 324,69 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12 \cdot db = 12 \cdot 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$



Tumpuan

Lapangan

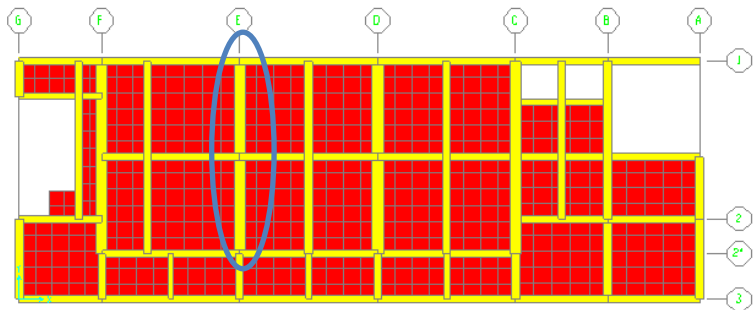


Gambar 7.21 Penulangan Balok Lift 30/40

BAB VIII ANALISIS STRUKTUR PRIMER

8.1 Perhitungan Struktur Balok Induk

Contoh perhitungan tulangan balok dipilih pada balok dengan nilai momen terbesar yaitu BI 1 (60 cm x 85 cm). Hasil perhitungan balok lainnya akan disajikan dalam bentuk tabel. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMK.



Gambar 8.1 Balok Induk yang ditinjau

8.1.1 Data Perencanaan:

- Tipe Balok : BI 1
- Bentang balok : 10050 mm
- Dimensi balok : 600 mm x 850 mm
- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 390 Mpa, > d 12 mm
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa, < d 12 mm
- Diameter tulangan lentur : D – 25
- Diameter tulangan geser : D – 13
- Diameter tulangan puntir : D – 16
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

8.1.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan balok, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada balok, $P_u < A_g \cdot f'_c / 10$

$$P_u = 71,769 \text{ kN} < \frac{(600 \times 850) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{10}$$

$$P_u = 71,769 \text{ kN} < 1785 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$

- b. Bentang bersih untuk komponen struktur, $l_n \geq 4d$

$$d = h \text{ balok} - t_s - \text{sengkang} - \left(\frac{D_{\text{lentur}}}{2} \right)$$

$$d = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$l_n = 10050 \text{ mm} \geq 4 \times 784,5 \text{ mm} = 3138 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- c. Lebar komponen, $b_w \geq 0,3 h$ atau **250 mm**

$$b_w = 600 \geq 0,3 \times h = 0,3 \times 850 \text{ mm} = 255 \text{ mm}$$

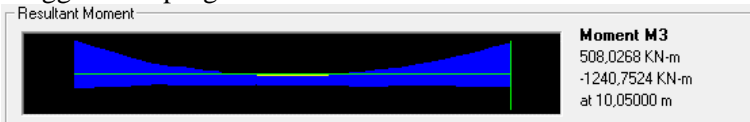
$$b_w = 600 \geq 250 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- d. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3

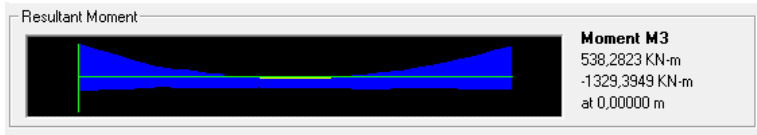
$$\frac{600}{850} = 0,706 > 0,3 \quad (\text{OKE})$$

8.1.3 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

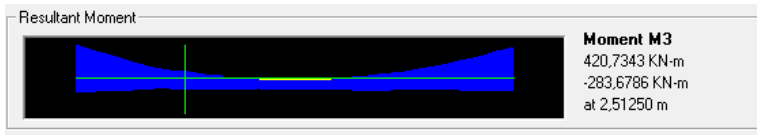
Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14



Gambar 8.2 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan



Gambar 8.3 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri



Gambar 8.4 Hasil Output SAP Momen Lapangan

Tabel 8.1 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	1240,7524
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	508,0268
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	1329,3949
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	508,0268
5	Lapangan	Kanan & Kiri	420,7343

1. **Kondisi 1** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kanan)

$$Mu = -1240,7524 \text{ kN.m} = -1.240.752.400 \text{ N.mm}$$

- Estimasi kebutuhan tulangan awal

Cek momen nominal aktual

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1.240.752.400 \text{ N.mm}}{0,9} = 1.378.613.778 \text{ N.mm}$$

Ambil harga $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, dimana:

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \times d = \frac{600}{600+390 \text{ Mpa}} \times 784,5 \text{ mm} =$$

$$X_b = 475,455 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,75 \times 475,455 \text{ mm} = 356,591 \text{ mm}$$

Diambil harga $X_r = 250 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$A_{sc} = 9153,85 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{nc} = 9153,85 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 \text{ mm} - \frac{0,8 \cdot 250}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2.443.665.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_n - M_{nc} = 1.378.613.778 \text{ N} \cdot \text{mm} - 2.443.665.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_n - M_{nc} = -1.065.051.222 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan “Tulangan Tunggal”

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1.378.613.778 \text{ N} \cdot \text{mm}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 3,733 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 3,733 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0103$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00359 < 0,0103 < 0,025$$

(Memenuhi)

Maka :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0103 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm} = 4830,92 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **12-D25** , As pakai = 5890,49 mm²

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 2 lapis dengan 8 tulangan diatas dan 7 tulangan dibawah.

$$s = \frac{b-2.ts-2.sengakang-(n.D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$s = \frac{600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (6 \cdot 25 \text{ mm})}{6-1}$$

$$s = 68,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$d \text{ baru} = h \text{ balok} - ts - \text{sengakang} - D_{\text{lentur}} - \left(\frac{1}{2} \cdot 30\right)$$

$$d \text{ baru} = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 15 \text{ mm}$$

$$d \text{ baru} = 757 \text{ mm}$$

Cek apakah penampang *tension controlled*

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{5890,49 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}} = 128,7 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{128,7 \text{ mm}}{757 \text{ mm}} = 0,17$$

$$0,357\beta_1 = 0,357 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,357\beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 5890,49 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(757 \text{ mm} - \frac{128,7 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 1.591.218.006 \text{ N} \cdot \text{mm} > Mn = 1.378.613.778 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (\text{OKE})$$

2. **Kondisi 2** (Momen tumpuan kanan akibat goyang ke kiri)

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 ½ kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut.

$$Mu = 508,027 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu = \frac{1}{2} \cdot Mu \text{ negatif} = \frac{1}{2} \cdot 1240,7524 \text{ kN} \cdot \text{m} = 620,376 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Karena $620,376 \text{ kN.m} > 508,027 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah

$M_u = 620,376 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = h \text{ balok} - t_s - \text{sengkang} - \left(\frac{D \cdot \text{lentur}}{2}\right)$$

$$d = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{620,376 \text{ kN.m}}{0,9} = 689,307 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{689,307 \times 10^6 \text{ N.mm}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 1,867 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,867 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0049$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00359 < 0,0049 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka :

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 0,0049 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm} = 2328,47 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{6-D25}, A_s \text{ pakai} = 2945,243 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot t_s - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (6 \cdot 25 \text{ mm})}{6 - 1}$$

$$s = 68,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 2945,243 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 \text{ mm} - \frac{128,7 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 827,197 \text{ kN.m} > Mn = 689,307 \text{ kN.m} \quad (\text{OKE})$$

3. **Kondisi 3** (Momen tumpuan kiri akibat goyang ke kiri)

$$Mu = -1329,3949 \text{ kN.m} = -1.329.394.900 \text{ N.mm}$$

- Estimasi kebutuhan tulangan awal

Cek momen nominal aktual

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1.329.394.900 \text{ N.mm}}{0,9} = 1.477.105.444 \text{ N.mm}$$

Ambil harga $Xr \leq 0,75 Xb$ untuk mencari titik berat, dimana:

$$Xb = \frac{600}{600 + fy} \cdot x \cdot d = \frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} \cdot x \cdot 784,5 = 475,455 \text{ mm}$$

$$Xr = 0,75 \cdot x \cdot 475,455 \text{ mm} = 356,591 \text{ mm}$$

Diambil harga $Xr = 250 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 9153,85 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2}\right)$$

$$Mnc = 9153,85 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 \text{ mm} - \frac{0,8 \cdot 250 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mnc = 2.443.665.000 \text{ N.mm}$$

$$Mn - Mnc = 1.477.105.444 \text{ N.mm} - 2.443.665.000 \text{ N.mm}$$

$$Mn - Mnc = -966.559.556 \text{ N.mm}$$

Karena nilai $Mn - Mnc < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan "Tulangan Tunggal"

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1.477.105.444 \text{ N.mm}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 4,00 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 4,00 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,011$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ maks}$$

$$0,00359 < 0,011 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka :

$$As \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,011 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm} = 5205,14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{12-D25}, As \text{ pakai} = 5890,49 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 2 lapis dengan 8 tulangan diatas dan 7 tulangan dibawah.

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengakang} - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (6 \cdot 25 \text{ mm})}{6 - 1}$$

$$s = 68,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$d \text{ baru} = h \text{ balok} - ts - \text{sengakang} - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \cdot 30\right)$$

$$d \text{ baru} = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 15 \text{ mm}$$

$$d \text{ baru} = 757 \text{ mm}$$

Cek apakah penampang *tension controlled*

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{5890,49 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}} = 128,7 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{128,7 \text{ mm}}{757 \text{ mm}} = 0,17$$

$$0,357\beta_1 = 0,357 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,357\beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 5890,49 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(757 \text{ mm} - \frac{128,7 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 1.591.218.006 \text{ N} \cdot \text{mm} > Mn = 1.477.105.444 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(OKE)

4. **Kondisi 4** (Momen tumpuan kiri akibat goyang ke kanan)
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 $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut.

$$Mu = 508,027 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu = \frac{1}{2} \cdot Mu \text{ negatif} = \frac{1}{2} \cdot 1240,7524 \text{ kN} \cdot \text{m} = 664,698 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Karena $664,698 \text{ kN} \cdot \text{m} > 508,027 \text{ kN} \cdot \text{m}$ maka yang dipakai adalah

$$Mu = 664,698 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = h \text{ balok} - ts - \text{senggang} - \left(\frac{D \cdot \text{lentur}}{2}\right)$$

$$d = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{664,698 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0,9} = 738,553 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{738,553 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 2,00 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0053$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

$$0,00359 < 0,0053 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka :

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As_{perlu} = 0,0053 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm} = 2501,031 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{6-D25}, As \text{ pakai} = 2945,243 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot sengkang - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (6 \cdot 25 \text{ mm})}{6 - 1}$$

$$s = 68,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 2945,243 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 \text{ mm} - \frac{128,7 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 827,197 \text{ kN.m} > Mn = 738,553 \text{ kN.m} \quad (\text{OKE})$$

5. **Kondisi 5** (Momen lapangan akibat goyang ke kanan maupun ke kiri)

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 $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

$$Mu = 420,734 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{4} Mu \text{ terbesar} = \frac{1}{4} \cdot 1329,39 \text{ kN.m} = 332,349 \text{ kN.m}$$

Karena $420,734 \text{ kN.m} > 332,349 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah nilai $Mu = 420,734 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = h \text{ balok} - ts - sengkang - \left(\frac{D \cdot \text{lentur}}{2} \right)$$

$$d = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$d = 784,5 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{420,734 \text{ kN.m}}{0,9} = 467,483 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{467,483 \times 10^6 \text{ N.mm}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 1,266 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,266 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00359 > 0,0033 < 0,025 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Digunakan $\rho = 0,00359$

Maka :

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 0,00359 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm} = 1689,69 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **4-D25** , A_s pakai = $1963,5 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (4 \cdot 25 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$s = 131,333 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}} = 42,9 \text{ mm}$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 \text{ mm} - \frac{42,9 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 584.315.655 \text{ N} \cdot \text{mm} > Mn = 467.483.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(OKE)

Untuk tulangan tekan pada daerah laangan mengikuti *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1* bahwa mengharuskan sekurang-kurangnya ada 2 tulangan yang dibua menerus pada kedua sisi atas dan bawah, sehingga digunakan **3-D25** untuk tulangan tekan

Tabel 8.2 Konfigurasi Penulangan Balok Induk BI 1

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Tulangan	As pakai (mm ²)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	12D25	5890,486
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	6D25	2945,243
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	12D25	5890,486
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	6D25	2945,243
5	Lapangan	Kanan & Kiri	4D25	1963,495

8.1.4 Perhitungan Penulangan Geser Balok

1. Menghitung *Probable Moment Capacities* (M_{pr})

a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (12-D25, As = 5890,486 mm²)

$$a_{pr_1} = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 5890,486 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_1} = 160,875 \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2}\right)$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot 5890,486 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(757 - \frac{160,875}{2}\right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1942,826 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kondisi 4 (6-D25, As = 2945,243 mm²)

$$a_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2945,243 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_4} = 80,437 \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_4}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot 2945,24 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 - \frac{80,437}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1068,64 \text{ kN.m}$$

b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 2 (6-D25, $A_s = 2945,243 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2945,243 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_2} = 80,437 \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_4}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot 2945,24 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(784,5 - \frac{80,437}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1068,64 \text{ kN.m}$$

Kondisi 3 (12-D25, $A_s = 5890,486 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 5890,486 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_3} = 160,875 \text{ mm}$$

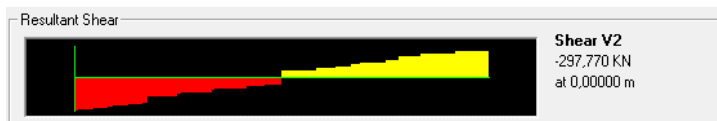
$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot 5890,486 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(757 - \frac{160,875}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_3} = 1942,826 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1L:



Gambar 8.5 Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1L pada Balok yang Ditinjau

Didapatkan $V_g = 297,770 \text{ kN}$

$$\text{Maka: } \omega u = \frac{V_g \cdot 2}{\ell n} = \frac{297,770 \text{ kN} \cdot 2}{10,050 \text{ m}} = 59,258 \text{ kN/m}$$

a. Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan:

- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr.1} + M_{pr.4}}{\ell n} = \frac{1942,826 \text{ kN.m} + 1068,64 \text{ kN.m}}{10,050 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sway}} = 299,649 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

$$= 297,770 \text{ kN} - 299,649 \text{ kN} = 1,89 \text{ (ke bawah)}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 297,770 \text{ kN} + 299,649 \text{ kN} = 597,419 \text{ (ke atas)}$$

- Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr.2} + M_{pr.3}}{\ell n} = \frac{1068,64 \text{ kN.m} + 1942,8267 \text{ kN.m}}{10,050 \text{ m}}$$

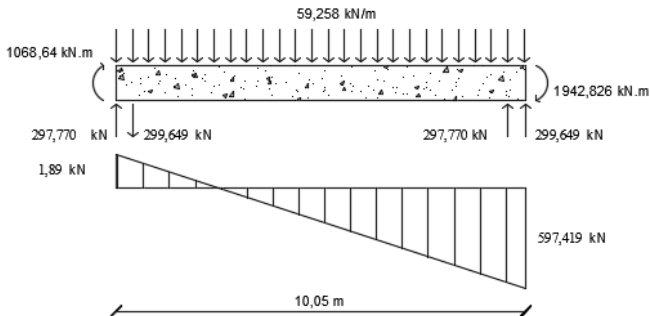
$$V_{\text{sway}} = 299,649 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

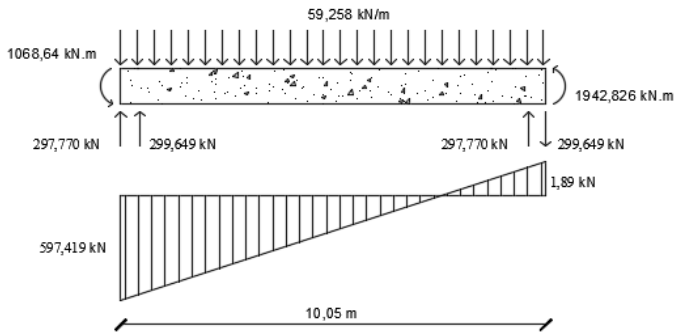
$$= 272,594 \text{ kN} + 299,649 \text{ kN} = 597,419 \text{ (ke atas)}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 297,770 \text{ kN} - 299,649 \text{ kN} = 1,89 \text{ (ke bawah)}$$



Gambar 8.6 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kanan



Gambar 8.7 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kiri

3. Perhitungan Kebutuhan Tulangan 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:

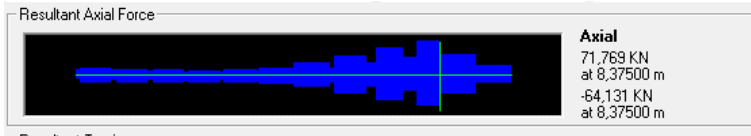
- Gaya geser V sway akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 8.3 Cek Nilai V_{sway} dan V_u

Arah Gerakan Gempa	V_{sway} (kN)	Rekasi Tumpuan kanan		Rekasi Tumpuan kiri		Cek syarat $V_{sway} > 0,5 V$
		V_u (kN)	$0,5 V_u$ (kN)	V_u (kN)	$0,5 V_u$ (kN)	
Kanan	299,6487	597,4187	298,7093378	1,878676	0,93933781	OKE
Kiri	299,6487	1,878676	0,93933781	597,4187	298,7093378	OKE

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi

$$< \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$$



Gambar 8.8 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial

Apabila diketahui $P_u = 71,769 \text{ kN}$

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = \frac{(600 \times 850) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{20} = 892,5 \text{ kN}$$

$71,769 \text{ kN} < 765 \text{ kN}$ (OKE)

Dikarenakan semua nilai terpenuhi, maka nilai $V_c = 0$

a. **Muka kolom kiri** (Diambil nilai V_u terbesar = $597,419 \text{ kN}$)

$V_c = 0$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{597,419 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 796,558 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1856,47 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 796,558 \text{ kN} < 1856,47 \text{ kN}$ (OKE)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 3 kaki

$$(A_v = 3 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2\right) = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,197 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 784,5 \text{ mm}}{796558 \text{ N}} = 152,946 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang **3 kaki D13-125 mm**

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

- $d/4 = 784,5 \text{ mm} / 4 = 196,125 \text{ mm}$
- $6d_b = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yaitu $s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$

Jarak sengkang $125 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$ (OKE)

Jadi dipasang sengkang 3 kaki D13-125 mm disepanjang jarak $2h = 2 \times 850 \text{ mm} = 1700 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

b. **Muka kolom kanan** (Diambil nilai V_u terbesar = 623,102 kN)

$$V_c = 0$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{597,419 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 796,558 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1856,47 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 796,558 \text{ kN} < 1856,47 \text{ kN}$ (OKE)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 3 kaki

$$(A_v = 3 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2\right) = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,197 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 784,5 \text{ mm}}{796558 \text{ N}} = 152,946 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang **3 kaki D13-125 mm**

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2*:

- $d/4 = 784,5 \text{ mm} / 4 = 196,125 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yaitu $s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$

Jarak sengkang $125 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$ (OKE)

Jadi dipasang sengkang 3 kaki D13-125 mm disepanjang jarak $2h = 2 \times 850 \text{ mm} = 1700 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

c. Ujung zona sendi plastis (daerah lapangan)

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak $2h = 2 \times 850 \text{ mm} = 1700 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah

$$V_u = V_u - (2h \cdot \omega u)$$

$$V_u = 597,419 \text{ kN} - (1,7 \text{ m} \times 59,258 \text{ kN/m})$$

$$V_u = 496,681 \text{ kN}$$

Pada daerah ini nilai V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 464,116 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{496,681 \text{ kN}}{0,75} - 464,116 \text{ kN} = 198,124 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1856,47 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 198,124 \text{ kN} < 1856,47 \text{ kN}$ (OKE)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 3 kaki

$$(A_v = 3 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2\right) = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,197 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 784,5 \text{ mm}}{198124 \text{ N}} = 614,919 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang **3 kaki D13-150 mm**

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

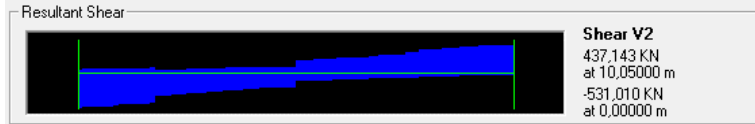
- $d/4 = 784,5 \text{ mm} / 4 = 196,125 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- $s \leq 150 \text{ mm}$

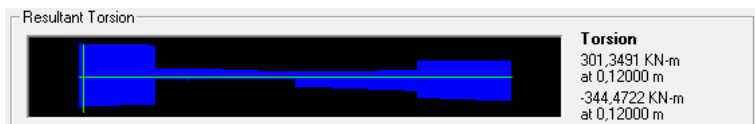
Maka diambil nilai yang terkecil yaitu $s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$

Jarak sengkang $150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$ (OKE)

8.1.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi



Gambar 8.9 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser



Gambar 8.10 Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1*:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'}\right)$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi \text{sengkang} = 600 - 2 \times 40 - 13$$

$$b_h = 507 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi \text{sengkang} = 850 - 2 \times 40 - 13$$

$$h_h = 757 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (507 \text{ mm} + 757 \text{ mm})$$

$$P_h = 2528 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 507 \text{ mm} \times 757 \text{ mm} = 383799 \text{ mm}^2$$

$$Vc = 0,17 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$Vc = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm} = 473399 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$T_u = \phi \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) = 0,75 \frac{\sqrt{35 \text{ Mpa}}}{3} \left(\frac{510000^2}{2900} \right)$$

$$T_u = 132.652.788,9 \text{ N. mm}$$

Torsi minimum:

$$T_u = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (beton normal) *SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1*

ϕ = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir

$$A_{cp} = b \times h = 600 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 510000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (600 \text{ mm} + 850 \text{ mm}) = 2900 \text{ mm}$$

$$T_u = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{510000^2}{2900} \right)$$

$$T_u = 33.030.544,44 \text{ N. mm}$$

Karena nilai T_u terjadi = 344.372.200 N.mm > T_u max = 132.652.788,9 N.mm, maka dipakai $T_u = 132.652.788,9$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2} \right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{531010 \text{ N}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} \right)^2 + \left(\frac{132.652.788,9 \text{ N.mm} \cdot 2528}{1,7 \cdot (383799 \text{ mm}^2)^2} \right)^2} = 1,751$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{473399 \text{ N}}{600 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}} + 0,66 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \right) = 3,683$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$1,751 \leq 3,683 \text{ (Memenuhi)}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1*, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u < T_u \text{ min}$$

$$344.372.200 \text{ N.mm} > 33.030.544,44 \text{ N.mm}$$

(Perlu Tulangan Torsi)

3. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan 0,85. A_{oh} dan nilai $\theta = 45^\circ$ (*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6*)

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \cdot 383799 \text{ mm}^2 = 326229,2 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\emptyset} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\emptyset \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{132.652.788,90 \text{ N.mm}}{0,75 \cdot 2 \cdot 326229,2 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,695 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- a. Kebutuhan pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan Sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{796,558 \text{ N}}{390 \text{ Mpa} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 2,603 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan Sengkang sesudah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 2,603 + 2 \times 0,695 = 3,994 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan Sengkang terpasang sebelum torsi adalah **3 kaki D13-125 mm**

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2}{125 \text{ mm}} = 3,186 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$ maka tulangan Sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi

b. Kebutuhan pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan Sengkang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{198,124 \text{ N}}{390 \text{ Mpa} \cdot 784,5 \text{ mm}} = 0,648 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan Sengkang sesudah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 0,648 + 2 \times 0,695 = 2,038 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan Sengkang terpasang sebelum torsi adalah **3 kaki D13-150 mm**

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2}{150 \text{ mm}} = 2,655 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka $\frac{Av \text{ pakai}}{s} > \frac{Avt}{s}$ maka tulangan Sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi

4. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7*, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A\lambda = \frac{At}{s} \cdot P_h \cdot \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$A\lambda = 0,695 \cdot 2528 \cdot \left(\frac{390 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}}\right) \cdot \cot^2 45 = 2855,41 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan $A\lambda$ secara sama, diasumsikan $\frac{1}{4} A\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $\frac{1}{4} A\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. penyeimbangannya, $\frac{1}{2} A\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertical irisan penampang web balok dengan spasi pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A\lambda}{4} = 713,852 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang **4 D16 mm** = 804,248 mm² dipasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan

8.1.6 Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 10.6.4*

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right) - 2,5 c_c$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 390 \text{ Mpa} = 260 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = t_s = 40 \text{ mm}$

Sehingga :

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{260}\right) - 2,5 \cdot 40 \text{ mm} = 309,231 \text{ mm}$$

$$\text{Dan tidak melebihi } s_{\text{max}} = 300 \cdot \left(\frac{280}{260}\right) = 323,077 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai $309,231 \text{ mm} < 323,077 \text{ mm}$

8.1.7 Cut-off Points

1. Tulangan negatif di muka kolom kanan dan kiri

Jumlah tulangan atas terpasang adalah 12D25. 4 buah tulangan atas D25 akan dipasang menerus d sepanjang bentang. 8 buah lainnya akan dicut-off sehingga $A_s \text{ sisa} = 1963,495 \text{ mm}^2$. Kuat lentur rencana dengan

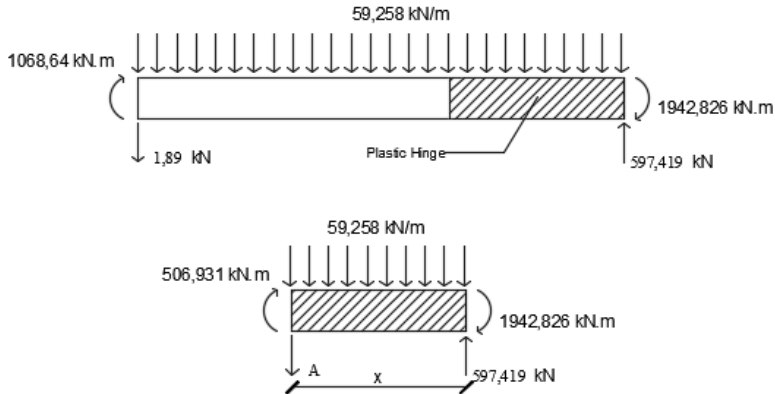
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}} = 42,9 \text{ mm}$$

$$\emptyset Mn = \emptyset \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \cdot 1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(757 \text{ mm} - \frac{42,9 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$\emptyset Mn = 506.931.450,3 \text{ N.mm}$$

$$\emptyset Mn = 506,931 \text{ kN.m}$$



Gambar 8.11 Sketsa Lokasi Penampang dengan Momen 506,931 kN.m pada Balok BI 1 Saat Mengalami Goyangan ke Kanan

Untuk mengetahui lokasi penampang dengan momen negatif rencana 506,931 kN.m pada balok, ambil penjumlahan momen di titik A, yaitu:

$$59,258x \cdot \frac{1}{2}x - 597,419x + (1942,826 - 506,931) = 0$$

$$29,629x^2 - 597,419x + 1435,894 = 0$$

Dengan menggunakan rumus abc didapatkan:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_{1,2} = \frac{-(-597,419) \pm \sqrt{(-597,419)^2 - 4 \cdot 29,629 \cdot 1435,894}}{2 \cdot 29,629}$$

$$x_1 = 17,374 \text{ m}$$

$$x_2 = 2,789 \text{ m}$$

Momen rencana 506,931 kN.m terletak di 2,789 m baik dari muka kolom kanan maupun kiri. Data ini dipakai untuk menentukan lokasi *cut-off point* untuk tulangan 8D25

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.12.3, mengharuskan setidaknya 1/3 tulangan tarik momen negatif pada tumpuan harus ditana melewati titik belok tidak kurang dari d , $12d_b$, $l_n/16$.

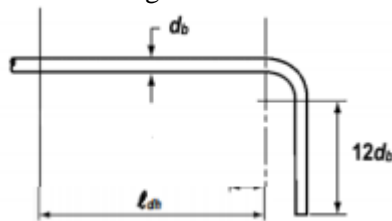
Jadi tulangan 3D25 harus ditanam sepanjang yang terbesar diantara:

1. $2789 \text{ mm} + d = 2789 \text{ mm} + 757 \text{ mm} = 3546,375 \text{ mm}$
2. $2789 \text{ mm} + 12D = 2789 \text{ mm} + (12 \times 25 \text{ mm}) = 3089,375 \text{ mm}$
3. $2789 \text{ mm} + l_n/16 = 2789 \text{ mm} + 10050/16 = 3417,5 \text{ mm}$

Maka tulangan 8D25 ditanamkan sejauh 3600 mm dari muka kolom kanan dan kiri

8.1.8 Panjang Penyaluran

a. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik



Gambar 8.12 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.5.1, nilai l_{dh} harus memenuhi:

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \sqrt{f_c'}} = \frac{390 \text{ Mpa} \cdot 25 \text{ mm}}{5,4 \sqrt{35 \text{ Mpa}}}$$

$$l_{dh} = 305,195 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari:

- $8d_b = 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$
- 150 mm

$$\text{Panjang kait} = 12d_b = 12 \times 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2:

$$\ell_{dc1} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db = \left(\frac{0,24 \cdot 390 \text{ Mpa}}{1 \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc1} = 395,532 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot f_y \cdot db = 0,043 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 25 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 419,25 \text{ mm}$$

diambil nilai $\ell_{dc2} = 450 \text{ mm}$

c. Panjang penyaluran tulangan tarik

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik untuk $D > 22 \text{ mm}$ (D25) yang dibuat kontinu, masing- masing harus di lap-splices satu sama lain minimum sepanjang $\ell_d - 25$:

Diketahui nilai :

$$d_b = 25 \text{ mm} \quad \psi_s = 1,0$$

$$\psi_t = 1,0 \quad \lambda = 1,0$$

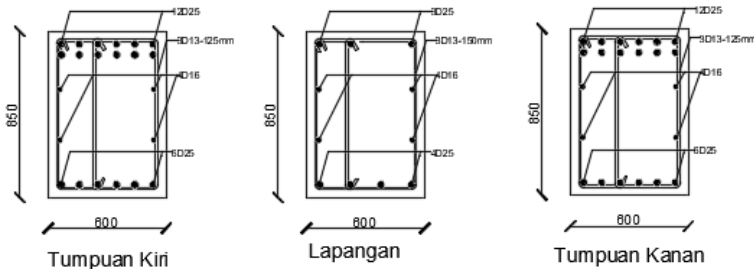
$$\psi_e = 1,0$$

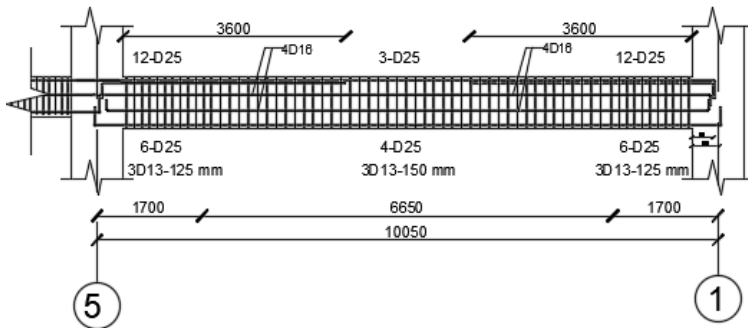
$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_s}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

$$\ell_d = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 969,442 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 969,442 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

Disepanjang $\ell_d - 25$, sambungan kedua tulangan harus diikat oleh Senggang tertutup dengan spasi max yang terkecil antara $d/4$ dan 100 mm

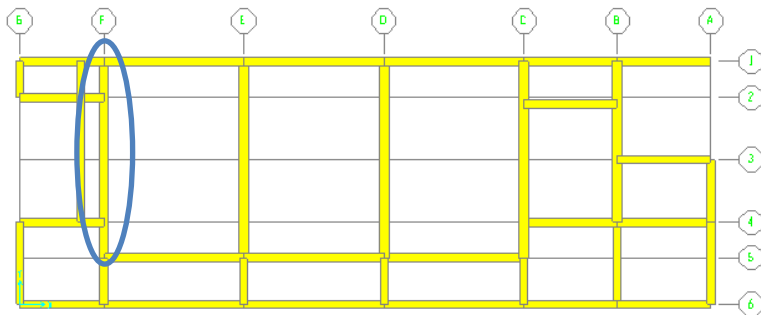




Gambar 8.13 Detail Penulangan Balok BI 1 60/85

8.2 Perhitungan Struktur Balok Sloof

Contoh perhitungan tulangan balok sloof dipilih pada balok dengan nilai momen terbesar yaitu TB 1 (50 cm x 75 cm). Hasil perhitungan balok sloof lainnya akan disajikan dalam bentuk tabel. Berikut ini adalah data perencanaan balok sloof berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMK.



Gambar 8.14 Balok Sloof yang ditinjau

8.2.1 Data Perencanaan:

- Tipe sloof : TB 1
- Bentang sloof : 10050 mm

- Dimensi sloof : 500 mm x 750 mm
- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 390 Mpa, > d 12 mm
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa, < d 12 mm
- Diameter tulangan lentur : D – 25
- Diameter tulangan geser : D – 13
- Diameter tulangan puntir : D – 16
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

8.2.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan sloof, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada balok, $P_u < A_g \cdot f'_c / 10$

$$P_u = 228,699 \text{ kN} < \frac{(500 \times 750) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{10}$$

$$P_u = 228,699 \text{ kN} < 1312,5 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$

- b. Bentang bersih untuk komponen struktur, $l_n \geq 4d$

$$d = h \text{ balok} - t_s - \text{senggang} - \left(\frac{D_{\text{lentur}}}{2} \right)$$

$$d = 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$d = 684,5 \text{ mm}$$

$$l_n = 10050 \text{ mm} \geq 4 \times 684,5 \text{ mm} = 2738 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- c. Lebar komponen, $b_w \geq 0,3 h$ atau **250 mm**

$$b_w = 500 \geq 0,3 \times h = 0,3 \times 750 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$$

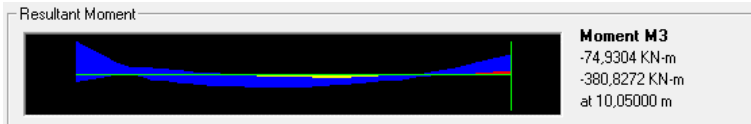
$$b_w = 500 \geq 225 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- d. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3

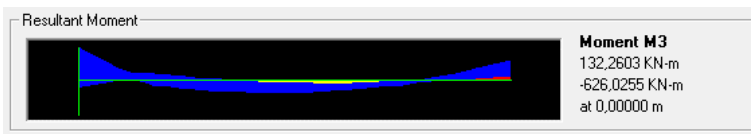
$$\frac{500}{750} = 0,667 > 0,3 \quad (\text{OKE})$$

8.2.3 Perhitungan Penulangan Lentur Sloof

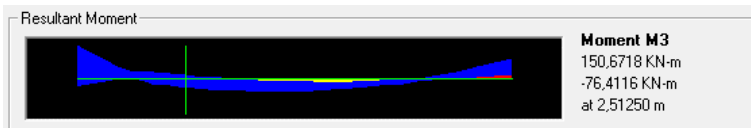
Gaya-gaya dalam yang terjadi pada sloof, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14



Gambar 8.15 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan



Gambar 8.16 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri



Gambar 8.17 Hasil Output SAP Momen Lapangan

Tabel 8.4 Momen Envelope pada sloof akibat beban gravitasi dan beban gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	380,8272
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	74,9304
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	626,0255
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	132,2603
5	Lapangan	Kanan & Kiri	150,6718

1. **Kondisi 1** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kanan)

$$Mu = -380,8272 \text{ kN.m} = -380.827.200 \text{ N.mm}$$

- Estimasi kebutuhan tulangan awal

Cek momen nominal aktual

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{380.827.200 \text{ N.mm}}{0,9} = 423.141.333 \text{ N.mm}$$

Ambil harga $Xr \leq 0,75 Xb$ untuk mencari titik berat, dimana:

$$Xb = \frac{600}{600 + fy} x d = \frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} x 684,5 \text{ mm} = 414,848 \text{ mm}$$

$$Xr = 0,75 x 414,848 \text{ mm} = 311,136 \text{ mm}$$

Diambil harga $Xr = 250 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 7628,205 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2}\right)$$

$$Mnc = 7628,205 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{0,8 \cdot 250 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mnc = 1.738.887.500 \text{ N.mm}$$

$$Mn - Mnc = 423.141.333 \text{ N.mm} - 1.738.887.500 \text{ N.mm}$$

$$Mn - Mnc = -1.315.746.167 \text{ N.mm}$$

Karena nilai $Mn - Mnc < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan “Tulangan Tunggal”

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{423.141.333 \text{ N.mm}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 1,806 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,806 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,0048$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

$$0,00359 < 0,0048 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka :

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As_{perlu} = 0,0048 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 1636,35 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **7-D25** , As pakai = 3436,117 mm²

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot sengkang - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (7 \cdot 25 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$s = 36,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek apakah penampang *tension controlled*

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}} = 90,09 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{90,09 \text{ mm}}{684,5 \text{ mm}} = 0,132$$

$$0,357\beta_1 = 0,357 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,357\beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{90,09 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 856.924.588,9 \text{ N} \cdot \text{mm} > Mn = 423.141.333 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(OKE)

2. **Kondisi 2** (Momen tumpuan kanan akibat goyang ke kiri)

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 ½ kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut.

$$Mu = 74,9304 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$M_u = \frac{1}{2} \cdot M_u \text{ negatif} = \frac{1}{2} \cdot 380,8272 \text{ kN.m} = 190,414 \text{ kN.m}$

Karena $190,414 \text{ kN.m} > 74,9304 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah

$M_u = 190,414 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = h \text{ balok} - t_s - \text{sengkang} - \left(\frac{D_{\text{lentur}}}{2} \right)$$

$$d = 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$d = 684,5 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{190,414 \text{ kN.m}}{0,9} = 211,571 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{211,571 \times 10^6 \text{ kN N.mm}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 0,903 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'} } = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,903 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,024$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,00359 > 0,024 < 0,025$$

(Tidak Memenuhi)

$$\text{Digunakan } \rho = 0,00359$$

Maka :

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 0,00359 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 1228,59 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{7-D25}, A_s \text{ pakai} = 3436,117 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot t_s - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (7 \cdot 25 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$s = 36,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{90,09 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 856.924.588,9 \text{ N} \cdot \text{mm} > Mn = 211.571.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(OKE)

3. **Kondisi 3** (Momen tumpuan kiri akibat goyang ke kiri)

$$Mu = -626,0255 \text{ kN} \cdot \text{m} = -626.025.500 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Estimasi kebutuhan tulangan awal

Cek momen nominal aktual

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{626.025.500 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,9} = 695.583.888,9 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Ambil harga $Xr \leq 0,75 Xb$ untuk mencari titik berat, dimana:

$$Xb = \frac{600}{600 + fy} \times d = \frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} \times 684,5 \text{ mm} = 414,849 \text{ mm}$$

$$Xr = 0,75 \times 414,849 \text{ mm} = 311,136 \text{ mm}$$

Diambil harga $Xr = 250 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot b \cdot x}{fy} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 7628,205 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2}\right)$$

$$Mnc = 7628,205 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{0,8 \cdot 250 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mnc = 1.738.887.500 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Mn - Mnc = 626.025.500 \text{ N} \cdot \text{mm} - 1.738.887.500 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Mn - Mnc = -1.043.303.611 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Karena nilai $Mn - Mnc < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan "Tulangan Tunggal"

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{695.583.888,9 \text{ N.mm}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 2,969 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fcr} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 2,969 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,008$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ maks}$$

$$0,00359 < 0,008 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka :

$$As \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,008 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 2750,51 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{7-D25}, As \text{ pakai} = 3436,117 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (7 \cdot 25 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$s = 36,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek apakah penampang *tension controlled*

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fcr \cdot b} = \frac{3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}} = 90,09 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{90,09 \text{ mm}}{684,5 \text{ mm}} = 0,132$$

$$0,357\beta_1 = 0,357 \cdot 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,357\beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{90,09 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn = 856.924.588,9 \text{ N} \cdot \text{mm} > Mn = 695.583.888,9 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(OKE)

4. **Kondisi 4** (Momen tumpuan kiri akibat goyang ke kanan)

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 $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut.

$$Mu = 132,260 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu = \frac{1}{2} \cdot Mu \text{ negatif} = \frac{1}{2} \cdot 626,0255 \text{ kN} \cdot \text{m} = 313,013 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Karena $313,013 \text{ kN} \cdot \text{m} > 132,260 \text{ kN} \cdot \text{m}$ maka yang dipakai adalah $Mu = 313,013 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = h \text{ balok} - ts - \text{senggang} - \left(\frac{D_{\text{lentur}}}{2}\right)$$

$$d = 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$d = 684,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{313,013 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0,9} = 347,792 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{347,792 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 1,485 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,485 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}}\right) = 0,004$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ maks}$$

$$0,00359 < 0,004 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka :

$$As \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 1228,59 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{7-D25}, As \text{ pakai} = 3436,117 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (7 \cdot 25 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$s = 36,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{90,09 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 856.924.588,9 \text{ N.mm} > Mn = 347.792.000 \text{ N.mm}$$

(OKE)

5. **Kondisi 5** (Momen lapangan akibat goyang ke kanan maupun ke kiri)

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 $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

$$Mu = 150,672 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{4} Mu \text{ terbesar} = \frac{1}{4} \cdot 626,026 \text{ kN.m} = 156,506 \text{ kN.m}$$

Karena $156,506 \text{ kN.m} > 150,672 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah nilai $Mu = 156,506 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = h \text{ balok} - ts - \text{sengkang} - \left(\frac{D \cdot \text{lentur}}{2} \right)$$

$$d = 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$d = 684,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{156,506 \text{ kN.m}}{0,9} = 173,896 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{173,896 \times 10^6 \text{ N.mm}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 0,742 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,742 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0019$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek persyaratan :

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ maks}$$

$$0,00359 > 0,0019 < 0,025 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Maka :

$$As \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 1228,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{7-D25}, \text{ As pakai} = 3436,117 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

Dipasang 1 lapis

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{500 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (7 \cdot 25 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$s = 36,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}} = 90,09 \text{ mm}$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 \text{ mm} - \frac{90,09 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 856.924.589 \text{ N.mm} > Mn = 173.896.000 \text{ N.mm}$$

(OKE)

Untuk tulangan tekan pada daerah laangan 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 **7-D25** untuk tulangan tekan

Tabel 8.5 Konfigurasi Penulangan Balok Induk BI 1

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Tulangan	As pakai (mm ²)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	7D25	3436,117
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	7D25	3436,117
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	7D25	3436,117
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	7D25	3436,117
5	Lapangan	Kanan & Kiri	7D25	3436,117

8.2.4 Perhitungan Penulangan Geser Balok

1. Menghitung *Probable Moment Capacities* (M_{pr})

a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (7-D25, As = 3436,117 mm²)

$$a_{pr_1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_1} = 112,622 \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot 3436,117 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 - \frac{112,622}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1052,292 \text{ kN.m}$$

Kondisi 4 (4-D25, As = 1963,495 mm²)

$$a_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_4} = 64,35 \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_4}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot 1963,495 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 - \frac{64,35}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 624,408 \text{ kN.m}$$

b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 2 (4-D25, $A_s = 1963,495 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_2} = 64,35 \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_2}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot 1963,495 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 - \frac{64,35}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 624,408 \text{ kN.m}$$

Kondisi 3 (7-D25, $A_s = 3436,117 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 3436,117 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_3} = 112,622 \text{ mm}$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_3}}{2} \right)$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot 3436,117 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(684,5 - \frac{112,622}{2} \right) \text{ mm}$$

$$M_{pr_3} = 1052,292 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1L:



Gambar 8.18 Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1L pada Balok yang Ditinjau

Didapatkan $V_g = 194,102 \text{ kN}$

$$\text{Maka: } \omega u = \frac{Vg \cdot 2}{\ell n} = \frac{194,102 \text{ kN} \cdot 2}{10,050 \text{ m}} = 38,627 \text{ kN/m}$$

b. Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan:

- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr.1} + M_{pr.4}}{\ell n} = \frac{1052,292 \text{ kN.m} + 624,408 \text{ kN.m}}{10,050 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sway}} = 166,836 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

$$= 194,102 \text{ kN} - 166,836 \text{ kN} = 27,266 \text{ (ke bawah)}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 194,102 \text{ kN} + 166,836 \text{ kN} = 360,938 \text{ (ke atas)}$$

- Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr.2} + M_{pr.3}}{\ell n} = \frac{624,4082 \text{ kN.m} + 1052,292 \text{ kN.m}}{10,050 \text{ m}}$$

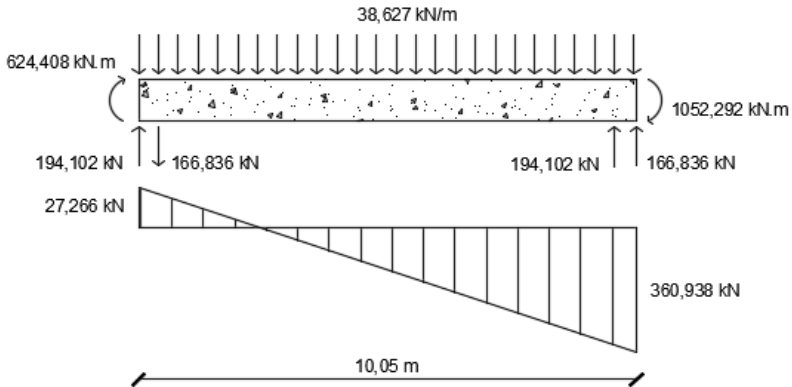
$$V_{\text{sway}} = 166,836 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

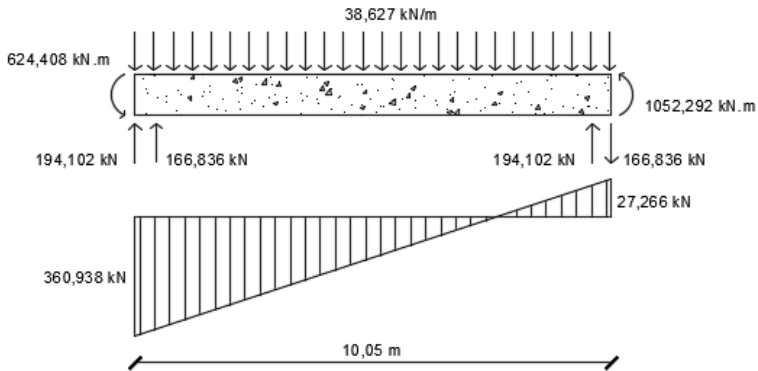
$$= 194,102 \text{ kN} + 166,836 \text{ kN} = 360,938 \text{ (ke atas)}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 194,102 \text{ kN} - 166,836 \text{ kN} = 27,266 \text{ (ke bawah)}$$



Gambar 8.19 Diagram Gaya Geser Goyang ke Kanan



Gambar 8.20 Diagram Gaya Geser Goyang ke Kiri

3. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Sengkok 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:

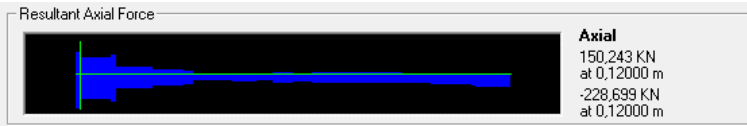
- Gaya geser V sway akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 8.6 Cek Nilai V_{sway} dan V_u

Arah Gerakan	V_{sway}	Rekasi Tumpuan kanan		Rekasi Tumpuan kiri		Cek syarat
		V_u	$0,5 V_u$	V_u	$0,5 V_u$	
Gempa	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{sway} > 0,5 V$
Kanan	209,4113	403,5133	201,7566698	15,30934	7,654669785	OKE
Kiri	209,4113	15,30934	7,654669785	403,5133	201,7566698	OKE

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi

$$< \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$$



Gambar 8.21 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial

Apabila diketahui $P_u = 228,699 \text{ kN}$

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = \frac{(500 \times 750) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{20} = 656,25 \text{ kN}$$

$228,699 \text{ kN} < 656,25 \text{ kN}$ (OKE)

Dikarenakan semua syarat terpenuhi maka nilai $V_c = 0$

a. Muka kolom kiri (Diambil nilai V_u terbesar = 403,513 kN)

$V_c = 0 \text{ kN}$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{403,513 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 538,018 \text{ kN}$$

Menurut *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9*, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1349,852 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 538,018 \text{ kN} < 1349,852 \text{ kN}$ (OKE)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 3 kaki

$$(A_v = 3 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2\right) = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,197 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 684,5 \text{ mm}}{538,018 \text{ N}} = 197,578 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang **3 kaki D13-100 mm**

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2*:

- $d/4 = 684,5 \text{ mm} / 4 = 171,125 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yaitu $s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$
 Jarak sengkang $100 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$ (OKE)

Jadi dipasang sengkang 3 kaki D13-100 mm disepanjang jarak $2h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

b. Muka kolom kanan (Diambil nilai V_u terbesar = 360,937 kN)

$$V_c = 0 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{403,513 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 538,018 \text{ kN}$$

Menurut *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9*, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1349,852 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 538,018 \text{ kN} < 1349,852 \text{ kN}$ (OKE)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 3 kaki

$$(A_v = 3 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2\right)) = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,197 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 684,5 \text{ mm}}{538,018 \text{ N}} = 197,578 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang **3 kaki D13-100 mm**

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2*:

- $d/4 = 684,5 \text{ mm} / 4 = 171,125 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yaitu $s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$
 Jarak sengkang $100 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$ (OKE)

Jadi dipasang sengkang 3 kaki D13-100 mm disepanjang jarak $2h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

c. Ujung zona sendi plastis (daerah **lapangan**)

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak $2h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah

$$V_u = V_u - (2h \cdot \omega u)$$

$$V_u = 403,513 \text{ kN} - (1,5 \text{ m} \times 38,627 \text{ kN/m})$$

$$V_u = 345,572 \text{ kN}$$

Pada daerah ini nilai V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 337,463 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{345,572 \text{ kN}}{0,75} - 337,463 \text{ kN} = 123,300 \text{ kN}$$

Menurut *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9*, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 1349,852 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 123,300 \text{ kN} < 1349,852$ (OKE)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki

$$(A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2\right) = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,465 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 684,5 \text{ mm}}{66533 \text{ N}} = 1065,144 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang **2 kaki D13-150 mm**

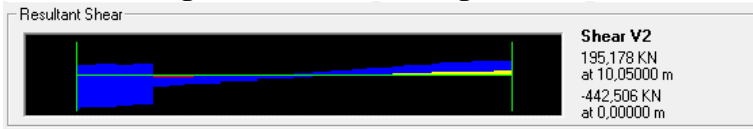
Syarat spasi maksimum tulangan geser balok berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2*:

- $d/4 = 784,5 \text{ mm} / 4 = 196,125 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yaitu $s \text{ maks} = 150 \text{ mm}$

Jarak sengkang $150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$ (OKE)

8.2.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi



Gambar 8.22 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser



Gambar 8.23 Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1*:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'}\right)$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi_{sengkang} = 500 - 2 \times 40 - 13$$

$$b_h = 407 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi_{sengkang} = 750 - 2 \times 40 - 13$$

$$h_h = 657 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (407 \text{ mm} + 657 \text{ mm})$$

$$P_h = 2128 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 407 \text{ mm} \times 657 \text{ mm} = 267399 \text{ mm}^2$$

$$Vc = 0,17 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$Vc = 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 344212,3 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \phi \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right) = 0,75 \frac{\sqrt{35 \text{ Mpa}}}{3} \left(\frac{375000^2}{2500}\right)$$

$$Tu = 83.194.872 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Torsi minimum:

$$T_u = \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (beton normal) *SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1*

\emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir

$$A_{cp} = b \times h = 500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} = 375000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (500 \text{ mm} + 750 \text{ mm}) = 2500 \text{ mm}$$

$$T_u = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{375000^2}{2500} \right)$$

$$T_u = 20.715.523 \text{ N.mm}$$

Karena nilai T_u terjadi = 132.611.400 N.mm > $T_u \text{ max}$ = 83.194.872 N.mm, maka dipakai $T_u \text{ max}$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2} \right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{442.506 \text{ N}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} \right)^2 + \left(\frac{83.194.872 \text{ N.mm} \cdot 2128}{1,7 \cdot (267399 \text{ mm}^2)^2} \right)^2} = 1,948 \end{aligned}$$

$$\emptyset \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{344.212,3 \text{ N}}{500 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm}} + 0,66 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \right) = 3,628$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2} \right)^2} \leq \emptyset \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$1,948 \leq 3,628$$

(Memenuhi)

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1*, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u < T_u \text{ min}$$

$$132.611.400 \text{ N.mm} > 20.715.523 \text{ N.mm}$$

(Perlu Tulangan Torsi)

3. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \cdot 267399 \text{ mm}^2 = 227289,2 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\emptyset} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\emptyset \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{83.194.872 \text{ N.mm}}{0,75 \cdot 2 \cdot 227289,2 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,626 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

a. Kebutuhan pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan Sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{538.018 \text{ N}}{390 \text{ Mpa} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 2,015 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan Sengkang sesudah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 2,015 + 2 \times 0,626 = 3,266 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan Sengkang terpasang sebelum torsi adalah **3 kaki D13-100 mm**

$$\frac{A_v \text{ pakai}}{s} = \frac{3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2}{100 \text{ mm}} = 3,981 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka $\frac{A_v \text{ pakai}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$ maka tulangan Sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi

b. Kebutuhan pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan Sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{123.300 \text{ N}}{390 \text{ Mpa} \cdot 684,5 \text{ mm}} = 0,462 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan Sengkang sesudah torsi:

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 0,462 + 2 \times 0,626 = 1,713 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan Sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2 kaki D13-150 mm**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2}{150 \text{ mm}} = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka $\frac{Av_{pakai}}{s} > \frac{Av_t}{s}$ maka tulangan Sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi

4. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7*, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A\lambda = \frac{At}{s} \cdot P_h \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$A\lambda = 0,626 \cdot 2128 \cdot \left(\frac{390 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \right) \cdot \cot^2 45 = 2163,65 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_λ secara sama, diasumsikan $\frac{1}{4} A_\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $\frac{1}{4} A_\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $\frac{1}{2} A_\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertical irisan penampang web balok dengan spasi pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A\lambda}{4} = 540,9125 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang **2 D19 mm** = 567,0575 mm² dipasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan

8.2.6 Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 10.6.4*

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 390 \text{ Mpa} = 260 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = t_s = 40 \text{ mm}$

Sehingga :

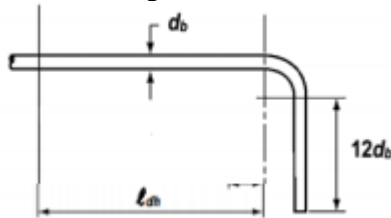
$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{260}\right) - 2,5 \cdot 40 \text{ mm} = 309,231 \text{ mm}$$

$$\text{Dan tidak melebihi } s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{260}\right) = 323,077 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai $309,231 \text{ mm} < 323,077 \text{ mm}$

8.2.7 Panjang Penyaluran

a. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik



Gambar 8.24 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.5.1*, nilai l_{dh} harus memenuhi:

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \sqrt{f'c}} = \frac{390 \text{ Mpa} \cdot 25 \text{ mm}}{5,4 \sqrt{35 \text{ Mpa}}}$$

$$l_{dh} = 3205,195 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari:

- $8d_b = 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$
- 150 mm

Panjang kait = $12d_b = 12 \times 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2*:

$$l_{dc1} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'c}}\right) \cdot d_b = \left(\frac{0,24 \cdot 390 \text{ Mpa}}{1 \sqrt{35 \text{ Mpa}}}\right) \cdot 25 \text{ mm}$$

$$l_{dc1} = 395,5322 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot 25 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 419,25 \text{ mm}$$

diambil nilai $l_{dc1} = 450 \text{ mm}$

c. Panjang penyaluran tulangan tarik

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2* panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik untuk $D > 22$ mm (D25) yang dibuat kontinu, masing- masing harus di lap-splices satu sama lain minimum sepanjang $\ell d - 25$:

Diketahui nilai :

$$d_b = 25 \text{ mm} \quad \psi_s = 1,0$$

$$\psi_t = 1,0 \quad \lambda = 1,0$$

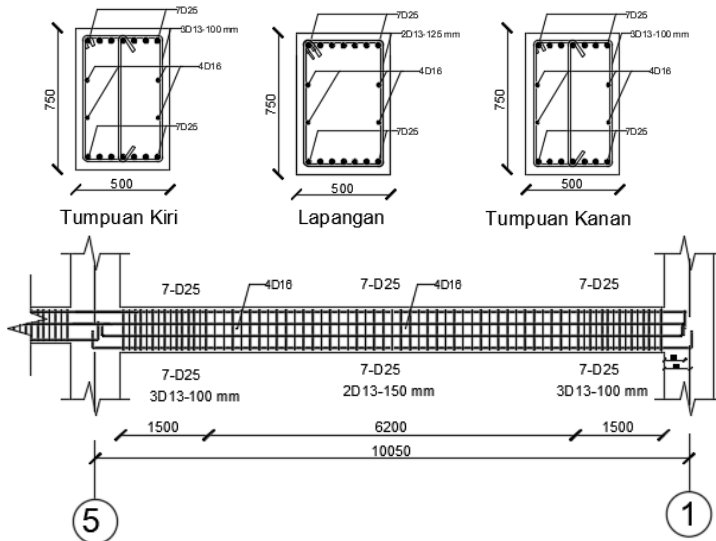
$$\psi_e = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_s}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 969,442 \text{ mm}$$

$$\ell d = 969,442 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

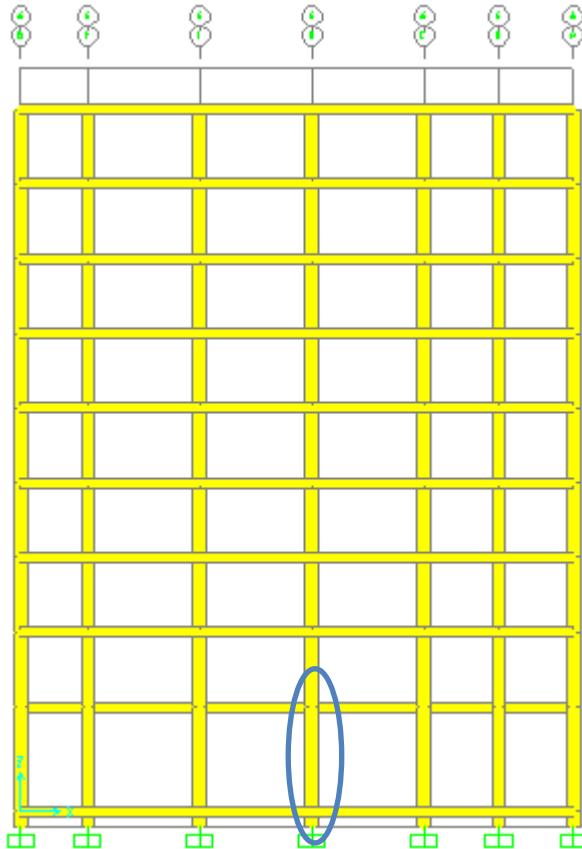
Disepanjang $\ell d - 25$, sambungan kedua tulangan harus diikat oleh Sengkang tertutup dengan spasi max yang terkecil antara $d/4$ dan 100 mm



Gambar 8.25 Detail Penulangan Sloof TB 1 50/75

8.3 Perhitungan Struktur Kolom

8.3.1 Kolom Tipe K1-A (Lt. Dasar- Lt. 3)



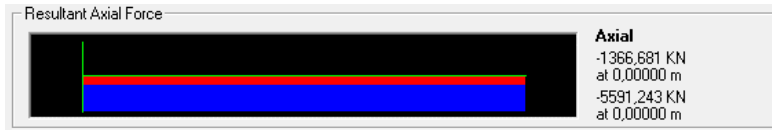
Gambar 8.26 Kolom yang Ditinjau

8.3.1.1 Data Perencanaan

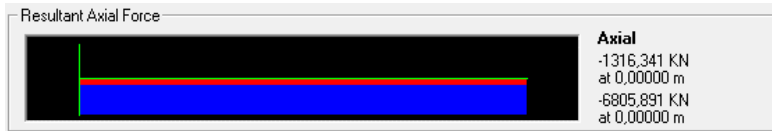
- Tinggi Kolom : 6,75 m = 6750 mm
- Dimensi Kolom : 850 mm x 850 mm
- Mutu beton : 35 Mpa
- Mutu baja : 390 Mpa

- Diameter Tulangan Lentur : D25 mm
- Diameter Tulangan Geser : D13 mm

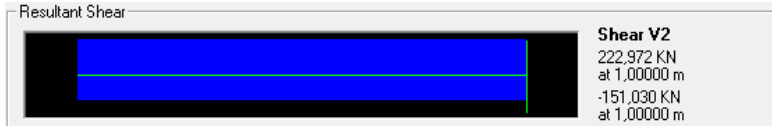
Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimu yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut:



Gambar 8.27 Pu Kolom Atas = 5591,243 kN



Gambar 8.28 Pu Kolom Design = 6805,891 kN



Gambar 8.29 Gaya Geser = 222,972 kN

8.3.1.2 Cek syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- a. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

$$\frac{(850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm}) \cdot 35 \text{ Mpa}}{10} = 2528,75 \text{ kN}$$

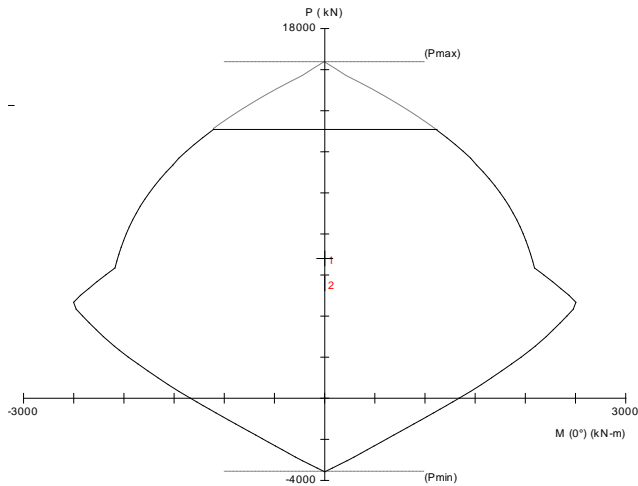
$$2528,75 \text{ kN} < 6805,891 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$
- b. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1)

Sisi pendek kolom 850 mm > 300 mm (OKE)
- c. Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.2)

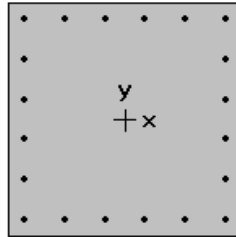
Rasio antara b dan h = 850 mm / 850 mm = 1 > 0,4 (OKE)

8.3.1.3 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3.*, Luas tulangan longitudinal dibatasi yakni tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau melebihi 0,06 A_g . Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu *pcaColumn* dan didapatkan sebagai berikut



Gambar 8.30 Diagram Interaksi P-M pada Program *pcaColumn*



850 × 850 mm
1.41% reinf.

Gambar 8.31 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColoumn

Dengan memaskan gaya-gaya yang ada pada kolom, didapatkan konfigurasi penulangan 20-D25 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,41\%$ atau 0,0141 sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

8.3.1.4 Cek Syarat “Strong Coloumn Weak Beam”

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2*, kekuatan

$\sum Mc$ = Jumlah Mn dua buah kolom bertemu di join

$\sum Mg$ = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di jon (termasuk sumbangan tulanga plat di selebar efektif plat lantai)

Untuk perhitungan sebagai berikut:

a. Menentukan nilai $\sum Mg$

As tulangan lentur atas balok = 9D25 = 4417,865 mm²

As tulangan lentur bawah balok = 6D25 = 2945,243 mm²

d = 584,5 mm

Menentukan Mg^+ dan Mg^-

$$\alpha^+ = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{4417,865 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 144,787 \text{ mm}$$

$$Mg^+ = \phi As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$Mg^+ = 0,9 \cdot 4417,865 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(584,5 \text{ mm} - \frac{144,787 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mg^+ = 794.108 \text{ kN.m}$$

$$\alpha^- = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{2945,243 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 96,35 \text{ mm}$$

$$Mg^- = \emptyset As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mg^- = 0,9 \cdot 2945,243 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(584,5 \text{ mm} - \frac{96,35 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mg^- = 554,352 \text{ kN.m}$$

Maka

$$\sum Mg = Mg^+ + Mg^- = 794.108 \text{ kN.m} + 554,352 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = 1348,460 \text{ kN.m}$$

$$1,2 \sum Mg = 1618,152 \text{ kN.m}$$

b. Menentukan nilai $\sum Mc$

Untuk menentukan nilai Mc , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah / kolom desain dengan program bantu *pcaColumn*. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom atas $P_u = 5591,243 \text{ kN}$ dan kolom design $P_u = 6805,891 \text{ kN}$.

Dari diagram interaksi kolom atas dan bawah didapatkan:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)						
No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	6805.9	0.0	0.0	2063.9	0.0	999.999
2	5591.2	0.0	0.0	2290.5	0.0	999.999

Gambar 8.32 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah

Dari gambar diatas didapatkan nilai Mc kolom bawah dan kolom atas yakni:

$$Mc \text{ kolom bawah} = 2063,9 \text{ kN.m}$$

$$Mc \text{ kolom atas} = 2290,5 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mc = Mc_{\text{bawah}} + Mc_{\text{atas}}$$

$$\sum Mc = 2063,9 \text{ kN.m} + 2290,5 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mc = 4354,4 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum Mc \geq 1,2 \sum Mg$

$4354,4 \text{ kN.m} \geq 1618,152 \text{ kN.m}$ (OKE)

Maka syarat “*Strong Coloumn Weak Beam*” telah terpenuhi.

8.3.1.5 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai Confinement

a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang c dari ujung kolom dengan ℓ_0 merupakan nilai terbesar berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1*:

– Tinggi struktur pada muka joint, $h = 850 \text{ mm}$

– 1/6 bentang bersih komponen struktur kolom:

$$\frac{1}{6} \ell_n = \frac{1}{6} (6750 - 650) \text{ mm} = 1016,667 \text{ mm}$$

– 450 mm

Maka digunakan yang paling besar yaitu $1016,667 \text{ mm} \approx 1020 \text{ mm}$

b. Tentukan spasi maksimum hoop, s_{\max} pada daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{\max} merupakan nilai terbesar berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3*:

– ¼ dimensi komponen struktur minimum:

$$\frac{1}{4} \cdot 850 \text{ mm} = 212,5 \text{ mm}$$

– $6 \times db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

– Nilai s_0 dimana : $s_0 = 100 + \frac{350-0,5hx}{3}$

$$hx = (850 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}) = 231,33 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350-0,5 \cdot 229,333 \text{ mm}}{3} = 178,111 \text{ mm}$$

Namun nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm sehingga $s_0 = 100 \text{ mm}$

Maka coba ambil spasi hoop sepanjang ℓ_0 dari muka kolom sebesar $s = 100 \text{ mm}$

c. Penentuan luas Tulangan Confinement

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4*, untuk daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} b_c &= \text{lebar penampang inti beton (yang terekang)} \\ &= b_w - 2 \times (t + 0,5 d_b) \\ &= 850 - 2 \times (40 \text{ mm} - 0,5 \cdot 13 \text{ mm}) = 757 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton} \\ &= (b_w - 2t) \times (b_w - 2t) \\ &= (850 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm}) \times (850 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm}) \\ &= 592900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{100 \text{ mm} \cdot 757 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{722500}{592900} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 445,496 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 757 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} = 611,423 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh} = 611,423 \text{ mm}^2$

Digunakan sengkang (*hoop*) **5 kaki D13** disepanjang ℓ_0 :

$$A_{sh} = 5 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 663,66 \text{ mm}^2$$

$$663,66 \text{ mm}^2 > 611,423 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Sehingga, untuk daerah sejarak ℓ_0 dari muka kolom, menggunakan tulangan hoop **5 kaki D13-100 mm**

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5*, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi ℓ_0 di masing-masing ujung kolom) diberih *hoops* dengan spasi minimum yakni:

$$- 6 \times d_b = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang terkecil yaitu $s = 150 \text{ mm}$

Sehingga digunakan spasi **5 kaki D13-150 mm** untuk daerah diluar ℓ_0

8.3.1.6 Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

a. Gaya geser desain

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai V sway dan tidak boleh lebih dari hasil V_u hasil analisis struktur.

$$V_{sway} = \frac{M_{prb\ atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb\ bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell_n}$$

Keterangan :

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesai. Dimana , kekauan = EI/L

$$K_{top} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4800} = 2,52 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$K_{bot} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{6750} = 1,79 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$DF_{top} = \frac{2,52 \times 10^{11}}{2,52 \times 10^{11} + 1,79 \times 10^{11}} = 0,584$$

$$DF_{bot} = \frac{1,79 \times 10^{11}}{2,52 \times 10^{11} + 1,79 \times 10^{11}} = 0,416$$

M_{pr} = Probable Moment Capacities (dari balok)

Nilai M_{pr} top dan M_{pr} bottom merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan lantai bawah pada muka kolom interior.

$$M_{pr\ top} = 1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr\ top} = 1851,169 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr\ bot} = 1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr\ bot} = 1851,169 \text{ kN.m}$$

$$V_{sway} = \frac{1851,169 \text{ kN.m} \cdot 0,584 + 1851,169 \text{ kN.m} \cdot 0,416}{6100 \text{ mm}}$$

$$V_{sway} = 303,4704 \text{ kN}$$

Nilai $V_u = 222,972 \text{ kN}$ didapatkan dari hasil analisis menggunakan beban envelope pada SAP 2000 v.14

V sway > V_u maka $V_e = V_{sway} = 303,4704 \text{ kN}$

b. Pengecekan kontribusi beton menahan gaya geser (V_c)

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.2, V_c dapat diabaikan dalam menahan gaya geser apabila:

- $V_e > \frac{1}{2} V_u$

- 303,4704 kN > $\frac{1}{2} \cdot 222,972 \text{ kN} = 111,486 \text{ kN}$ (OKE)
 - $P_u < A_g \cdot f_c' / 10$
 6805,891 kN < 850 mm . 850 mm . 35 Mpa / 10
 6805,891 kN > 2528,75 kN (TIDAK OKE)

Karena terdapat syarat yang tidak memenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 850 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 784,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 850 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 657,498 \text{ kN}$$

c. Menghitung kebutuhan tulangan geser

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{303,4704 \text{ kN}}{0,75} = 404,627 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{657,498 \text{ kN}}{2} = 328,749 \text{ kN}$$

Karena $\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}$ maka perlu tulangan geser

- Pengecekan kebutuhan tulangan minimum:

$$- \frac{V_u}{\phi} = \frac{303,4704 \text{ kN}}{0,75} = 404,627 \text{ kN}$$

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 657,498 \text{ kN} + \frac{1}{3} \cdot 850 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 879,77 \text{ kN}$$

Karena $\frac{V_u}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$ maka dipasang tulangan geser minimum. Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement 5 kaki D13 – 100 mm, sehingga:

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{850 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}}{3 \cdot 390 \text{ Mpa}} = 72,65 \text{ mm}^2$$

Sementara itu, A_{sh} untuk 5 kaki D13 = 663,6614 mm²

$A_{sh} > A_v$ perlu (OKE)

d. Kebutuhan tulangan geser di luar ℓ_0

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2, V_c ada apabila gaya aksial yang bekerja yaitu:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.14, didapatkan nilai $N_u = P_u = 6.805.891 \text{ N}$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{6.805.891 \text{ N}}{14 \cdot 850 \times 850} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 850 \cdot 784,5$$

$$V_c = 1121895 \text{ N}$$

$$\text{Karena nilai } \frac{V_u}{\phi} = 680.558 \text{ N} < V_c = 1121895 \text{ N}$$

Maka untuk bentang kolom diluar ℓ_0 tidak dibutuhkan tulangan sengkang tetapi hanya untuk *confinement*.

8.3.1.7 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 12.15.1* tergolong kelas B, dimana:

- Untuk sambungan kelas B, panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 \ell d$
- Untuk baja tulangan dengan D-25 mm

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_s}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

Diketahui nilai :

$$d_b = 25 \text{ mm} \quad \psi_s = 1,0$$

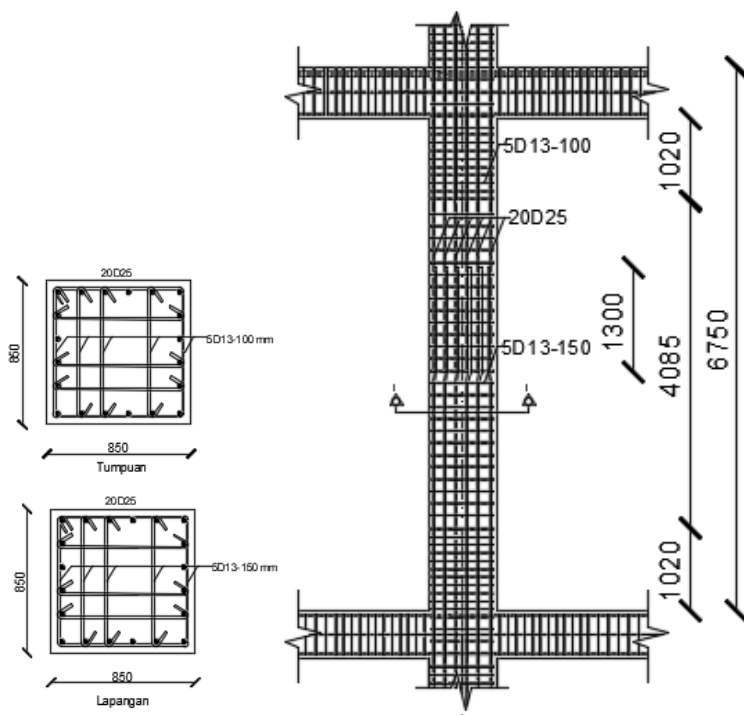
$$\psi_t = 1,0 \quad \lambda = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 969,442 \text{ mm}$$

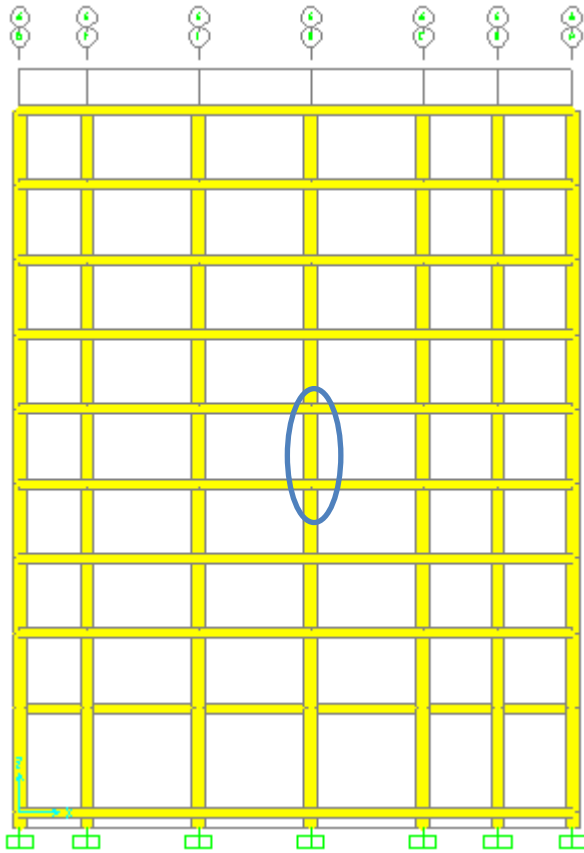
$$1,3 \ell d = 1,3 \cdot 969,442 \text{ mm} = 1260,274 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang $\ell d = 1300 \text{ mm} = 1,3 \text{ m}$



Gambar 8.33 Detail Penulangan Kolom K1-A 850/850

8.3.2 Kolom Tipe K1-B (Lt. 4- Lt. 8)



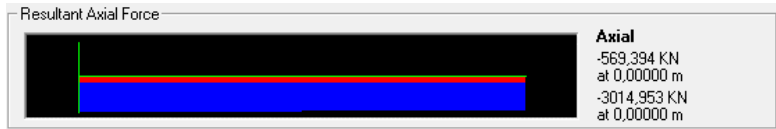
Gambar 8.34 Kolom yang Ditinjau

8.3.2.1 Data Perencanaan

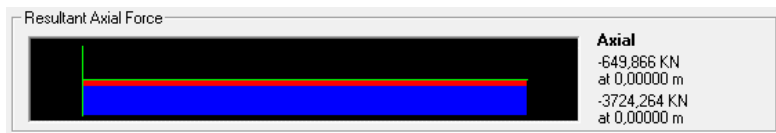
- Tinggi Kolom : 4,8 m = 4800 mm
- Dimensi Kolom : 850 mm x 850 mm
- Mutu beton : 35 Mpa
- Mutu baja : 390 Mpa
- Diameter Tulangan Lentur : D25 mm

– Diameter Tulangan Geser : D13 mm

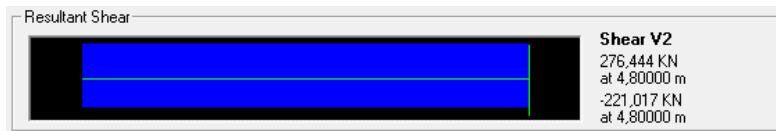
Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimu yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut:



Gambar 8.35 Pu Kolom Atas = 3014,953 kN



Gambar 8.36 Pu Kolom Design = 3724,264 kN



Gambar 8.37 Gaya Geser = 276,444 kN

8.3.2.2 Cek syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

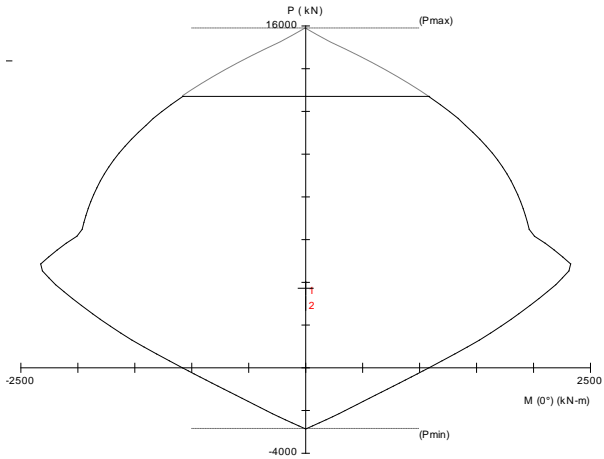
- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

$$\frac{(850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm}) \cdot 35 \text{ Mpa}}{10} = 2528,75 \text{ kN}$$

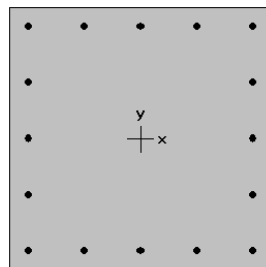
$$2528,75 \text{ kN} < 3724,264 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1)
 Sisi pendek kolom 850 mm > 300 mm (OKE)
- Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.2)
 Rasio antara b dan h = 850 mm / 850 mm = 1 > 0,4 (OKE)

8.3.2.3 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan *SNI 03-2847-213 Pasal 21.6.3.*, Luas tulangan longitudinal dibatasi yakni tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau melebihi $0,06 A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu *pcaColumn* dan didapatkan sebagai berikut



Gambar 8.38 Diagram Interaksi P-M pada Program *pcaColumn*



850 x 850 mm
1.13% reinf.

Gambar 8.39 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program *pcaColumn*

Dengan memasukkan gaya-gaya yang ada pada kolom, didapatkan konfigurasi penulagan 16-D25 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,13\%$ atau 0,0131 sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

8.3.2.4 Cek Syarat “Strong Coloumn Weak Beam”

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan

$\sum Mc$ = Jumlah Mn dua buah kolom bertemu di join

$\sum Mg$ = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di jon (termasuk sumbangan tulanga plat di selebar efektif plat lantai)

Untuk perhitungan sebagai berikut:

a. Menentukan nilai $\sum Mg$

As tulangan lentur atas balok = 9D25 = 4417,865 mm²

As tulangan lentur bawah balok = 6D25 = 2945,243 mm²

d = 584,5 mm

Menentukan Mg^+ dan Mg^-

$$\alpha^+ = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{4417,865 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 144,787 \text{ mm}$$

$$Mg^+ = \emptyset As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mg^+ = 0,9 \cdot 4417,865 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(584,5 \text{ mm} - \frac{144,787 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mg^+ = 794.108 \text{ kN.m}$$

$$\alpha^- = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{2945,243 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 96,35 \text{ mm}$$

$$Mg^- = \emptyset As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mg^- = 0,9 \cdot 2945,243 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(584,5 \text{ mm} - \frac{96,35 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mg^- = 554,352 \text{ kN.m}$$

Maka

$$\sum Mg = Mg^+ + Mg^- = 794.108 \text{ kN.m} + 554,352 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = 1348,460 \text{ kN.m}$$

$$1,2 \sum Mg = 1618,152 \text{ kN.m}$$

b. Menentukan nilai $\sum Mc$

Untuk menentukan nilai M_c , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah / kolom desain dengan program bantu *pcaColumnn*. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom atas $P_u = 3014,953$ kN dan kolom design $P_u = 3724,264$ kN

Dari diagram interaksi kolom atas dan bawah didapatkan:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)						
No.	P_u kN	M_{ux} kN-m	M_{uy} kN-m	fM_{nx} kN-m	fM_{ny} kN-m	fM_n/M_u
1	3724.3	0.0	0.0	2159.8	0.0	999.999
2	3015.0	0.0	0.0	1992.9	0.0	999.999

Gambar 8.40 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah

Dari gambar diatas didapatkan nilai M_c kolom bawah dan kolom atas yakni:

$$M_c \text{ kolom bawah} = 2159,8 \text{ kN.m}$$

$$M_c \text{ kolom atas} = 1992,9 \text{ kN.m}$$

$$\sum M_c = M_{c_{bawah}} + M_{c_{atas}}$$

$$\sum M_c = 2159,8 \text{ kN.m} + 1992,9 \text{ kN.m}$$

$$\sum M_c = 4152,7 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$

$$4152,7 \text{ kN.m} \geq 1618,152 \text{ kN.m} \text{ (OKE)}$$

Maka syarat “*Strong Coloumn Weak Beam*” telah terpenuhi.

8.3.2.5 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai Confinement

a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang c dari ujung kolom dengan ℓ_0 merupakan nilai terbesar berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1*:

– Tinggi struktur pada muka joint, $h = 850$ mm

– 1/6 bentang bersih komponen struktur kolom:

$$\frac{1}{6} \ell_n = \frac{1}{6} (4800 - 650) \text{ mm} = 691,667 \text{ mm}$$

- 450 mm

Maka digunakan yang paling besar yaitu 850 mm

b. Tentukan spasi maksimum hoop, s_{max} pada daerah sepanjang ℓ_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:

$$\frac{1}{4} \cdot 850 \text{ mm} = 212,5 \text{ mm}$$

- $6 \times db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- Nilai s_0 dimana : $s_0 = 100 + \frac{350-0,5hx}{3}$

$$hx = (850 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}) = 231,33 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350-0,5 \cdot 229,333 \text{ mm}}{3} = 178,111 \text{ mm}$$

Namun nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm sehingga $s_0 = 100 \text{ mm}$

Maka coba ambil spasi hoop sepanjang ℓ_0 dari muka kolom sebesar $s = 100 \text{ mm}$

c. Penentuan luas Tulangan Confinement

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4*, untuk daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s \cdot bc \cdot f'c'}{fyt} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f'c'}{fyt}$$

b_c = lebar penampang inti beton (yang terekang)

$$= b_w - 2 \times (t + 0,5 d_b)$$

$$= 850 - 2 \times (40 \text{ mm} - 0,5 \cdot 13 \text{ mm}) = 757 \text{ mm}$$

A_{ch} = luas penampang inti beton

$$= (b_w - 2t) \times (b_w - 2t)$$

$$= (850 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm}) \times (850 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm})$$

$$= 592900 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{100 \text{ mm} \cdot 757 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{722500}{592900} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 445,496 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 757 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} = 611,423 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbedar yakni $A_{sh} = 611,423 \text{ mm}^2$
 Digunakan sengkang (*hoop*) **5 kaki D13** disepanjang ℓ_0 :

$$A_{sh} = 5 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 663,66 \text{ mm}^2$$

$$663,66 \text{ mm}^2 > 611,423 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Sehingga, untuk daerah sejarak ℓ_0 dari muka kolom, menggunakan tulangan hoop **5 kaki D13-100 mm**

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5*, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi ℓ_0 di masing-masing ujung kolom) diberih *hoops* dengan spasi minimum yakni:

- $6 \times db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yaitu $s = 150 \text{ mm}$

Sehingga digunakan spasi **5 kaki D13-150 mm** untuk daerah diluar ℓ_0

8.3.2.6 Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

a. Gaya geser desain

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.1*, gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai V_{sway} dan tidak boleh lebih dari hasil V_u hasil analisis struktur.

$$V_{sway} = \frac{M_{prb,atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb,bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell_n}$$

Keterangan :

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesai. Dimana, kekauan = EI/L

$$K_{top} = \frac{EI}{l} = \frac{4700 \sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4800} = 2,52 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$K_{bot} = \frac{EI}{l} = \frac{4700 \sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4800} = 2,52 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$DF_{top} = \frac{2,52 \times 10^{11}}{2,52 \times 10^{11} + 2,52 \times 10^{11}} = 0,5$$

$$DF_{bot} = DF_{top} = 0,5$$

$M_{pr} = \text{Probable Moment Capacities}$ (dari balok)

Nilai Mpr top dan Mpr bottom merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan lantai bawah pada muka kolom interior.

$$M_{pr\ top} = 1069,687\ kN.m + 781,482\ kN.m$$

$$M_{pr\ top} = 1851,169\ kN.m$$

$$M_{pr\ bot} = 1069,687\ kN.m + 781,482\ kN.m$$

$$M_{pr\ bot} = 1851,169\ kN.m$$

$$V_{sway} = \frac{1851,169\ kN.m \cdot 0,5 + 1851,169\ kN.m \cdot 0,5}{4150\ mm}$$

$$V_{sway} = 446,065\ kN$$

Nilai $V_u = 276,444\ kN$ didapatkan dari hasil analisis menggunakan beban envelope pada SAP 2000 v.14

$V_{sway} > V_u$ maka $V_e = V_{sway} = 446,065\ kN$

b. Pengecekan kontribusi beton menahan gaya geser (V_c)

Sesuai *SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.2*, V_c dapat diabaikan dalam menahan gaya geser apabila:

- $V_e > \frac{1}{2} V_u$

$$446,065\ kN > \frac{1}{2} \cdot 276,444\ kN = 138,222\ kN\ (OKE)$$

- $P_u < A_g \cdot f_c' / 10$

$$3724,264\ kN < 850\ mm \cdot 850\ mm \cdot 35\ Mpa / 10$$

$$3724,264\ kN > 2528,75\ kN\ (TIDAK\ OKE)$$

Karena terdapat syarat yang tidak memenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 850\ mm - 40\ mm - 13\ mm - 25\ mm / 2 = 784,5\ mm$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{35\ Mpa} \cdot 850\ mm \cdot 784,5\ mm$$

$$V_c = 657,498\ kN$$

c. Menghitung kebutuhan tulangan geser

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{446,065\ kN}{0,75} = 594,753\ kN$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{657,498\ kN}{2} = 328,749\ kN$$

Karena $\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}$ maka perlu tulangan geser

- Pengecekan kebutuhan tulangan minimum:

$$- \frac{Vu}{\phi} = \frac{446,065 \text{ kN}}{0,75} = 594,753 \text{ kN}$$

$$Vc + \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d = 657,498 \text{ kN} + \frac{1}{3} \cdot 850 \text{ mm} \cdot 784,5 \text{ mm}$$

$$Vc + \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d = 879,77 \text{ kN}$$

Karena $\frac{Vu}{\phi} < Vc + \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d$ maka dipasang tulangan geser minimum. Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement 5 kaki D13 – 100 mm, sehingga:

$$Av = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy} = \frac{850 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}}{3 \cdot 390 \text{ Mpa}} = 72,65 \text{ mm}^2$$

Sementara itu, Ash untuk 5 kaki D13 = 663,6614 mm²

Ash > Av perlu (OKE)

d. Kebutuhan tulangan geser di luar ℓ_0

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2, Vc ada apabila gaya aksial yang bekerja yaitu:

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.14, didapatkan nilai Nu = Pu = 3.724.264 N

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{3.724.264 \text{ N}}{14 \cdot 850 \times 850} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 850 \cdot 784,5$$

$$Vc = 917.575,7 \text{ N}$$

Karena nilai $\frac{Vu}{\phi} = 594,753 \text{ N} < Vc = 917.575,7 \text{ N}$

Maka untuk bentang kolom diluar ℓ_0 tidak dibutuhkan tulangan sengkang tetapi hanya untuk *confinement*.

8.3.2.7 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan menurut SNI 03-2847-2013 pasal 12.15.1 tergolong kelas B, dimana:

- Untuk sambungan kelas B, panjang minimum sambungan lewatannya adalah 1,3 ℓd
- Untuk baja tulangan dengan D-25 mm

$$\ell d = \left(\frac{fy \cdot \psi_t \cdot \psi_s}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$$

Diketahui nilai :

$$d_b = 25 \text{ mm} \quad \psi_s = 1,0$$

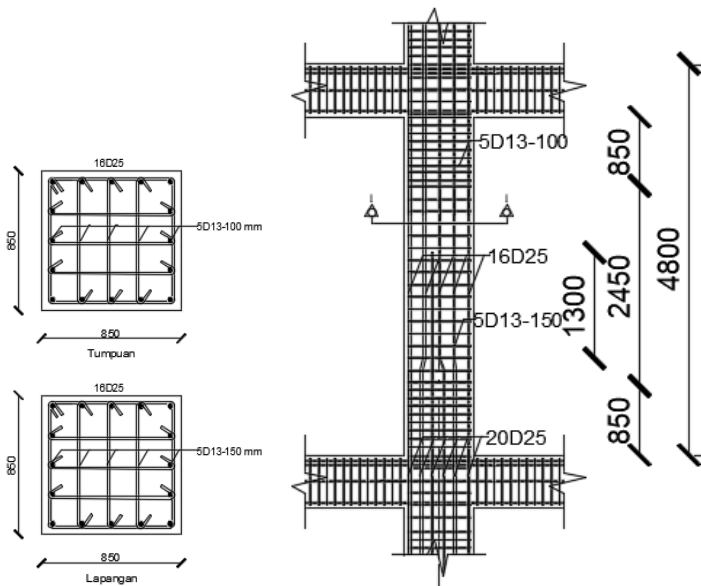
$$\psi_t = 1,0 \quad \lambda = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 969,442 \text{ mm}$$

$$1,3 \ell d = 1,3 \cdot 969,442 \text{ mm} = 1260,274 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang $\ell d = 1300 \text{ mm} = 1,3 \text{ m}$

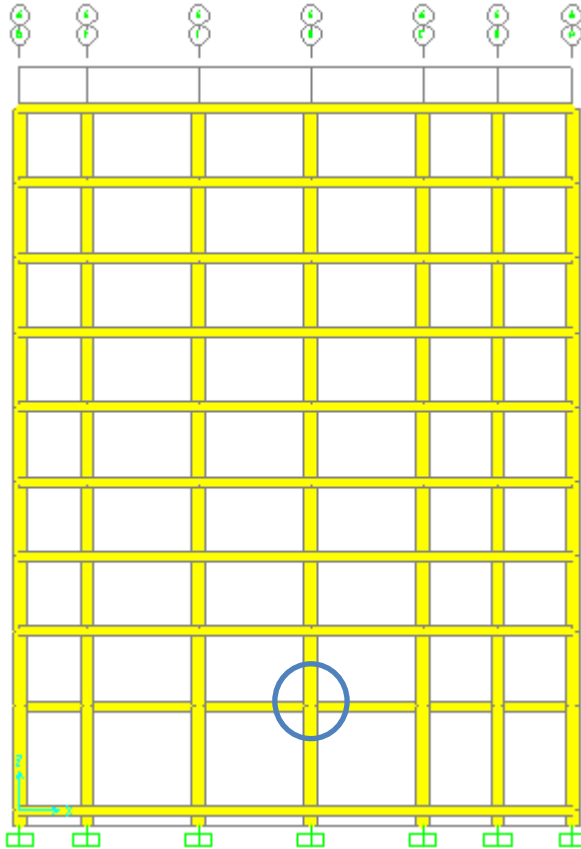


Gambar 8.41 Detail Penulangan Kolom K1-B 850/850

8.4 Perhitungan Hubungan Balok-Kolom (HBK)

8.4.1 Perhitungan Hubungan Balok-Kolom (HBK) K1-A (Lt. Dasar - Lt. 3)

Hubungan balok kolom didesain pada daerah pertemuan antara komponen struktur balok dan kolom yang telah didesain



Gambar 8.42 HBK yang Ditinjau

8.4.1.1 Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan logitudinal terbesar berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3*

$$b = h = 850 \text{ mm}$$

$$20 \text{ db} = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 850 \text{ mm (OKE)}$$

8.4.1.2 Perhitungan luas efektif joint, A_j

A_j direncanakan sesuai dengan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1*, dimana A_j merupakan luas penampang efektif dalam suatu HBK yang dihitung dari tinggi HBK dikalikan lebar HBK efektif.

Diketahui:

$$\text{Lebar balok (b)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom (h)} = 850 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi HBK (h)} = 650 \text{ mm}$$

$$x = (850 \text{ mm} - 400 \text{ mm}) / 2 = 225 \text{ mm}$$

Lebar efektif HBK merupakan nilai terkecil dari :

$$- \quad b + h = 400 \text{ mm} + 850 \text{ mm} = 1250 \text{ mm}$$

$$- \quad b + 2x = 400 \text{ mm} + 2 \times 125 \text{ mm} = 650 \text{ mm}$$

sehingga dipakai lebar efektif = 650 mm

$$\text{Maka, } A_j = 850 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} = 552500 \text{ mm}^2$$

8.4.1.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal untuk Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2* tulangan confinement diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm

Diketahui :

$$S_{\min} = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ HBK} = 0,5 \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 3,057 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$A_{sh} \text{ HBK} = 3,057 \text{ mm}^2 / \text{mm} \times 150 \text{ mm} = 458,658 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan sengkang **4D13** mm

As pakai = 530,929 mm² > Ash HBK (OKE)

8.4.1.4 Perhitungan Gaya Geser HBK

a. Menghitung V sway

$$M^+ = 1069,687 \text{ kN.m}$$

$$M^- = 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_e = 0,5(1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}) = 925,585 \text{ kN.m}$$

$$V_{sway} = \frac{M_{prb_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb_bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell_n}$$

Keterangan :

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesai. Dimana , kekauan = EI/L

$$K_{top} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4800} = 2,52 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$K_{bot} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{6750} = 1,79 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$DF_{top} = \frac{2,52 \times 10^{11}}{2,52 \times 10^{11} + 1,79 \times 10^{11}} = 0,584$$

$$DF_{bot} = \frac{1,79 \times 10^{11}}{2,52 \times 10^{11} + 1,79 \times 10^{11}} = 0,416$$

Mpr = Probable Moment Capacities (dari balok)

Nilai Mpr top dan Mpr bottom merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan lantai bawah pada muka kolom interior.

$$M_{pr\ top} = 1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr\ top} = 1851,169 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr\ bot} = 1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr\ bot} = 1851,169 \text{ kN.m}$$

$$V_{sway} = \frac{1851,169 \text{ kN.m} \cdot 0,584 + 1851,169 \text{ kN.m} \cdot 0,416}{6100 \text{ mm}}$$

$$V_{sway} = 303,4704 \text{ kN}$$

Nilai $V_u = 222,972$ kN didapatkan dari hasil analisis menggunakan beban envelope pada SAP 2000 v.14

$V_{sway} > V_u$ maka $V_e = V_{sway} = 303,4704$ kN

b. Hitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya tarik tulangan balok dibagian kiri

$$A_s = 4417,865 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 4417,865 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 2153,709 \text{ kN}$$

- Gaya tekan pada balok kiri

$$C_1 = T_1 = 2153,709 \text{ kN}$$

- Gaya tarik tulangan balok dibagian kanan

$$A_s = 4417,865 \text{ mm}^2$$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 4417,865 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 2153,709 \text{ kN}$$

- Gaya tekan pada balok kanan

$$C_2 = T_2 = 2153,709 \text{ kN}$$

c. Menghitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 303,4704 \text{ kN} - 2153,709 \text{ kN} - 2153,7092 \text{ kN}$$

$$V_j = 4003,948 \text{ kN}$$

$$V_j = V_{sway} - T_2 - C_1$$

$$V_j = 303,4704 \text{ kN} - 2153,709 \text{ kN} - 2153,709 \text{ kN}$$

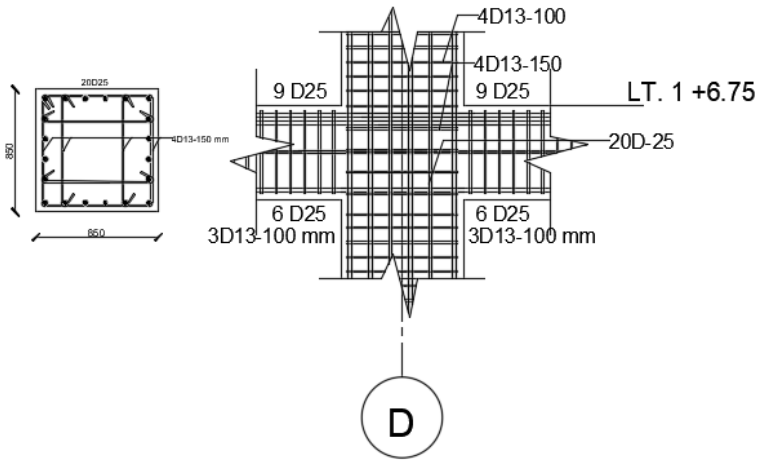
$$V_j = 4003,948 \text{ kN}$$

8.4.1.5 Kontrol at Geser HBK

Kontrol kuat geser HBK dicek sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2 untuk kuat geser HBK yang dikekang pada keempat sisinya adalah:

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 722500$$

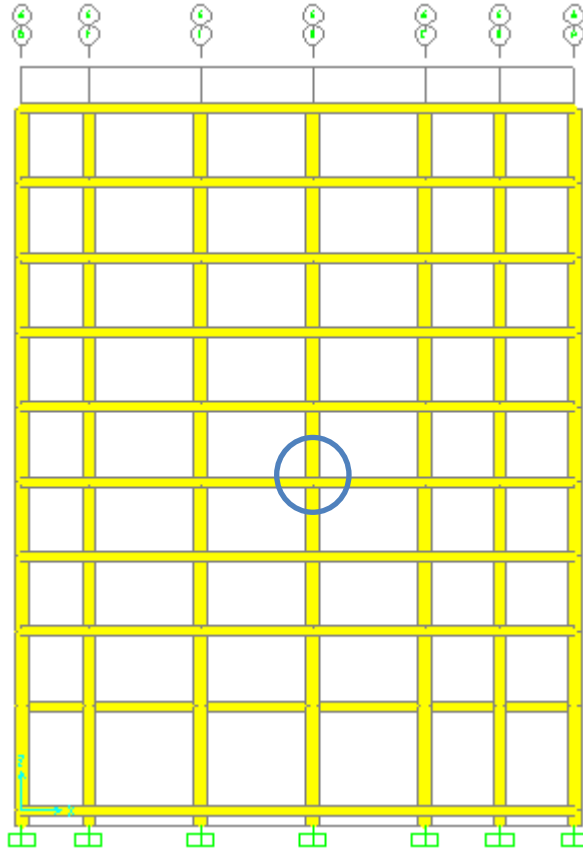
$$\phi V_n = 7266,425 \text{ kN} > 4003,948 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$



Gambar 8.43 Detail Penulangan HBK K1-A

8.4.2 Perhitungan Hubungan Balok-Kolom (HBK) K1-B (Lt. 4 - Lt. 8)

Hubungan balok kolom didesain pada daerah pertemuan antara komponen struktur balok dan kolom yang telah didesain



Gambar 8.44 HBK yang Ditinjau

8.4.2.1 Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan logitudinal terbesar berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3*

$$b = h = 850 \text{ mm}$$

$$20 db = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 850 \text{ mm (OKE)}$$

8.4.2.2 Perhitungan luas efektif joint, A_j

A_j direncanakan sesuai dengan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1*, dimana A_j merupakan luas penampang efektif dalam suatu HBK yang dihitung dari tinggi HBK dikalikan lebar HBK efektif.

Diketahui:

$$\text{Lebar balok (b)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom (h)} = 850 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi HBK (h)} = 650 \text{ mm}$$

$$x = (850 \text{ mm} - 400 \text{ mm}) / 2 = 225 \text{ mm}$$

Lebar efektif HBK merupakan nilai terkecil dari :

$$- b + h = 400 \text{ mm} + 850 \text{ mm} = 1250 \text{ mm}$$

$$- b + 2x = 400 \text{ mm} + 2 \times 125 \text{ mm} = 850 \text{ mm}$$

sehingga dipakai lebar efektif = 850 mm

$$\text{Maka, } A_j = 850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 722500 \text{ mm}^2$$

8.4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal untuk Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Sesuai *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2* tulangan confinement diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm

Diketahui :

$$S_{\min} = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} HBK = 0,5 \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 3,057 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$A_{sh} HBK = 3,057 \text{ mm}^2 / \text{mm} \times 150 \text{ mm} = 458,658 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan sengkang **4D13** mm

As pakai = 530,929 mm² > Ash HBK (OKE)

8.4.2.4 Perhitungan Gaya Geser HBK

a. Menghitung V sway

$$M^+ = 1069,687 \text{ kN.m}$$

$$M^- = 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_e = 0,5(1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}) = 925,585 \text{ kN.m}$$

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{prb,atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb,bawah} \cdot DF_{bawah}}{\ell_n}$$

Keterangan :

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesai. Dimana , kekauan = EI/L

$$K_{\text{top}} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4800} = 2,52 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$K_{\text{bot}} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{35} \cdot \frac{1}{12} \cdot 850 \cdot 850^3}{4800} = 2,52 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$DF_{\text{top}} = \frac{2,52 \times 10^{11}}{2,52 \times 10^{11} + 2,52 \times 10^{11}} = 0,5$$

$$DF_{\text{bot}} = DF_{\text{top}} = 0,5$$

Mpr = Probable Moment Capacities (dari balok)

Nilai Mpr top dan Mpr bottom merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan lantai bawah pada muka kolom interior.

$$M_{pr \text{ top}} = 1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr \text{ top}} = 1851,169 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr \text{ bot}} = 1069,687 \text{ kN.m} + 781,482 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr \text{ bot}} = 1851,169 \text{ kN.m}$$

$$V_{\text{sway}} = \frac{1851,169 \text{ kN.m} \cdot 0,5 + 1851,169 \text{ kN.m} \cdot 0,5}{4150 \text{ mm}}$$

$$V_{\text{sway}} = 446,065 \text{ kN}$$

Nilai Vu = 276,444 kN didapatkan dari hasil analisis menggunakan beban envelope pada SAP 2000 v.14

$$V_{\text{sway}} > V_u \text{ maka } V_e = V_{\text{sway}} = 446,065 \text{ kN}$$

b. Hitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya tarik tulangan balok dibagian kiri

$$A_s = 4417,865 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 4417,865 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 2153,709 \text{ kN}$$

- Gaya tekan pada balok kiri

$$C_1 = T_1 = 2153,709 \text{ kN}$$

- Gaya tarik tulangan balok dibagian kanan

$$A_s = 4417,865 \text{ mm}^2$$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 4417,865 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 2153,709 \text{ kN}$$

- Gaya tekan pada balok kanan

$$C_2 = T_2 = 2153,709 \text{ kN}$$

c. Menghitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 303,4704 \text{ kN} - 2153,709 \text{ kN} - 2153,7092 \text{ kN}$$

$$V_j = 4003,948 \text{ kN}$$

$$V_j = V_{\text{sway}} - T_2 - C_1$$

$$V_j = 303,4704 \text{ kN} - 2153,709 \text{ kN} - 2153,709 \text{ kN}$$

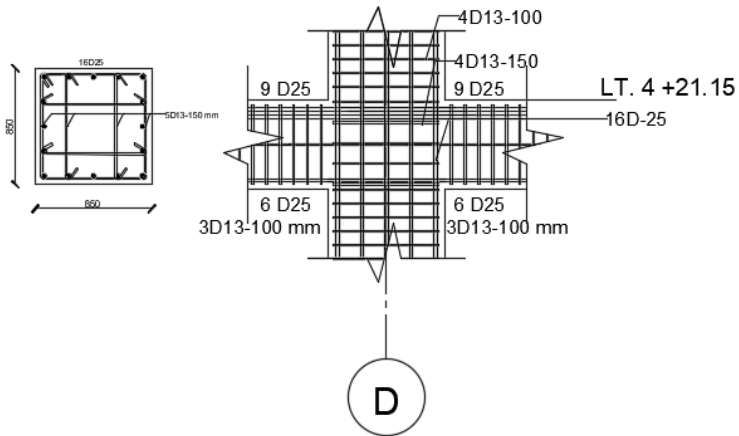
$$V_j = 4003,948 \text{ kN}$$

8.4.2.5 Kontrol at Geser HBK

Kontrol kuat geser HBK dicek sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2 untuk kuat geser HBK yang dikekang pada keempat sisinya adalah:

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 722500$$

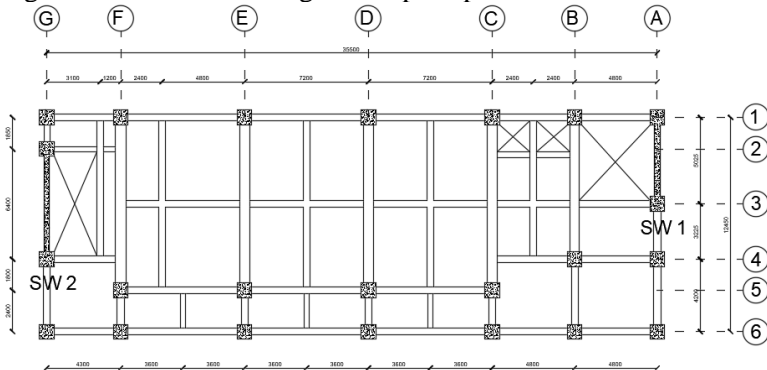
$$\phi V_n = 7266,425 \text{ kN} > 4003,948 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$



Gambar 8.45 Detail Penulangan HBK K1-B

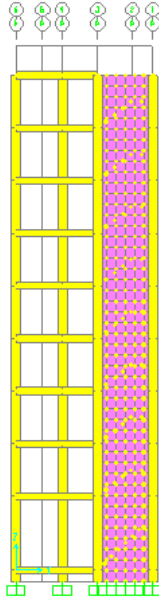
8.5 Perhitungan Struktur *Shearwall*

Pada bangunan yang ditinjau, terdapat 2 *shearwall* di bagian kiri dan kanan bangunan seperti pada denah berikut:



Gambar 8.46 Denah Perletakkan *Shearwall*

8.5.1 Perhitungan Struktur *Shearwall* Tipe 1



Gambar 8.47 *Shearwall* yang Ditinjau

8.5.1.1 Data Perencanaan

- Tebal dinding = 300 mm
- Panjang total = 5025 mm
- Panjang badan (L_n) = $(5025 - 850/2 - 850/2)$ mm = 4175 mm
- Tinggi total dinding = 46150 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Mutu beton, f_c' = 35 Mpa
- Mutu baja f_y = 390 Mpa
- Tul. Longitudinal = D16
- Tul. Geser pakai = D13

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaa-gaya maksimum yang terjadi pada *shearwall* (kombinasi ENVELOPE) adalah sebagai berikut:

Tabel 8.7 Hasil Perhitungan SAP 2000 v.14

TABLE: Section Cut Forces - Design								
SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SW 1	envelope	Combination	-7622,311	-15,272	-3032,81	-90,8645	21445,64	-361,436
SW 1	envelope	Combination	660,43	11,012	3214,321	86,5127	-20995,2	360,6813

Didapatkan dari tabel diatas yaitu :

$$P_u = 7622,311 \text{ kN}$$

$$V_u = 3214,321 \text{ kN}$$

$$M_u = 21445,64 \text{ kN.m}$$

8.5.1.2 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 :

$$A_{cw} = \text{luas penampang dinding yang ditinjau}$$

$$= \text{tebal dinding} \times (0,8 \text{ panjang badan})$$

$$= 300 \text{ mm} \times 0,8 \times 4175 \text{ mm} = 1.002.000 \text{ mm}^2$$

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$= 0,83 \cdot 1.002.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 4920,167 \text{ kN}$$

$$4920,167 \text{ kN} > 3214,321 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

Maka ketebalan *shearwall* mampu untuk menahan geser

8.5.1.3 Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

1. Rasio Tulangan Minimum

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1*, apabila nilai $V_u > 0,083 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka ρ min tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025

$$A_{cv} = \text{panjang badan} \times \text{tebal dinding}$$

$$= 4175 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 1.252.500 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$0,083 \cdot 1.252.500 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 615,021 \text{ kN}$$

Karena $3214,321 \text{ kN} > 615,021 \text{ kN}$ 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

$$0,17 \cdot 1.252.500 \text{ mm}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 1259,681 \text{ kN}$$

$V_u = 3214,321 \text{ kN} > 1259,681 \text{ kN}$ maka perlu dua lapis tulangan.

3. Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimum tulangan per meter panjang:

$$= 300 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 300.000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_{s \min} = 0,0025 \cdot 300000 \text{ mm}^2 = 750 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \min} = 0,750 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 kaki D 16 dengan

$$A_s = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{A_s}{A_{s \min}} = \frac{402,124 \text{ mm}^2}{0,750 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 536,165 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan **2D16 – 200 mm**

8.5.1.4 Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_n = A_{cv} \cdot \left(\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y \right)$$

Dimana:

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 2,0$$

= variatif secara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk h_w/l_w antara 1,5 dan 2,0

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{Panjang dinding}} = \frac{46150 \text{ mm}}{4175 \text{ mm}} = 11,054$$

Karena nilai $h_w/l_w > 2,0$ maka $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D16 – 200 mm**. Rasio tulangan trasnversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s.t} = \frac{402,124 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0067 > 0,0025 \text{ (OKE)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

$$V_n = 1.252.500 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} + 0,0067 \cdot 390 \text{ Mpa})$$

$$V_n = 4533,472 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 4533,472 \text{ kN} = 3400,104 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u = 3214,321 \text{ kN} < \phi V_n = 3400,104 \text{ kN}$

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:

$$V_n = 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$V_n = 0,83 \cdot 10.020.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 4920,167 \text{ kN}$$

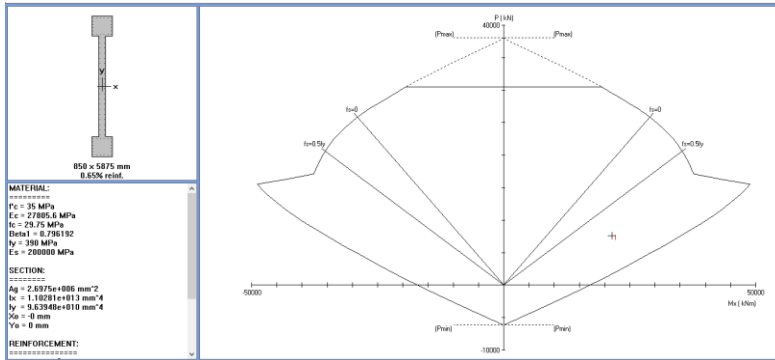
Karena $\phi V_n = 3400,104 \text{ kN} < V_n \text{ maks} = 4920,167 \text{ kN}$ maka dipakai $V_n = 3400,104 \text{ kN}$

8.5.1.5 Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu spColumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 7622,311 \text{ kN}$$

$$M_u = 21445,64 \text{ kN}$$



Gambar 8.48 Digram Interaksi Dinding Struktural

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **D16-200 mm**.

8.5.1.6 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (Special Boundary Element)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

Luas dinding bruto:

$$A_g = (300 \times 4175) \text{ mm}^2 + (2 \times 850 \times 850) \text{ mm}^2$$

$$A_g = 2.697.500 \text{ mm}^2 = 2,698 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 300 \text{ mm} \cdot (4175 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 1,819 \times 10^{12} \text{ mm}^4 = 1,819 \text{ m}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 4175 \text{ m} / 2 = 2,0875 \text{ m}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot y}{I_g} > 0,2 \cdot f_c'$$

$$\frac{7622,311 \text{ kN}}{2,698 \text{ m}^2} + \frac{21445,64 \text{ kN.m} \cdot 2,0875 \text{ m}}{1,819 \text{ m}^4} > 0,2 \cdot 35 \text{ Mpa}$$

$$27,433 \text{ Mpa} > 7 \text{ Mpa}$$

Maka diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding

8.5.1.7 Penentuan Panjang Special Boundary Element

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.64*, special boundary element harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan luar tidak kurang daripada $c - 0,1 \cdot \ell_w$ dan $c/2$. Untuk nilai c didapatkan dari spColumn 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	38083.3	0.00	0.00	16557	5795	-0.00195	0.650	
@ Allowable comp.	30466.6	19420.12	-0.00	6630	5795	-0.00038	0.650	
@ fs = 0.0	25855.2	28967.48	0.00	5795	5795	-0.00000	0.650	
@ fs = 0.5*fy	20588.3	35452.15	0.00	4374	5795	0.00097	0.650	
@ Balanced point	16031.8	49418.18	0.00	2173	5795	0.00155	0.650	
@ Tension control	16031.8	49418.18	0.00	2173	5795	0.00500	0.900	
@ Pure bending	0.0	17107.82	-0.00	390	5795	0.04155	0.900	
@ max tension	-2146.7	0.00	0.00	0	5795	0.33333	0.500	

Gambar 8.49 Hasil Control Points dari Program SpColumnn

Digunakan interpolasi dari nilai aksial yang terjadi:

$$P = 16031,8 \text{ kN}, \quad x = 2173 \text{ mm}$$

$$P = 0 \quad x = 390 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $P_u = 7622,311 \text{ kN}$ adalah:

$$c = 2173 \text{ mm} - \frac{(16031,8 \text{ kN} - 7622,311 \text{ kN})}{(16031,8 \text{ kN} - 0)} \cdot (2173 - 390) \text{ mm}$$

$$c = 1273,726 \text{ mm}$$

$$c - 0,1\ell_w = 1273,726 \text{ mm} - 0,1 \cdot 4175 \text{ mm} = 820,226 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{2} = \frac{1273,726 \text{ mm}}{2} = 618,863 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni = 820,226 mm

Sehingga panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 900 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 850 mm sedangkan panjang yang dipakai untuk special boundary element adalah 900 mm maka diperpanjang menjadi 1150 mm agar menerus ke dalam badan sepanjang 300 mm.

8.5.1.8 Tulangan Confinement untuk Dinding Struktural

1. Tulangan Longitudinal pada *special boundary element*

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan pada special boundary element terdapat 20D19 sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho = \frac{(20 \times \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2)}{(850 \text{ mm} \cdot 850 \text{ mm}) + (850 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm})} = 0,0058$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah komponen 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 dibentuk persegi berdiameter D13 maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang diantara :

- $\frac{1}{4}$ panjang sisi pendek = $\frac{1}{4} \times 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \times 13 \text{ mm} = 78 \text{ mm}$

- Nilai s_0 , dimana : $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 h_x}{3}$

$$h_x = 300 - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 194 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 194}{3} = 184,33 \text{ mm}$$

Namun nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s max terkeci yakni 100 mm

Maka nilai $s = \mathbf{100 \text{ mm}}$

Karakteristik inti penampang:

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 850 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm} + 2 \times 13 \text{ mm} / 2) = 757 \text{ mm}$$

Tulangan Confinemet yang dibutuhkan adalah :

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_y t}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 757 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$A_{sh} = 611,423 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 5 kaki D13 maka:

$$A_s = 5 \times \left(\frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \right) = 663,6614 \text{ mm}^2$$

Agar nilai $A_s > A_{sh}$, maka perlu dipasang 5 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 :

$$- \frac{1}{4} \text{ panjang sisi pendek} = \frac{1}{4} \times 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$- 6 \text{ db} = 6 \times 13 \text{ mm} = 78 \text{ mm}$$

$$- \text{Nilai } s_0, \text{ dimana : } s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3}$$

$$h_x = 300 - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 194 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 194}{3} = 184,33 \text{ mm}$$

Namun nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s max terkeci yakni 100 mm

Maka nilai $s = 100 \text{ mm}$

- Untuk tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding struktural, digunakan D13-100

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm} + 2 \times 13 \text{ mm} / 2) = 207 \text{ mm}$$

Tulangan Confinemet yang dbutuhkan adalah :

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$A_{sh} = 167,1923 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan D13 maka:

$$As \text{ pasang} = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ pasang} = \frac{167,1923 \text{ mm}^2}{132,732 \text{ mm}^2} \approx 2 \text{ kaki}$$

Jadi sesuai perhitunga diatas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13-100 mm**

- Untuk tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding struktural, digunakan D13-100

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 300 \text{ mm} + (2 \times 13 \text{ mm} / 2) = 313 \text{ mm}$$

Tulangan Confinemet yang dbutuhkan adalah :

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fcr}{fyt}$$

$$Ash = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 313 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$Ash = 252,808 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan D13 maka:

$$As \text{ pasang} = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ pasang} = \frac{252,808 \text{ mm}^2}{132,732 \text{ mm}^2} \approx 2 \text{ kaki}$$

Jadi sesuai perhitunga diatas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13-100 mm**

8.5.1.9 Panjang Penyaluran Tulangan

Untuk panjang penyaluran tulangan D19 yang dibutuhkan, ℓd , diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2*

$$\ell d = \left(\frac{fy \cdot \psi_t \cdot \psi_s}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fcr}} \right) \cdot db$$

Diketahui nilai :

$$d_b = 19 \text{ mm} \qquad \psi_s = 1,0$$

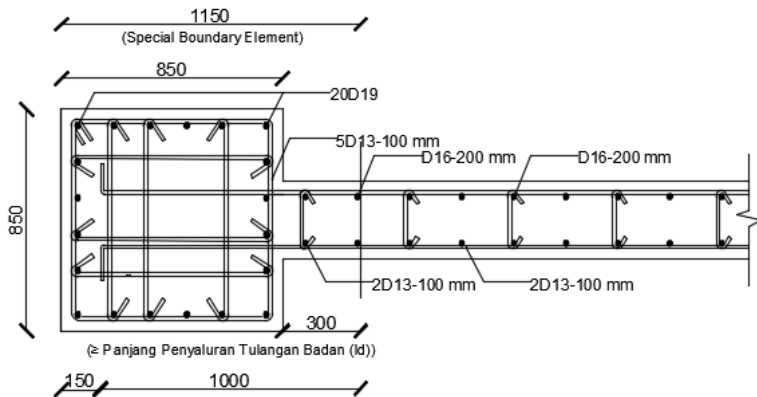
$$\psi_t = 1,0 \qquad \lambda = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{2,1 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm} = 596,437 \text{ mm}$$

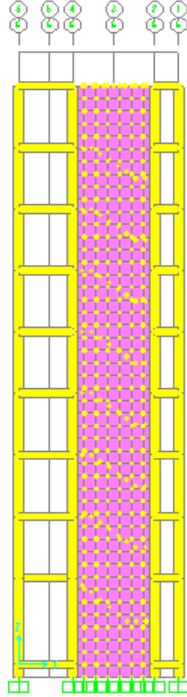
$$1,3 \ell d = 1,3 \cdot 596,437 \text{ mm} = 775,369 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang $\ell d = 800 \text{ mm} = 0,8 \text{ m}$



Gambar 8.50 Detail Penulangan pada *Shearwall* Tipe 1

8.5.2 Perhitungan Struktur *Shearwall* Tipe 2



Gambar 8.51 *Shearwall* yang Ditinjau

8.5.2.1 Data Perencanaan

- Tebal dinding = 300 mm
- Panjang total = 6400 mm
- Panjang badan (L_n) = $(6400 - 850/2 - 850/2)$ mm = 5550 mm
- Tinggi total dinding = 46150 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Mutu beton, f_c' = 35 Mpa
- Mutu baja f_y = 390 Mpa
- Tul. Longitudinal = D16
- Tul. Geser pakai = D16

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaa-gaya maksimum yang terjadi pada *shearwall* (kombinasi ENVELOPE) adalah sebagai berikut:

Tabel 8.8 Hasil Perhitungan SAP 2000 v.14

TABLE: Section Cut Forces - Design								
SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SW 2	envelope	Combination	-7272,788	-125,749	-2604,12	-64,58	19925,96	-571,9739
SW 2	envelope	Combination	-1074,916	120,138	2639,773	64,279	-19420,6	566,5493

Didapatkan dari tabel diatas yaitu :

$$P_u = 7272,788 \text{ kN}$$

$$V_u = 2639,773 \text{ kN}$$

$$M_u = 19925,958 \text{ kN.m}$$

8.5.2.2 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 :

$$\begin{aligned} A_{cw} &= \text{luas penampang dinding yang ditinjau} \\ &= \text{tebal dnding} \times (0,8 \text{ panjang badan}) \\ &= 300 \text{ mm} \times 0,8 \times 5550 \text{ mm} = 1.332.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} \\ &= 0,83 \cdot 1.332.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 6540,581 \text{ kN} \\ &6540,581 \text{ kN} > 2639,773 \text{ kN} \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Maka ketebalan *shearwall* mampu untuk menahan geser

8.5.2.3 Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

1. Rasio Tulangan Minimum

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1*, apabila nilai $V_u > 0,083 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka ρ min tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025

$$A_{cv} = \text{panjang badan} \times \text{tebal dinding}$$

$$= 5550 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 1.665.000 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$0,083 \cdot 1.665.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 817,573 \text{ kN}$$

Karena $2639,773 \text{ kN} > 817,573 \text{ kN}$ 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

$$0,17 \cdot 1.665.000 \text{ mm}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 1674,546 \text{ kN}$$

$V_u = 2639,773 \text{ kN} > 1674,546 \text{ kN}$ maka perlu dua lapis tulangan.

3. Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimum tulangan per meter panjang:

$$= 300 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 300.000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_{s \min} = 0,0025 \cdot 300000 \text{ mm}^2 = 750 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \min} = 0,750 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 kaki D 16 dengan

$$A_s = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{A_s}{A_{s \min}} = \frac{402,124 \text{ mm}^2}{0,750 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 536,165 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan **2D16 – 300 mm**

8.5.2.4 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:

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 2,0$$

= variatif secara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk h_w/l_w antara 1,5 dan 2,0

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{Panjang dinding}} = \frac{46150 \text{ mm}}{5550 \text{ mm}} = 8,315$$

Karena nilai $h_w/l_w > 2,0$ maka $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D16 – 300 mm**. Rasio tulangan trasnversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s.t} = \frac{402,124 \text{ mm}^2}{300 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0045 > 0,0025 \text{ (OKE)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

$$V_n = 1.665.000 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} + 0,0045 \cdot 390 \text{ Mpa})$$

$$V_n = 4575,87 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 4575,87 \text{ kN} = 3431,903 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u = 2639,773 \text{ kN} < \phi V_n = 3431,903 \text{ kN}$

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:

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$= 0,83 \cdot 1.332.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 6540,581 \text{ kN}$$

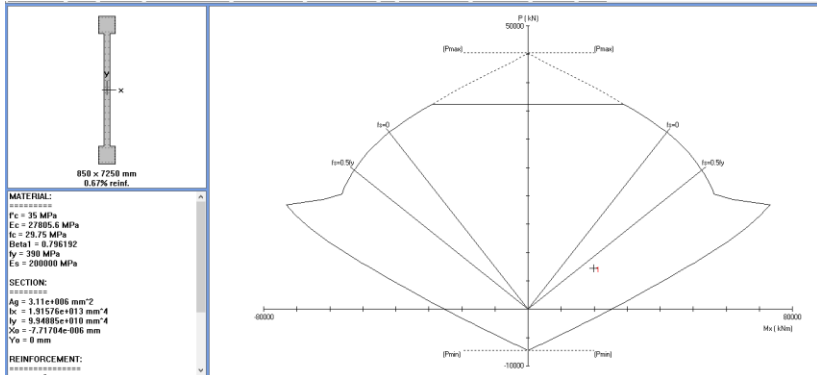
Karena $\phi V_n = 3431,903 \text{ kN} < V_n \text{ maks} = 6540,581 \text{ kN}$ maka dipakai $V_n = 3431,903 \text{ kN}$

8.5.2.5 Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu spColumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 7272,788 \text{ kN}$$

$$M_u = 19925,958 \text{ kNm}$$



Gambar 8.52 Digram Interaksi Dinding Struktural

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **D16-300 mm**.

8.5.2.6 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (Special Boundary Element)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

Luas dinding bruto:

$$A_g = (300 \times 5550) \text{ mm}^2 + (2 \times 850 \times 850) \text{ mm}^2$$

$$A_g = 3110000 \text{ mm}^2 = 3,11 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 300 \text{ mm} \cdot (5550 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 4,273 \times 10^{12} \text{ mm}^4 = 4,273 \text{ m}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 5550 \text{ m} / 2 = 2,775 \text{ m}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot y}{I_g} > 0,2 \cdot f_c'$$

$$\frac{7272,788 \text{ kN}}{3,11 \text{ m}^2} + \frac{19925,958 \text{ kN.m. } 2,775 \text{ m}}{4,273 \text{ m}^4} > 0,2 \cdot 35 \text{ Mpa}$$

$$15,276 \text{ Mpa} > 7 \text{ Mpa}$$

Maka diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding

8.5.2.7 Penentuan Panjang Special Boundary Element

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.64*, special boundary element harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan luar tidak kurang daripada $c - 0,1 \cdot \ell_w$ dan $c/2$. Untuk nilai c didapatkan dari spColumn 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	45217.1	0.00	0.00	20517	7181	-0.00195	0.650
@ Allowable comp.	36173.7	29020.44	0.00	8255	7181	-0.00039	0.650
@ fs = 0.0	31189.8	42020.96	0.00	7181	7181	-0.00000	0.650
@ fs = 0.5*fy	24541.3	52640.85	0.00	5420	7181	0.00098	0.650
@ Balanced point	20005.2	56567.11	0.00	4352	7181	0.00195	0.650
@ Tension control	18920.5	73864.85	0.00	2693	7181	0.00500	0.900
@ Pure bending	0.0	25288.91	-0.00	411	7181	0.04942	0.900
@ Max tension	-7299.4	-0.00	-0.00	0	7181	9.99999	0.900

Gambar 8.53 Hasil Control Points dari Program SpColumn

Digunakan interpolasi dari nilai aksial yang terjadi:

$$P = 18920,5 \text{ kN}, \quad x = 2693 \text{ mm}$$

$$P = 0 \quad x = 411 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $P_u = 7272,788 \text{ kN}$ adalah:

$$c = 2693 \text{ mm} - \frac{(18920,5 \text{ kN} - 7272,788 \text{ kN})}{(18920,5 \text{ kN} - 0)} \cdot (2693 - 411) \text{ mm}$$

$$c = 1288,17 \text{ mm}$$

$$c - 0,1\ell_w = 1288,17 \text{ mm} - 0,1 \cdot 5550 \text{ mm} = 733,1704 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{2} = \frac{1288,17 \text{ mm}}{2} = 644,085 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni = 733,1704 mm

Sehingga panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 750 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 850 mm sedangkan panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 750 mm maka diperpanjang menjadi 1150 mm agar menerus ke dalam badan sepanjang 300 mm.

8.5.2.8 Tulangan Confinement untuk Dinding Struktural

4. Tulangan Longitudinal pada *special boundary element*

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan pada *special boundary element* terdapat 20D19 sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho = \frac{(20 \times \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2)}{(850 \text{ mm} \cdot 850 \text{ mm}) + (850 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm})} = 0,0058$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah komponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0,005. Jadi tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

5. Tulangan *Confinement* pada *special boundary element*

Apabila digunakan hoop dibentuk persegi berdiameter D13 maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang diantara :

- $\frac{1}{4}$ panjang sisi pendek = $\frac{1}{4} \times 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$

- $6 d_b = 6 \times 13 \text{ mm} = 78 \text{ mm}$

- Nilai s_0 , dimana : $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 h_x}{3}$

$$h_x = 300 - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 194 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 194}{3} = 184,33 \text{ mm}$$

Namun nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s max terkeci yakni 100 mm

Maka nilai $s = 100 \text{ mm}$

Karakteristik inti penampang:

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 850 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm} + 2 \times 13 \text{ mm} / 2) = 757 \text{ mm}$$

Tulangan Confinemet yang dbutuhkan adalah :

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$Ash = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 757 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}}$$

$$Ash = 611,423 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 5 kaki D13 maka:

$$As = 5 \times \left(\frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \right) = 663,6614 \text{ mm}^2$$

Agar nilai $As > Ash$, maka perlu dipasang 5 kaki D13 sejarak 100 mm pada daerah *special boundary element*.

6. 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} :

$$- \frac{1}{4} \text{ panjang sisi pendek} = \frac{1}{4} \times 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$- 6 \text{ db} = 6 \times 13 \text{ mm} = 78 \text{ mm}$$

$$- \text{Nilai } s_0, \text{ dimana : } s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3}$$

$$h_x = 300 - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 194 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 194}{3} = 184,33 \text{ mm}$$

Namun nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s_{\max} terkeci yakni 100 mm

Maka nilai $s = 100 \text{ mm}$

- Untuk tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding struktural, digunakan D13-100

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm} + 2 \times 13 \text{ mm} / 2) = 207 \text{ mm}$$

Tulangan Confinemet yang dbutuhkan adalah :

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$Ash = \frac{0,09 \cdot 100mm \cdot 207 mm \cdot 35 Mpa}{390 Mpa}$$

$$Ash = 167,1923 mm^2$$

Apabila digunakan D13 maka:

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \pi (13 mm)^2 = 132,732 mm^2$$

$$n_{pasang} = \frac{167,1923 mm^2}{132,732 mm^2} \approx 2 \text{ kaki}$$

Jadi sesuai perhitungan diatas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13-100 mm**

- Untuk tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding struktural, digunakan D13-100

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 300 mm + (2 \times 13 mm / 2) = 313 mm$$

Tulangan Confinemet yang dbutuhkan adalah :

$$Ash = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$Ash = \frac{0,09 \cdot 100mm \cdot 313 mm \cdot 35 Mpa}{390 Mpa}$$

$$Ash = 252,808 mm^2$$

Apabila digunakan D13 maka:

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \pi (13 mm)^2 = 132,732 mm^2$$

$$n_{pasang} = \frac{252,808 mm^2}{132,732 mm^2} \approx 2 \text{ kaki}$$

Jadi sesuai perhitungan diatas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13-100 mm**

8.5.2.9 Panjang Penyaluran Tulangan

Untuk panjang penyaluran tulangan D19 yang dibutuhkan, l_d , diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2*

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_s}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ci}}} \right) \cdot d_b$$

Diketahui nilai :

$$d_b = 19 \text{ mm} \qquad \psi_s = 1,0$$

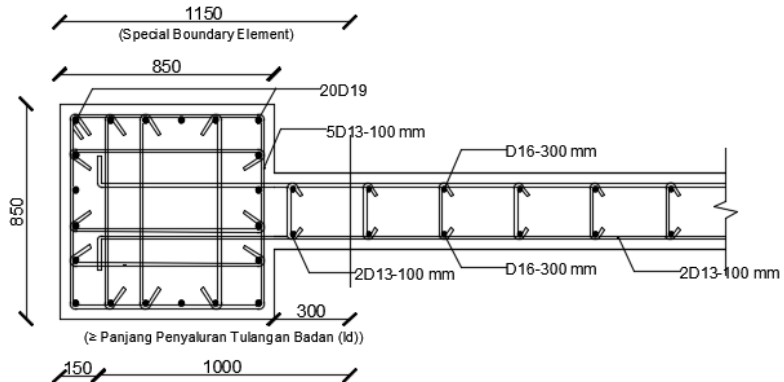
$$\psi_t = 1,0 \qquad \lambda = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{390 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{2,1 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm} = 596,437 \text{ mm}$$

$$1,3 \ell d = 1,3 \cdot 596,437 \text{ mm} = 775,369 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang $\ell d = 800 \text{ mm} = 0,8 \text{ m}$



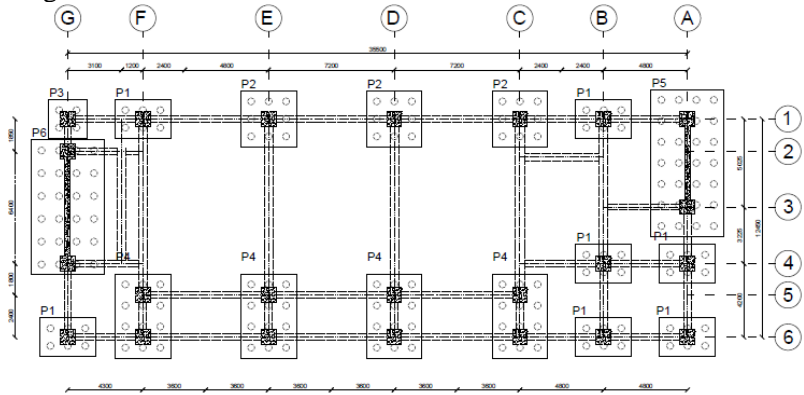
Gambar 8.54 Detail Penulangan pada *Shearwall* Tipe 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX ANALISIS 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 Daya Dukung

9.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan Material (Brosur)

1. Data Perencanaan

Apabila diketahui data-data sebagai berikut:

F_c'	= 35 Mpa
F_y	= 390 Mpa
Safety factor	= 3

Untuk tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang PT.

Hume Sakti Indonesia dengan data sebagai berikut:

Diameter	= 400 mm
Class	= A
Ketebalan dinding	= 75 mm

Luas penampang = 766 cm²
 P ijin bahan = 120 ton
 M bending crack = 5,5 ton.m

TABLE OF STANDARD DIMENSIONS - PT. HUME SAKTI INDONESIA - PC PILES

OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm ²)	CALCULATED BENDING MOMENT (T.M)		ALLOWABLE AXIAL LOAD (TON)	NOMINAL WEIGHT (kg/M)
				DIA (mm)	NOS		CRACK	ULT		
300	60	7-13	A	7	6	452	2.5	4.7	75	119
			B	7	12		3.5	7.0	70	
			C	7	16		4.0	9.0	65	
350	65	7-15	A	7	8	582	3.5	6.9	95	151
			B	7	14		5.0	9.6	90	
			C	7	20		6.0	13.5	85	
400	75	7-16	A	7	10	766	5.5	9.4	120	199
			B	7	18		7.5	14.2	115	
			C	7	20		9.0	18.9	112	
450	80	7-16	A	7	12	930	7.5	12.4	150	242
			B	7	24		11.0	21.3	140	
			C	9	20		12.5	26.0	135	
500	90	7-16	A	7	14	1159	10.5	15.7	185	301
			B	7	30		15.0	29.5	175	
			C	9	24		17.0	35.1	170	
600	100	7-16	A	7	18	1571	17.0	23.6	250	408
			B	9	26		25.0	46.2	240	
			C	9	34		29.0	60.2	230	

Gambar 9.2 Brosur Tiang Pancang PT. Hume Sakti Indonesia

9.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan SPT

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan Luciano Decourt dalam "Prediction of the Bearing Capacity of Piles Based Exclusively on N Value of the SPT".

$$Q_p = \alpha \cdot q_p \cdot A_p = \alpha \cdot (K \cdot N_p) \cdot A_p$$

$$A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Q_s = \beta \cdot q_s \cdot A_s = \beta \cdot \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

N = nilai SPT

Q_p = daya dukung ujung tiang

α = base coefficient

N_p = harga rata-rata SPT 4D diatas dan dibawah ujung tiang

A_p = luas ujung tiang

- Q_s = daya dukung ultimate akibat gesekan disepanjang tiang
 β = *shaft coefficient*
 q_s = tegangan akibat letakan lateral dalam t/m^3
 N_s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan ; $3 \leq N \leq 50$
 A_s = luas selimut tiang pancang
 Q_u = daya dukung ultimate
 Q_{all} = daya dukung ijin
 SF = *safety factor*
 K = koefisien tanah

Tabel 9.1 Tabel Nilai *Base and Shaft Coefficient*

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	α	β	α	β	α	β
1. Driven Pile	1	1	1	1	1	1
2. Bored Pile	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
3. Injected Pile	1	3	1	3	1	3

(Decourt & Quaresma, 1978 & Decout et al, 1996).

Nilai K untuk:

- Lempung = $12 t/m^2$
 Lanau berlempung = $20 t/m^2$
 Lanau berpasir = $25 t/m^2$
 Pasir = $40 t/m^2$

Harga N dibawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan perumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck):

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

Dimana :

N = Jumlah pukulan kenyataan lapangan untuk dibawah muka air tanah

Diameter tiang pancang = 0,4 m

$$A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,4^2 = 0,126 m^2$$

Perhitungan selanjutnya akan disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 9.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan N SPT

Kedalaman (m)	Nilai N _{SPT}	N'	N' Kumulatif	N _p	Jenis Tanah (C/S)	K	Q _p (ton)	N _s	As	Q _s	Q _u	Q _{all}	P ijin bahan (t)	CEK
									m ²	(ton)	(ton)	(ton)		
1	1	8	8	8,000	P	40	40,212	8,000	1,257	4,608	44,820	14,940	120	OKE
2	1	8	16	8,000	LL	20	20,106	8,000	2,513	9,215	29,322	9,774	120	OKE
3	1	8	24	8,000	LL	20	20,106	8,000	3,770	13,823	33,929	11,310	120	OKE
4	1	8	32	8,000	LL	20	20,106	8,000	5,027	18,431	38,537	12,846	120	OKE
5	1	8	40	8,000	LL	20	20,106	8,000	6,283	23,038	43,145	14,382	120	OKE
6	1	8	48	8,000	LL	20	20,106	8,000	7,540	27,646	47,752	15,917	120	OKE
7	1	8	56	8,000	LL	20	20,106	8,000	8,796	32,254	52,360	17,453	120	OKE
8	1	8	64	8,000	LL	20	20,106	8,000	10,053	36,861	56,968	18,989	120	OKE
9	1	8	72	8,000	LL	20	20,106	8,000	11,310	41,469	61,575	20,525	120	OKE
10	1	8	80	8,111	LL	20	20,385	8,000	12,566	46,077	66,462	22,154	120	OKE
11	1,7	8	88	8,333	LL	20	20,944	8,030	13,823	50,824	71,768	23,923	120	OKE
12	2,3	9	97	8,667	LL	20	21,782	8,083	15,080	55,711	77,493	25,831	120	OKE
13	3	9	106	10,139	LL	20	25,482	8,154	16,336	60,737	86,219	28,740	120	OKE
14	10,5	13	119	12,750	LL	20	32,044	8,482	17,593	67,335	99,379	33,126	120	OKE
15	18	17	135	15,972	LL	20	40,143	9,017	18,850	75,503	115,646	38,549	120	OKE
16	22,3	19	154	18,667	LL	20	46,914	9,620	20,106	84,579	131,493	43,831	120	OKE
17	26,7	21	175	20,833	LL	20	52,360	10,279	21,363	94,562	146,922	48,974	120	OKE
18	31	23	198	24,694	LL	20	62,064	10,986	22,619	105,453	167,517	55,839	120	OKE
19	45,5	30	228	30,250	LL	20	76,027	12,000	23,876	119,381	195,407	65,136	120	OKE
20	60	38	266	35,083	LL	20	88,174	13,275	25,133	136,345	224,519	74,840	120	OKE
21	60,0	38	303	37,500	LL	20	94,248	14,429	26,389	153,310	247,558	82,519	120	OKE
22	60,0	38	341	37,500	P	40	188,496	15,477	27,646	170,274	358,770	119,590	120	OKE
23	60	38	378	35,583	P	40	178,861	16,435	28,903	187,239	366,100	122,033	120	T OKE
24	48,5	32	410	31,750	P	40	159,593	17,073	30,159	201,795	361,388	120,663	120	T OKE
25	37	26	436	27,972	P	40	140,604	17,430	31,416	213,942	354,546	118,182	120	OKE
26	37,3	26	462	26,167	LL	20	65,764	17,766	32,673	226,160	291,924	97,308	120	OKE
27	37,7	26	488	26,333	P	40	132,366	18,083	33,929	238,447	370,813	123,604	120	T OKE
28	38	27	515	27,028	P	40	135,856	18,384	35,186	250,804	386,660	128,887	120	T OKE
29	41,5	28	543	28,250	P	40	142,000	18,724	36,442	263,894	405,894	135,298	120	T OKE
30	45	30	573	30,250	P	40	152,053	19,100	37,699	277,717	429,770	143,257	120	T OKE
31	50,0	33	606	32,500	P	40	163,363	19,532	38,956	292,587	455,950	151,983	120	T OKE
32	55,0	35	641	35,000	P	40	175,929	20,016	40,212	308,504	484,434	161,478	120	T OKE
33	60	38	678	34,583	P	40	173,835	20,545	41,469	325,469	499,304	166,435	120	T OKE
34	47,5	31	709	31,250	LL	20	78,540	20,860	42,726	339,816	418,355	139,452	120	T OKE
35	35	25	734	28,361	LL	20	71,279	20,979	43,982	351,544	422,823	140,941	120	T OKE
36	42,7	29	763	28,833	LL	20	72,466	21,197	45,239	364,879	437,345	145,782	120	T OKE
37	50,3	33	796	32,667	LL	20	82,100	21,507	46,496	379,819	461,919	153,973	120	T OKE
38	58	37	832	35,389	LL	20	88,942	21,901	47,752	396,364	485,306	161,769	120	T OKE
39	59,0	37	869	37,000	LL	20	92,991	22,288	49,009	413,119	506,111	168,704	120	T OKE
40	60	38	907	37,333	LL	20	93,829	22,669	50,265	430,084	523,913	174,638	120	T OKE
41	60	38	944	37,500	P	40	188,496	23,030	51,522	447,049	635,544	211,848	120	T OKE
42	60	38	982	37,500	P	40	188,496	23,375	52,779	464,013	652,509	217,503	120	T OKE
43	60	38	1019	37,500	P	40	188,496	23,703	54,035	480,978	669,473	223,158	120	T OKE
44	60	38	1057	37,500	P	40	188,496	24,017	55,292	497,942	686,438	228,813	120	T OKE
45	60	38	1094	37,500	P	40	188,496	24,317	56,549	514,907	703,403	234,468	120	T OKE
46	60	38	1132	37,500	P	40	188,496	24,603	57,805	531,872	720,367	240,122	120	T OKE
47	60	38	1169	37,500	P	40	188,496	24,878	59,062	548,836	737,332	245,777	120	T OKE
48	60	38	1207	37,500	P	40	188,496	25,141	60,319	565,801	754,296	251,432	120	T OKE
49	60	38	1244	37,500	P	40	188,496	25,393	61,575	582,765	771,261	257,087	120	T OKE
50	60	38	1282	37,500	P	40	188,496	25,635	62,832	599,730	788,226	262,742	120	T OKE

Didapatkan daya dukung tiang pancang dengan kedalaman 22 m dan diameter 0,4 m adalah $P = 119,590$ ton.

Karena nilai P ijin bahan lebih besar dari P ijin tanah, maka yang dipakai untuk perhitungan adalah **P ijin = 119,590 ton**

9.3 Perhitungan Pondasi Satu Kolom (Tipe 1)

9.3.1 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 Bpeck)*" menyebutkan bahwa :

Peritungan jarak antar tiang pancang (S) :

$$S \geq 2,5D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 100$ cm

Peritungan jarak antar tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 60$ cm

Sehingga total lebar poer:

$$b = 100 \text{ cm} + 60 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 220 \text{ cm} = 2,2 \text{ m}$$

$$h = 100 \text{ cm} + 100 + 60 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan 0,75 m

9.3.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 427 yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 369,762 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,868 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 5,406 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 11,5 \text{ ton}$$

$$V_y = 3,88 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\sum Mx = 1,868 + 3,88 \cdot 0,75 = 4,774 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 5,406 + 11,5 \cdot 0,75 = 13,766 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah X (1DL + 1L+1EX)

$$P = 476,701 \text{ ton}$$

$$Mx = 79,402 \text{ ton.m}$$

$$My = 12,468 \text{ ton.m}$$

$$Vx = 13,43 \text{ ton}$$

$$Vy = 21,8 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = Mx + Vy \cdot d$$

$$\sum Mx = 79,402 + 21,8 \cdot 0,75 = 95,749 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 12,468 + 13,43 \cdot 0,75 = 22,542 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah Y (1DL + 1L+1EY)

$$P = 473,604 \text{ ton}$$

$$Mx = 25,343 \text{ ton.m}$$

$$My = 26,26 \text{ ton.m}$$

$$Vx = 16,114 \text{ ton}$$

$$Vy = 9,386 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = Mx + Vy \cdot d$$

$$\sum Mx = 25,343 + 9,386 \cdot 0,75 = 32,383 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 26,26 + 16,114 \cdot 0,75 = 38,326 \text{ ton.m}$$

$$\text{Berat Pilecap} = 2,4 \times 2,2 \times 3,2 \times 0,75 = 12,672 \text{ ton}$$

Jumlah minimum tiang yang diperlukan:

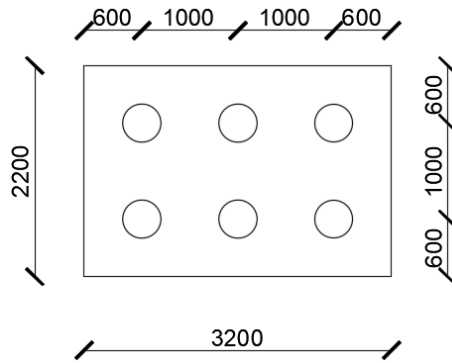
$$n = \frac{P \text{ maks}}{P \text{ ijin}} = \frac{476,701}{119,590} = 4,07 \approx 6 \text{ tiang}$$

9.3.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1).m+(m-1).n}{90.m.n} \right]$$



Gambar 9.3 Pondasi Tipe 1

Dimana:

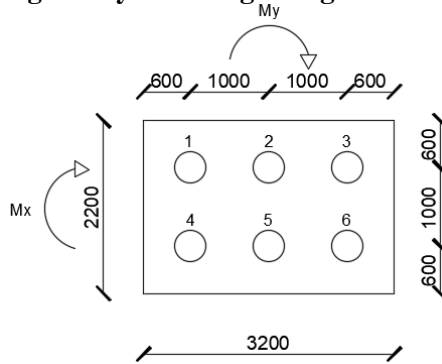
m	= banyak tiang dalam baris	= 3 buah
n	= banyak tiang dalam kolom	= 2 buah
D	= diameter tiang pancang	= 0,4 m
S	= jarak antar sumbu as tiang pancang	= 1,0 m

Sehingga:

$$(\eta) = 1 - \arctan \frac{0,4 \text{ m}}{1,0 \text{ m}} \left[\frac{(2-1).3 + (3-1).2}{90.3.2} \right] = 0,717$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \times \text{jumlah tiang} \\ &= 0,717 \times 119,590 \text{ ton} \times 6 \\ &= 514,755 \text{ ton} > P \text{ max} = 476,701 \text{ ton (OKE)} \end{aligned}$$

9.3.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 9.4 Gaya yang Terjad pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

Tabel 9.3 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²
1	-1	1	0,5	0,25
2	0	0	0,5	0,25
3	1	1	0,5	0,25
4	-1	1	-0,5	0,25
5	0	0	-0,5	0,25
6	1	1	0,5	0,25
	Σx^2	4	Σy^2	1,5

- Perhitungan akibat beban tetap:

Berdasarkan “Desain Pondasi Tahan Gempa” oleh Anugrah Pamungkas dan Emy Harianti digunakan rumus:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{m \cdot \Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{n \cdot \Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{369,762 + 12,672 \text{ ton}}{6} - \frac{4,774 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} - \frac{13,766 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 61,488 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{369,762+12,672 \text{ ton}}{6} + \frac{4,774 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} - \frac{13,766 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 62,549 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{369,762+12,672 \text{ ton}}{6} - \frac{4,774 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} + \frac{13,766 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 64,929 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{369,762+12,672 \text{ ton}}{6} + \frac{4,774 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} + \frac{13,766 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 65,990 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

• Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P1 = \frac{476,701+12,672 \text{ ton}}{6} - \frac{95,749 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} - \frac{22,542 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 68,106 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{476,701+12,672 \text{ ton}}{6} + \frac{95,749 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} - \frac{22,542 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 89,383 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{476,701+12,672 \text{ ton}}{6} - \frac{95,749 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} + \frac{22,542 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 73,741 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{476,701+12,672 \text{ ton}}{6} + \frac{95,749 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} + \frac{22,542 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 95,019 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

• Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P1 = \frac{473,604+12,672 \text{ ton}}{6} - \frac{32,383 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} - \frac{38,326 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 72,655 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{473,604+12,672 \text{ ton}}{6} + \frac{32,383 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} - \frac{38,326 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 79,851 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{473,604+12,672 \text{ ton}}{6} - \frac{32,383 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} + \frac{38,326 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 82,241 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{473,604+12,672 \text{ ton}}{6} + \frac{32,383 \text{ ton.m} \cdot 0,5 \text{ m}}{3 \cdot 1,5 \text{ m}^2} + \frac{38,326 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot 4 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 89,437 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

9.3.5 Kontrol Kekuaan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut:

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat *multilayer*

Le = panjang penjepitan

Le = 3 x 0,4 m = 1,2 m

My = Le x Hy

$$= 1,2 \text{ m} \times 21,8 \text{ ton} = 26,156 \text{ ton.m}$$

$$My \text{ satu tiang pancang} = \frac{My}{n} = \frac{26,156 \text{ ton.m}}{6} = 4,359 \text{ ton.m}$$

My = 4,359 ton.m < M bending crack = 5,5 ton.m (OKE)

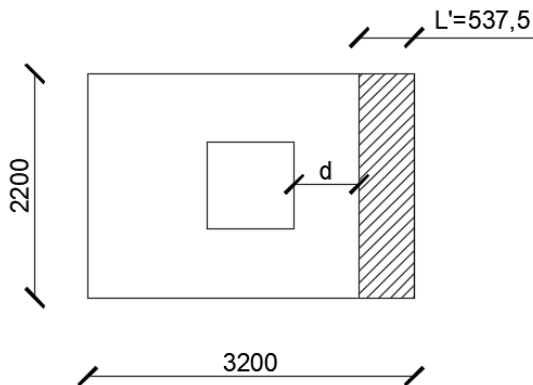
Mx = Le x Hx

$$= 1,2 \text{ m} \times 16,11 \text{ ton} = 19,337 \text{ ton.m}$$

$$Mx \text{ satu tiang pancang} = \frac{Mx}{n} = \frac{19,337 \text{ ton.m}}{6} = 3,223 \text{ ton.m}$$

Mx = 3,223 ton.m < M bending crack = 5,5 ton.m (OKE)

9.3.6 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

$d = h - t - \text{diamer tul. Poer} - \text{diameter tul poer} / 2$

$$d = 750 - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 637,5 \text{ mm}$$

Didapatka dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D+1,6L)

$$Pu = 461,514 \text{ ton}$$

$$Qu = \frac{Pu}{b \cdot h} = \frac{461,514 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m}} = 0,656 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, Vu

$$L' = L - (0,5 \cdot b \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d$$

$$L' = 3200 - (0,5 \cdot 3200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 850 \text{ mm}) - 637,5 \text{ mm}$$

$$L' = 537,5 \text{ mm}$$

$$Vu = Qu \times b \times L'$$

$$Vu = 0,656 \text{ N/mm}^2 \times 3200 \text{ mm} \times 537,5 \text{ mm}$$

$$Vu = 1127.562,614 \text{ N}$$

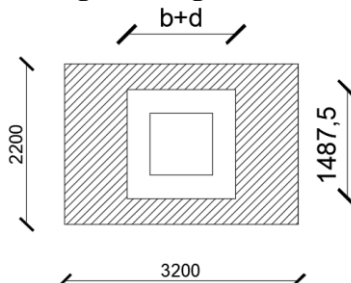
Gaya geser yang mampu dipikul ole beton, Vc

$$Vc = 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$Vc = 0,17 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$Vc = 2.051.696 \text{ N} > Vu = 1127.562,614 \text{ N} \quad (\text{OKE})$$

9.3.7 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang



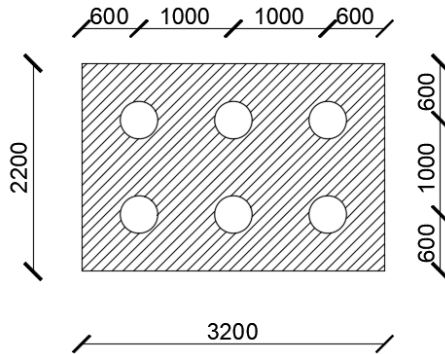
Gambar 9.6 Bidang Kritis Geser Dua Arah

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pad poer, V_u :

$$A_t = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \cdot (h \text{ kolom} + d)]$$

$$A_t = (3200 \text{ mm} \cdot 2200 \text{ mm}) - [(850 \text{ mm} + 637,5 \text{ mm}) \cdot (850 \text{ mm} + 637,5 \text{ mm})]$$

$$A_t = 4.827.343 \text{ mm}^2$$



Gambar 9.7 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,656 \text{ N/mm}^2 \cdot 4.827.343 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 3164,612 \text{ kN}$$

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 476,701 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{476,701 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m}} = 0,677 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$A_t = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang}$$

$$A_t = (3200 \text{ mm} \cdot 2200 \text{ mm}) - 6 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (400 \text{ mm})^2)$$

$$A_t = 6.286.018 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,667 \text{ N/mm}^2 \cdot 6.286.018 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 4256,464 \text{ kN}$$

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 = 4256,464 kN .

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1* (a), (b), dan (c) untuk perencanaan plat aau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

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

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850 \text{ mm} / 850 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (850 \text{ mm} + 850 \text{ mm}) + 4 \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$= 5950 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (Untuk beton normal)

Maka :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5950 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 11.444,62 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (Untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (Untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (Untuk kolom sudut)

$$V_c = 0,083 \left(\frac{30 \cdot 637,5}{5950} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5950 \cdot 637,5$$

$$V_c = 9711,898 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5950 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 7405,342 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 7405,342 \text{ kN}$
 $V_u = 4256,464 \text{ kN} < V_c = 7405,342 \text{ kN}$ (OKE)

9.3.8 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan dengan perletakkan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui :

b poer = 3200 mm

h poer = 2200 mm

t poer = 750 mm

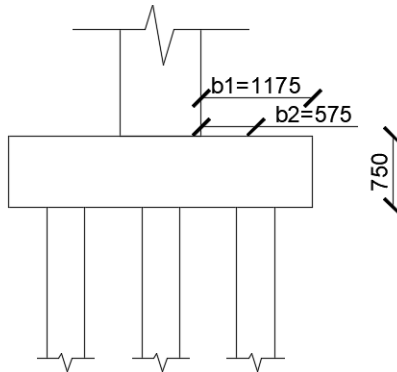
selimut beton = 75 mm

Diameter tulangan lentur = 25 mm

$d_x = 750 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 662,5 \text{ mm}$

$d_y = 750 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 - 25 \text{ mm} / 2 = 637,5 \text{ mm}$

a. Penulangan poer arah X



Gambar 9.8 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

b1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

= 1,175 m

b2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

= 0,575 m

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ &= 2,2 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3960 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada poer adalah:

$$P_u = 95018,778 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -(0,5 \times q_u \times b_1^2) + (P \times b_2) \\ &= -(0,5 \times 3960 \text{ kg/m} \times (1,175 \text{ m})^2) + (95018,778 \text{ kg} \times 0,575 \text{ m}) \\ &= 519.021.597,2 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{519.021.597,2 \text{ N.mm}}{0,8} = 648.776.996,5 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{648.776.996,5 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot 662,5 \text{ mm}^2} = 1,478 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 1,478 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0039$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho = 0,0039$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0039 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 662,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2576,677 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **D25-175 mm**, maka:

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 2804,993 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (OKE)

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot 1000}$$

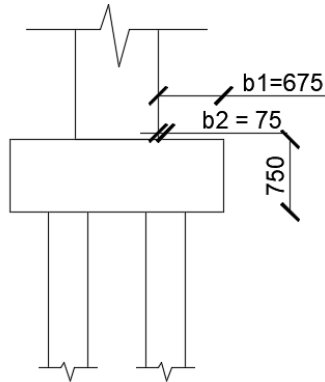
$$a = \frac{2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000} = 36,771 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(662,5 - \frac{36,771}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 563.701.777,7 \text{ N} \cdot \text{mm} > 519.021.597,2 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

b. Penulangan poer arah Y



Gambar 9.9 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

- b1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom
= 0,675 m
- b2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom
= 0,075 m
- qu = berat poer pada daerah yang ditinjau
= 3,2 m x 0,75 m x 2400 kg/m³
= 5760 kg/m

Gaya maksimum yang terjadi pada poer adalah:

$$Pu = 95018,778 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$= -(0,5 \times qu \times b1^2) + (P \times b2)$$

$$= -(0,5 \times 5760 \text{ kg/m} \times (0,675 \text{ m})^2) + (95018,778 \text{ kg} \times 0,075 \text{ m})$$

$$= 58.142.083 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{58.142.083 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,8} = 72.677.604 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{72.677.604 \text{ N} \cdot \text{mm}}{1000 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}^2} = 0,179 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,179 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0005$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,00359$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 228,462 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **D25-175 mm**, maka:

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{175 \text{ mm}} = 2804,993 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu (OKE)}$$

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot 1000}$$

$$a = \frac{2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000} = 36,771 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(637,5 - \frac{36,771}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 541.822.828,9 \text{ N} \cdot \text{mm} > 58.142.083 \text{ N} \cdot \text{mm (OK)}$$

9.3.9 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 722.500 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 3200 \text{ mm} = 10.240.000 \text{ mm}^2$$

- Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 476,701 \text{ ton} = 4767,01 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1$$

$$N_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 722.500 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = 13971,3 \text{ kN} > 4767,01 \text{ kN (OKE)}$$

- Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{10.240.000 \text{ mm}^2}{722.500 \text{ mm}^2}} = 3,765$$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2.

Maka :

$$N_2 = 2 \times N_1 = 2 \times 13971,3 \text{ kN}$$

$$N_2 = 27942,7 \text{ kN} > 4767,01 \text{ kN (OKE)}$$

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 sruktur yang diumpu, Sehingga:

$$A_s \text{ perlu} = 0,005 \times 850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 3612,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai } 20 \text{ D}25 \text{ mm, dengan } A_s \text{ pakai} = 9817,48 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu (OKE)}$$

9.3.10 Penulangan Tusuk Konde

$$\text{Diambil rasio tulangan minimum yaitu} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,004$$

dari inner diametr tiang pancang.

$$\text{Cross section} = 76600 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,004 \times 76600 \text{ mm}^2 = 274,974 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16, } A_s = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{274,974 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2} \approx 2$$

9.4 Perhitungan Pondasi Dua Kolom (Tipe 4)

9.4.1 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 Bpeck)*" menyebutkan bahwa :

Peritungan jarak antar tiang pancang (S) :

$$S \geq 2,5D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai S = 100 cm dan S = 120 cm

Peritungan jarak antar tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 2 \times 100 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$h = 4 \times 120 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 480 \text{ cm} = 4,8 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan 0,85 m

9.4.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 439 dan joint 444 yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

Joint 439 :

$$P = 352,941 \text{ ton}$$

$$M_x = 2,052 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 2,291 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 13,03 \text{ ton}$$

$$V_y = 4,94 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\sum M_x = 2,052 + 4,94 \cdot 0,85 = 6,247 \text{ ton.m}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$\sum M_y = 2,291 + 13,03 \cdot 0,85 = 13,366 \text{ ton.m}$$

Joint 444 :

$$P = 242,749 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,745 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,578 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,48 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,44 \text{ ton}$$

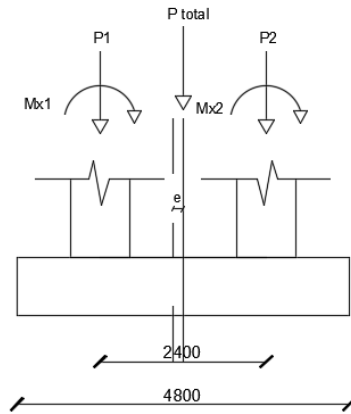
$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\sum M_x = 1,745 + 0,44 \cdot 0,85 = 2,121 \text{ ton.m}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$\sum M_y = 0,578 + 0,48 \cdot 0,85 = 0,987 \text{ ton.m}$$

Mencari eksentrisitas:



Gambar 9.10 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 2,4 m

$$x = \frac{242,749 \text{ ton} \cdot 2,4 \text{ m}}{352,941 + 242,749} = 0,978 \text{ m}$$

$$e = \frac{2,4 \text{ m}}{2} - 0,978 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 595,69 \text{ ton}$$

$$V_x = 13,51 \text{ ton}$$

$$V_y = 5,377 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = 6,247 + 2,121$$

$$\sum M_x = 8,367 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$\sum M_y = 13,366 \text{ ton} \cdot \text{m} + 0,987 \text{ ton} \cdot \text{m} + (595,69 \cdot 0,2) \text{ ton}$$

$$\sum M_y = 146,583 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

- Akibat beban semantara arah X (1DL + 1L+1EX)

Joint 439 :

$$P = 422,689 \text{ ton}$$

$$M_x = 82,84 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$M_y = 8,681 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$V_x = 29,18 \text{ ton}$$

$$V_y = 25,59 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\sum Mx = 82,84 + 25,59 \cdot 0,85 = 104,590 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 8,681 + 29,18 \cdot 0,85 = 33,482 \text{ ton.m}$$

Joint 444 :

$$P = 309,759 \text{ ton}$$

$$Mx = 79,683 \text{ ton.m}$$

$$My = 6,703 \text{ ton.m}$$

$$Vx = 2,83 \text{ ton}$$

$$Vy = 19,57 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = Mx + Vy \cdot d$$

$$\sum Mx = 79,683 + 19,57 \cdot 0,85 = 96,78 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 6,703 + 2,83 \cdot 0,85 = 9,11 \text{ ton.m}$$

Mencari eksentrisitas:

Jarak antar kolom = 2,4 m

$$x = \frac{309,759 \text{ ton} \cdot 2,4 \text{ m}}{422,689 + 309,759} = 1,105 \text{ m}$$

$$e = \frac{2,4 \text{ m}}{2} - 1,105 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 732,448 \text{ ton}$$

$$Vx = 32,01 \text{ ton}$$

$$Vy = 45,152 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = 104,590 + 96,78$$

$$\sum Mx = 201,17 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = 33,482 \text{ ton.m} + 9,11 \text{ ton.m} + (732,448 \cdot 0,2) \text{ ton}$$

$$\sum My = 178,101 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah Y (1DL + 1L+1EY)

Joint 439 :

$$P = 376,686 \text{ ton}$$

$$Mx = 27,546 \text{ ton.m}$$

$$My = 22,643 \text{ ton.m}$$

$$Vx = 22,297 \text{ ton}$$

$$Vy = 11,358 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = Mx + Vy \cdot d$$

$$\sum Mx = 27,546 + 11,358 \cdot 0,85 = 37,200 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 22,643 + 22,297 \cdot 0,85 = 41,595 \text{ ton.m}$$

Joint 444 :

$$P = 364,212 \text{ ton}$$

$$Mx = 27,062 \text{ ton.m}$$

$$My = 20,47 \text{ ton.m}$$

$$Vx = 6,49 \text{ ton}$$

$$Vy = 6,597 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = Mx + Vy \cdot d$$

$$\sum Mx = 27,062 + 6,597 \cdot 0,85 = 32,669 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = My + Vx \cdot d$$

$$\sum My = 20,47 + 6,49 \cdot 0,85 = 25,989 \text{ ton.m}$$

Mencari eksentrisitas:

Jarak antar kolom = 2,4 m

$$x = \frac{364,212 \text{ ton} \cdot 2,4 \text{ m}}{376,686 + 364,212} = 1,18 \text{ m}$$

$$e = \frac{2,4 \text{ m}}{2} - 1,18 \text{ m} = 0,02 \text{ m} = 0$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah:

$$P = 740,898 \text{ ton}$$

$$Vx = 28,787 \text{ ton}$$

$$Vy = 17,955 \text{ ton}$$

$$\sum Mx = 37,200 \text{ ton.m} + 32,669 \text{ ton.m}$$

$$\sum Mx = 69,87 \text{ ton.m}$$

$$\sum My = 41,595 \text{ ton.m} + 25,989 \text{ ton.m} + (740,898 \cdot 0,001) \text{ ton}$$

$$\sum My = 82,553 \text{ ton.m}$$

$$\text{Berat Pilecap} = 2,4 \times 3,2 \times 4,8 \times 0,85 = 31,334 \text{ ton}$$

Jumlah minimum tiang yang diperlukan:

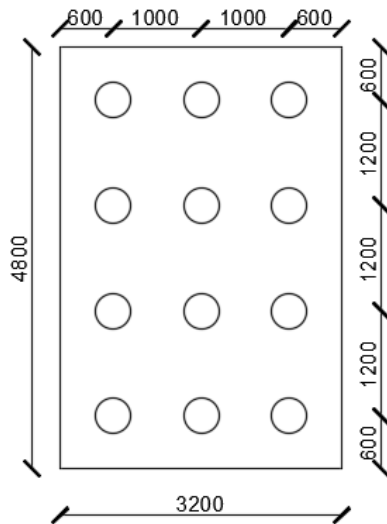
$$n = \frac{P \text{ maks}}{P \text{ ijin}} = \frac{740,898}{119,590} = 6,195 \approx 12 \text{ tiang}$$

9.4.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1).m+(m-1).n}{90.m.n} \right]$$



Gambar 9.11 Pondasi Tipe 3

Dimana:

m	= banyak tiang dalam baris	= 3 buah
n	= banyak tiang dalam kolom	= 4 buah
D	= diameter tiang pancang	= 0,4 m
S	= jarak antar sumbu as tiang pancang	= 1,2 m

Sehingga:

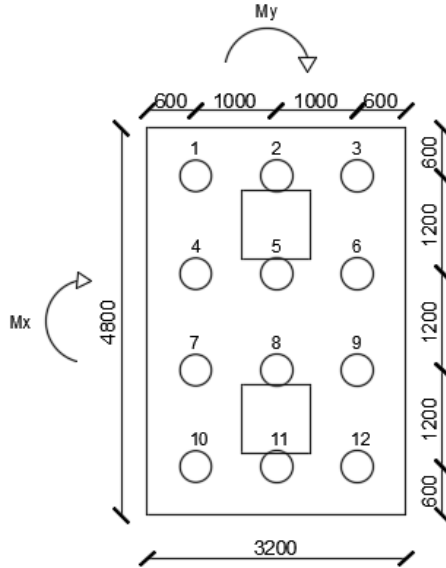
$$(\eta) = 1 - \arctan \frac{0,4 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} \left[\frac{(3-1).4+(4-1).3}{90.3.4} \right] = 0,7098$$

P ijin kelompok = η x P ijin x jumlah tiang

$$= 0,7098 \times 119,590 \text{ ton} \times 12 = 1018,649 \text{ ton}$$

$$= 1018,649 \text{ ton} > P \text{ max} = 740,898 \text{ ton (OKE)}$$

9.4.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 9.12 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

- Perhitungan akibat beban tetap:

Tabel 9.4 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²
1	1	1	-1,6	2,56
2	0	0	-1,6	2,56
3	-1	1	-1,6	2,56
4	1	1	-0,4	0,16
5	0	0	-0,4	0,16
6	-1	1	-0,4	0,16
7	1	1	0,8	0,64
8	0	0	0,8	0,64
9	-1	1	0,8	0,64
10	1	1	2	4
11	0	0	2	4
12	-1	1	2	4
	Σx^2	8	Σy^2	22,08

Berdasarkan “Desain Pondasi Tahan Gempa” oleh Anugrah Pamungkas dan Emy Harianti digunakan rumus:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{m \cdot \Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{n \cdot \Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{595,69+31,334 \text{ ton}}{12} - \frac{8,367 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} - \frac{146,583 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 48,46 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{595,69+31,334 \text{ ton}}{12} + \frac{8,367 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} - \frac{146,583 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 48,71 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{595,69+31,334 \text{ ton}}{12} - \frac{8,367 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} + \frac{146,583 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 55,789 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{595,69+31,334 \text{ ton}}{12} + \frac{8,367 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} + \frac{146,583 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 56,04 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah X:

No	x	x ²	y	y ²
1	1	1	-1,6	2,56
2	0	0	-1,6	2,56
3	-1	1	-1,6	2,56
4	1	1	-0,4	0,16
5	0	0	-0,4	0,16
6	-1	1	-0,4	0,16
7	1	1	0,8	0,64
8	0	0	0,8	0,64
9	-1	1	0,8	0,64
10	1	1	2	4
11	0	0	2	4
12	-1	1	2	4
	Σx^2	8	Σy^2	22,08

$$P1 = \frac{732,448+31,334\text{ton}}{12} - \frac{201,17 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} - \frac{178,10 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 56,134 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{732,448+31,334\text{ton}}{12} + \frac{201,17 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} - \frac{178,10 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 62,258 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{732,448+31,334\text{ton}}{12} - \frac{201,17 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} + \frac{178,10 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 65,039 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{732,448+31,334\text{ton}}{12} + \frac{201,17 \text{ ton.m} \cdot 2 \text{ m}}{3 \cdot 22,08 \text{ m}^2} + \frac{178,10 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 71,163 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

No	x	x ²	y	y ²
1	1	1	-1,8	3,24
2	0	0	-1,8	3,24
3	-1	1	-1,8	3,24
4	1	1	-0,6	0,36
5	0	0	-0,6	0,36
6	-1	1	-0,6	0,36
7	1	1	0,6	0,36
8	0	0	0,6	0,36
9	-1	1	0,6	0,36
10	1	1	1,8	3,24
11	0	0	1,8	3,24
12	-1	1	1,8	3,24
	Σx^2	8	Σy^2	21,6

$$P1 = \frac{740,898+31,334\text{ton}}{12} - \frac{69,87 \text{ ton.m} \cdot 1,8 \text{ m}}{3 \cdot 21,6 \text{ m}^2} - \frac{82,553 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 60,628 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{740,898+31,334\text{ton}}{12} - \frac{69,87 \text{ ton.m} \cdot 1,8 \text{ m}}{3 \cdot 21,6 \text{ m}^2} - \frac{82,553 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 62,54 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{740,898+31,334\text{ton}}{12} - \frac{69,87 \text{ ton.m} \cdot 1,8 \text{ m}}{3 \cdot 21,6 \text{ m}^2} - \frac{82,553 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 64,755 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{740,898+31,334\text{ton}}{12} - \frac{69,87 \text{ ton.m} \cdot 1,8 \text{ m}}{3 \cdot 21,6 \text{ m}^2} - \frac{82,553 \text{ ton.m} \cdot 1 \text{ m}}{5 \cdot 8 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 66,669 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

9.4.5 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut:

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat *multilayer*

Le = panjang penjepitan

Le = $3 \times 0,4 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$

My = Le x Hy

= $1,2 \text{ m} \times 45,15 \text{ ton} = 54,182 \text{ ton.m}$

My satu tiang pancang = $\frac{My}{n} = \frac{54,182 \text{ ton.m}}{12} = 4,515 \text{ ton.m}$

My = $4,515 \text{ ton.m} < M \text{ bending crack} = 5,5 \text{ ton.m}$ (OKE)

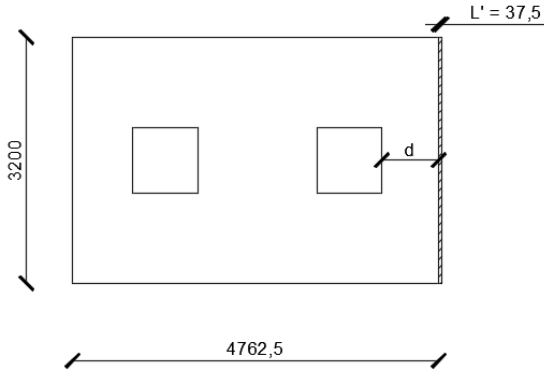
Mx = Le x Hx

= $1,2 \text{ m} \times 32,01 \text{ ton} = 38,412 \text{ ton.m}$

Mx satu tiang pancang = $\frac{My}{n} = \frac{38,412 \text{ ton.m}}{12} = 3,201 \text{ ton.m}$

Mx = $3,201 \text{ ton.m} < M \text{ bending crack} = 5,5 \text{ ton.m}$ (OKE)

9.4.6 Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 9.13 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur

$d = h - t - \text{diamet tul. Poer} - \text{diamet tul poer} / 2$

$d = 850 - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$

$d = 737,5 \text{ mm}$

Didapatka dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D+1,6L)

$$P_u = 752,721 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{752,721 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ m}} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$$L' = 37,5 \text{ mm}$$

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$V_u = 0,392 \text{ N/mm}^2 \times 3200 \text{ mm} \times 37,5 \text{ mm}$$

$$V_u = 58.806,328 \text{ N}$$

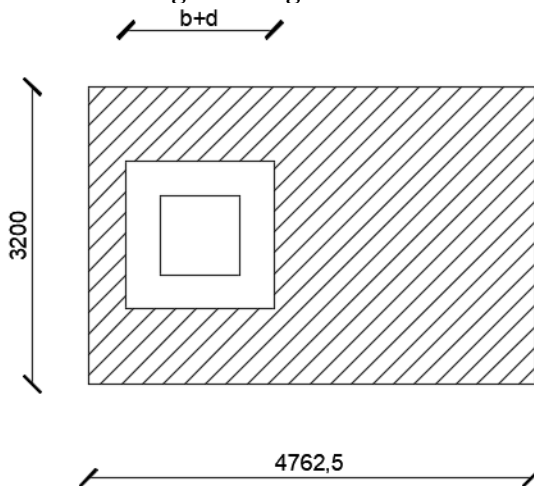
Gaya geser yang mampu dipikul ole beton, V_c

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 737,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2.373.531 \text{ N} > V_u = 799.766,1 \text{ N} \quad (\text{OKE})$$

9.4.7 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang



Gambar 9.14 Bidang Kritis Geser Dua Arah

Menghitung gaa geser dua arah yang terjadi pad poer, V_u :

$$A_t = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \cdot (h \text{ kolom} + d)]$$

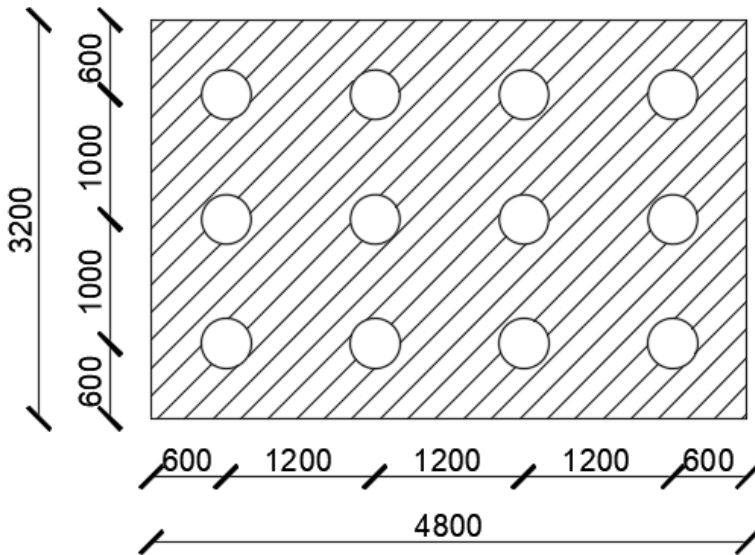
$$A_t = (3200 \text{ mm} \cdot 4800 \text{ mm}) - [(850 \text{ mm} + 737,5 \text{ mm}) \cdot (850 \text{ mm} + 737,5 \text{ mm})]$$

$$A_t = 12.839.844 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,49 \text{ N/mm}^2 \cdot 12.839.844 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 6292,201 \text{ kN}$$



Gambar 9.15 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 752,721 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{752,721 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ m}} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$A_t = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang}$

$$A_t = (3200 \text{ mm} \cdot 4800 \text{ mm}) - 12 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (400 \text{ mm})^2)$$

$$A_t = 13.852.035,53 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,49 \text{ N/mm}^2 \cdot 13.852.035,53 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 6788,228 \text{ kN}$$

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 = 6788,288 kN .

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1* (a), (b), dan (c) untuk perencanaan plat aau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

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

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850 \text{ mm} / 850 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (850 \text{ mm} + 850 \text{ mm}) + 4 \cdot 737,5 \text{ mm}$$

$$= 6350 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Maka :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6350 \text{ mm} \cdot 737,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 14.129,93 \text{ kN}$$

$$\bullet V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (Untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (Untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (Untuk kolom sudut)

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \cdot 737,5}{6350} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6350 \cdot 737,5$$

$$V_c = 15.282,225 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6350 \text{ mm} \cdot 737,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 9142,895 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 9142,895 \text{ kN}$

$$V_u = 6788,288 \text{ kN} < V_c = 9142,895 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

9.4.8 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan dengan perletakkan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui :

$$b \text{ poer} = 2200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 4800 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 850 \text{ mm}$$

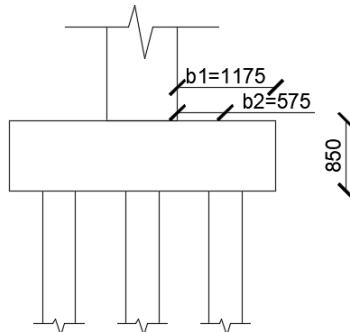
$$\text{selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_x = 850 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 762,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 850 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 737,5 \text{ mm}$$

a. Penulangan poer arah X



Gambar 9.16 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b_1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ &= 1,175 \text{ m} \\ b_2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ &= 0,575 \text{ m} \\ q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ &= 4,8 \text{ m} \times 0,85 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 9792 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada poer adalah:

$$P_u = 71163,197 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -(0,5 \times q_u \times b_1^2) + (P \times b_2) \\ &= -(0,5 \times 9792 \text{ kg/m} \times (1,175 \text{ m})^2) + (71163,197 \text{ kg} \times 0,575 \text{ m}) \\ &= 341.592.983,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{341.592.983,5 \text{ N.mm}}{0,8} = 426.991.229,4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{426.991.229,4 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot 762,5 \text{ mm}^2} = 0,734 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,734 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0019$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,00359$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 762,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2373,179 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **D25-175 mm**, maka:

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{175 \text{ mm}} = 2804,993 \text{ mm}^2$$

As pakai > As perlu (OKE)

$$a = \frac{As \text{ pakai} \cdot fy}{0,85 f'c' \cdot 1000}$$

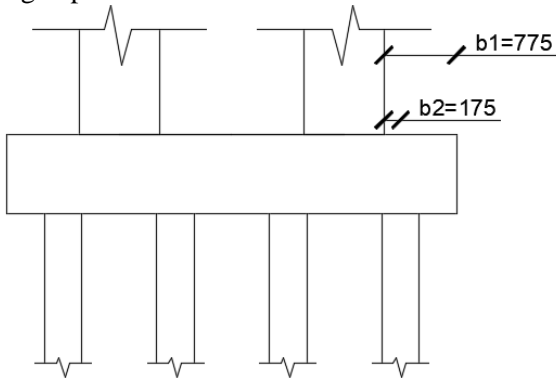
$$a = \frac{2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000} = 36,771 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot As \text{ pakai} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(762,5 - \frac{36,771}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 651.217.573,1 \text{ N} \cdot \text{mm} > 341.592.983,5 \text{ N} \cdot \text{mm} \text{ (OK)}$$

b. Penulangan poer arah Y



Gambar 9.17 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 0,775 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,175 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 0,85 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 6528 \text{ kg/m}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada poer adalah:

$$Pu = 71163,197 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$= -(0,5 \times qu \times b1^2) + (P \times b2)$$

$$= - (0,5 \times 6528,2 \text{ kg/m} \times (0,775 \text{ m})^2) + (71163,197 \text{ kg} \times 0,175 \text{ m})$$

$$= 104.931.195 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{104.931.195 \text{ N.mm}}{0,8} = 131.163.993,7 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{131.163.993,7 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot 737,5^2 \text{ mm}^2} = 0,241 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,241 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0006$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

Karena $\rho < \rho \text{ min}$ maka digunakan $\rho \text{ min} = 0,00359$

$$As \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 737,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 2737,179 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **D25-175 mm** , maka:

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{175 \text{ mm}} = 2804,993 \text{ mm}^2$$

As pakai > As perlu (OKE)

$$a = \frac{As \text{ pakai} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot 1000}$$

$$a = \frac{2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000} = 36,771 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot As \text{ pakai} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 2804,993 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(737,5 - \frac{36,771}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 629.338.624 \text{ N.mm} > 104.931.195 \text{ N.mm} \text{ (OK)}$$

9.4.9 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas kolom} = 850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 722.500 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 4800 \text{ mm} = 15.360.000 \text{ mm}^2$$

- Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 752,721 \text{ ton} = 7527,21 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1$$

$$N1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 722.500 \text{ mm}^2$$

$$N1 = 13971,3 \text{ kN} > 7527,21 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

- Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{15.360.000 \text{ mm}^2}{722.500 \text{ mm}^2}} = 4,61$$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka :

$$N2 = 2 \times N1 = 2 \times 13971,3 \text{ kN}$$

$$N2 = 27942,7 \text{ kN} > 7527,21 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

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 sruktur yang diumpu, Sehingga:

$$A_s \text{ perlu} = 0,005 \times 850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 3612,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai } 20D25 \text{ mm, dengan } A_s \text{ pakai} = 9817,477 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu (OKE)}$$

9.4.10 Penulangan Tusuk Konde

$$\text{Diambil rasio tulangan minimum yaitu} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,004$$

dari inner diametr tiang pancang.

$$\text{Cross section} = 76600 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,004 \times 76600 \text{ mm}^2 = 274,974 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16, } A_s = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{274,974 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2} \approx 2$$

9.5 Perhitungan Pondasi Tipe 5

9.5.1 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 Bpeck)*” menyebutkan bahwa :

Peritungan jarak antar tiang pancang (S) :

$$S \geq 2,5D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 100 \text{ cm}$ dan 120 cm

Peritungan jarak antar tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 3 \times 100 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 420 \text{ cm} = 4,2 \text{ m}$$

$$h = 6 \times 120 \text{ cm} + 2 \times 60 \text{ cm} = 840 \text{ cm} = 8,4 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan $1,5 \text{ m}$

9.5.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint di sepanjang *shearwall* yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 657,248 \text{ ton}$$

$$M_x = 0,86 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 8,69 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 33,26 \text{ ton}$$

$$V_y = 1,08 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\sum M_x = 0,86 + 1,08 \cdot 1,5 = 2,482 \text{ ton.m}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$\sum M_y = 8,69 + 33,26 \cdot 1,5 = 58,580 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah X (1DL + 1L+1EX)

$$P = 1553,254 \text{ ton}$$

$$M_x = 148,867 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 52,383 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 128,06 \text{ ton}$$

$$V_y = 26,42 \text{ ton}$$

$$\Sigma M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\Sigma M_x = 148,867 + 26,42 \cdot 1,5 = 188,499 \text{ ton.m}$$

$$\Sigma M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$\Sigma M_y = 52,383 + 128,06 \cdot 1,5 = 244,469 \text{ ton.m}$$

- Akibat beban sementara arah Y (1DL + 1L+1EY)

$$P = 2234,997 \text{ ton}$$

$$M_x = 48,122 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 132,134 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 127,065 \text{ ton}$$

$$V_y = 12,795 \text{ ton}$$

$$\Sigma M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\Sigma M_x = 48,122 + 12,795 \cdot 1,5 = 67,315 \text{ ton.m}$$

$$\Sigma M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$\Sigma M_y = 132,134 + 127,065 \cdot 1,5 = 322,732 \text{ ton.m}$$

$$\text{Berat Pilecap} = 2,4 \times 4,2 \times 8,4 \times 1,5 = 127,008 \text{ ton}$$

Jumlah minimum tiang yang diperlukan:

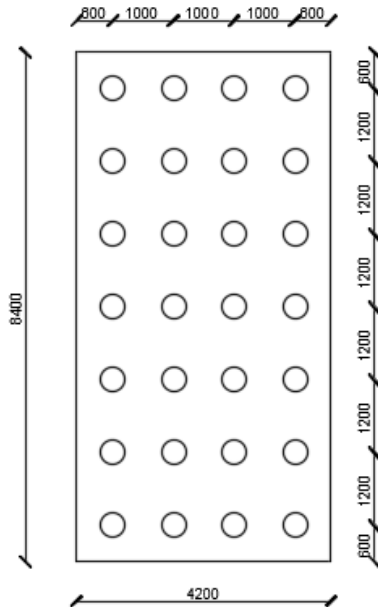
$$n = \frac{P_{maks}}{P_{ijin}} = \frac{2234,997}{119,590} = 19 \approx 28 \text{ tiang}$$

9.5.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre:

$$Efisiensi (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \right]$$



Gambar 9.18 Pondasi Tipe 4

Dimana:

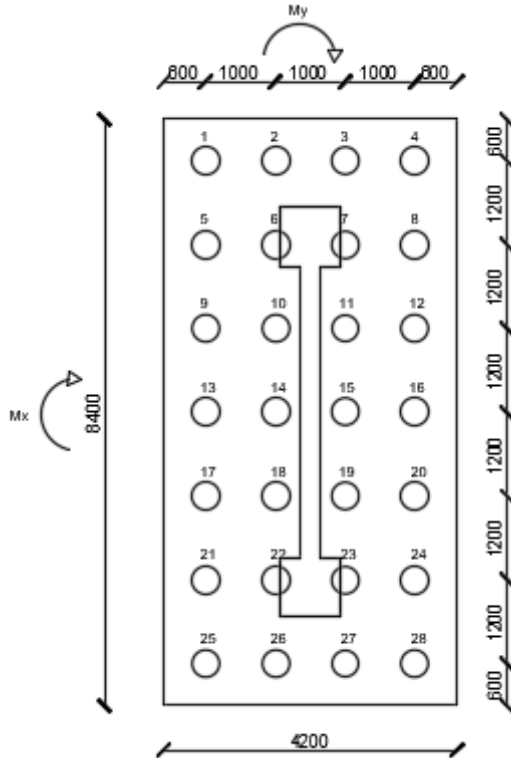
m	= banyak tiang dalam kolom	= 4 buah
n	= banyak tiang dalam baris	= 7 buah
D	= diameter tiang pancang	= 0,4 m
S	= jarak antar sumbu as tiang pancang	= 1,2 m

Sehingga:

$$(\eta) = 1 - \arctan \frac{0,4 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} \left[\frac{(4-1) \cdot 7 + (7-1) \cdot 4}{90 \cdot 4 \cdot 7} \right] = 0,676$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \times \text{jumlah tiang} \\ &= 0,676 \times 119,590 \text{ ton} \times 32 = 2246,201 \text{ ton} \\ &= 2246,201 \text{ ton} > P \text{ max} = 2234,997 \text{ ton (OKE)} \end{aligned}$$

9.5.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 9.19 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

Tabel 9.5 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²
1	-1,5	2,25	-3,6	12,96
2	-0,5	0,25	-3,6	12,96
3	0,5	0,25	-3,6	12,96
4	1,5	2,25	-3,6	12,96
5	-1,5	2,25	-2,4	5,76
6	-0,5	0,25	-2,4	5,76
7	0,5	0,25	-2,4	5,76
8	1,5	2,25	-2,4	5,76
9	-1,5	2,25	-1,2	1,44
10	-0,5	0,25	-1,2	1,44
11	0,5	0,25	-1,2	1,44
12	1,5	2,25	-1,2	1,44
13	-1,5	2,25	0	0
14	-0,5	0,25	0	0
15	0,5	0,25	0	0
16	1,5	2,25	0	0
17	-1,5	2,25	1,2	1,44
18	-0,5	0,25	1,2	1,44
19	0,5	0,25	1,2	1,44
20	1,5	2,25	1,2	1,44
21	-1,5	2,25	2,4	5,76
22	-0,5	0,25	2,4	5,76
23	0,5	0,25	2,4	5,76
24	1,5	2,25	2,4	5,76
25	-1,5	2,25	3,6	12,96
26	-0,5	0,25	3,6	12,96
27	0,5	0,25	3,6	12,96
28	1,5	2,25	3,6	12,96
	Σx^2	35	Σy^2	161,28

- Perhitungan akibat beban tetap:

Berdasarkan “*Desain Pondasi Tahan Gempa*” oleh Anugrah Pamungkas dan Emy Harianti digunakan rumus:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{nx \cdot \Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{ny \cdot \Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{657,248+127,008 \text{ ton}}{28} - \frac{2,482 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} - \frac{58,580 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 27,641 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{657,248+127,008 \text{ ton}}{28} + \frac{2,482 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} - \frac{58,580 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 27,660 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{657,248+127,008 \text{ ton}}{28} - \frac{2,482 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} + \frac{58,580 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 28,359 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{657,248+127,008 \text{ ton}}{28} + \frac{2,482 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} + \frac{58,580 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 28,377 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P1 = \frac{1553,254+127,008 \text{ ton}}{28} - \frac{188,499 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} - \frac{244,47 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 54,726 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{1553,254+127,008 \text{ ton}}{28} + \frac{188,499 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} - \frac{244,47 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 62,299 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{1553,254+127,008 \text{ ton}}{28} - \frac{188,499 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} + \frac{244,47 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 57,719 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{1553,254+127,008 \text{ ton}}{28} + \frac{188,499 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} + \frac{244,47 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 65,293 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P1 = \frac{2234,997+127,008 \text{ ton}}{28} - \frac{67,315 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} - \frac{322,732 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P1 = 82,131 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{2234,997+127,008 \text{ ton}}{28} + \frac{67,315 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} - \frac{322,732 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P2 = 82,632 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{2234,997+127,008 \text{ ton}}{28} - \frac{67,315 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} + \frac{322,732 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P3 = 86,083 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{2234,997+127,008 \text{ ton}}{28} + \frac{67,315 \text{ ton.m} \cdot 3,6 \text{ m}}{4 \cdot 161,28 \text{ m}^2} + \frac{322,732 \text{ ton.m} \cdot 1,5 \text{ m}}{7 \cdot 30 \text{ m}^2}$$

$$P4 = 86,584 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 119,590 \text{ ton}$$

9.5.5 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut:

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat *multilayer*

Le = panjang penjepitan

Le = $3 \times 0,4 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$

My = $Le \times H_y$

= $1,2 \text{ m} \times 26,42 \text{ ton} = 31,705 \text{ ton.m}$

My satu tiang pancang = $\frac{My}{n} = \frac{31,705 \text{ ton.m}}{28} = 1,132 \text{ ton.m}$

$My = 1,132 \text{ ton.m} < M$ bending crack = $5,5 \text{ ton.m}$ (OKE)

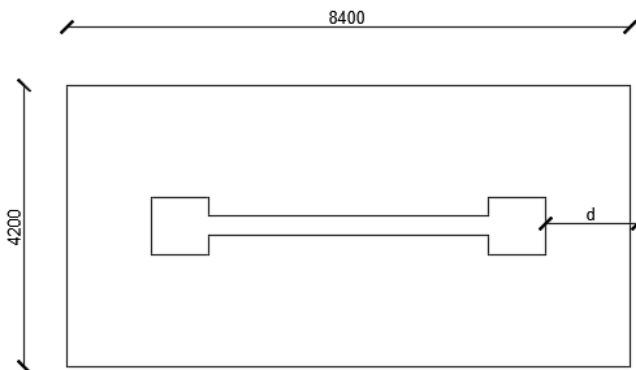
Mx = $Le \times H_x$

= $1,2 \text{ m} \times 128,06 \text{ ton} = 153,668 \text{ ton.m}$

Mx satu tiang pancang = $\frac{My}{n} = \frac{153,668 \text{ ton.m}}{28} = 5,448 \text{ ton.m}$

$Mx = 5,448 \text{ ton.m} < M$ bending crack = $5,5 \text{ ton.m}$ (OKE)

9.5.6 Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat *Shearwall*



Gambar 9.20 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat *Shearwall*

Apabila digunakan tulangan D29 untuk tulangan lentur

$d = h - t - \text{diamer tul. Poer} - \text{diameter tul poer} / 2$

$d = 1500 - 75 \text{ mm} - 29 \text{ mm} - 29 \text{ mm} / 2$

$d = 1381,5 \text{ mm}$

Didapatka dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D+1,6L)

$P_u = 813,045 \text{ ton}$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{813,045 \text{ ton}}{4,2 \text{ m} \cdot 8,4 \text{ m}} = 0,23 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$L' = 0$ (karena jarak sejauh $d = 1381,5 \text{ mm}$ melebihi jarak dari tepi *shearwall* ke tepi poer)

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$

$$V_u = 0,23 \text{ N/mm}^2 \times 4200 \text{ mm} \times 0$$

$$V_u = 0 \text{ N}$$

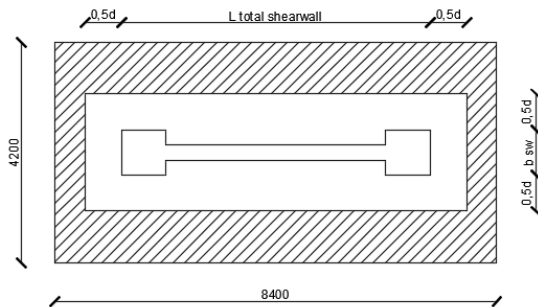
Gaya geser yang mampu dipikul ole beton, V_c

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 4200 \text{ mm} \cdot 1381,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 5.835.567,853 \text{ N} > V_u = 0 \text{ N} \quad (\text{OKE})$$

9.5.7 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat *Shearwall* dan Tiang Pancang



Gambar 9.21 Bidang Kritis Geser Dua Arah

Menghitung gaa geser dua arah yang terjadi pad poer, V_u :

$$A_t = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ shearwall} + d) \cdot (L \text{ shearwall} + d)]$$

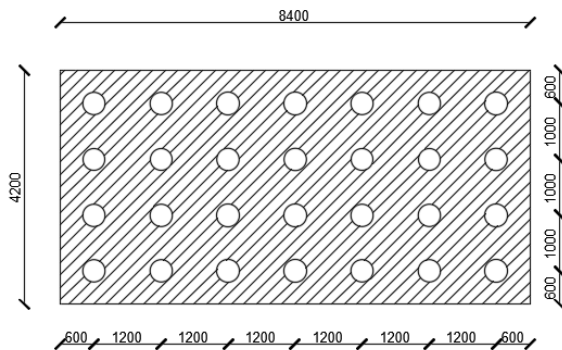
$$A_t = (4200 \text{ mm} \cdot 8400 \text{ mm}) - [(850 \text{ mm} + 1381,5 \text{ mm}) \cdot (5025 \text{ mm} + 1381,5 \text{ mm})]$$

$$A_t = 20.983.895,3 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,23 \text{ N/mm}^2 \cdot 20.983.895,3 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 2234,997 \text{ kN}$$



Gambar 9.22 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 2234,997 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{2234,997 \text{ ton}}{4,2 \text{ m} \cdot 8,4 \text{ m}} = 0,634 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$A_t = (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang}$$

$$A_t = (4200 \text{ mm} \cdot 8400 \text{ mm}) - 28 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (400 \text{ mm})^2)$$

$$A_t = 31.761.416 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,634 \text{ N/mm}^2 \cdot 31.761.416 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 20.120,94 \text{ kN}$$

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 = 20.120,94 kN .

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1* (a), (b), dan (c) untuk perencanaan plat aau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

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

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 850 \text{ mm} / 850 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ shearwall} + h \text{ shearwall}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (850 \text{ mm} + 850 \text{ mm}) + 4 \cdot 1381,5 \text{ mm}$$

$$= 8926 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (Untuk beton normal)

Maka :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 7926 \text{ mm} \cdot 1381,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 37.205,91 \text{ kN}$$

$$\bullet V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (Untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (Untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (Untuk kolom sudut)

$$V_c = 0,083 \left(\frac{30 \cdot 1131,5}{7926} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 8926 \cdot 1381,5$$

$$V_c = 40.225 \text{ kN}$$

$$\bullet V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 8926 \text{ mm} \cdot 1381,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 24.074,41 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 24.074,41 \text{ kN}$

$$V_u = 20.120,94 \text{ kN} < V_c = 24.074,41 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

9.5.8 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan dengan perletakka jepit pada *shearwall* yang dibebani ole reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui :

$$b \text{ poer} = 4200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 8400 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1500 \text{ mm}$$

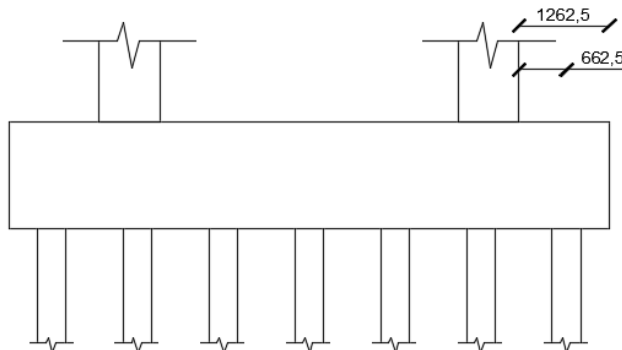
$$\text{selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 29 \text{ mm}$$

$$dx = 1500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 29 \text{ mm} / 2 = 1410,5 \text{ mm}$$

$$dy = 1500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 29 \text{ mm} - 29 \text{ mm} / 2 = 1381,5 \text{ mm}$$

c. Penulangan poer arah X



Gambar 9.23 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi } shearwall \\ = 1262,5 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi } shearwall \\ = 0,6625 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 4,2 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 15120 \text{ kg/m}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada poer adalah:

$$P_u = 86.583,655 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -M_q + M_p$$

$$= -(0,5 \times q_u \times b_1^2) + (P \times b_2)$$

$$= -(0,5 \times 15120 \text{ kg/m} \times (1262,5 \text{ m})^2) + (86.583,655 \text{ kg} \times 0,6625 \text{ m})$$

$$= 453.117.398,8 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{453.117.398,8 \text{ N.mm}}{0,8} = 566.396.748,5 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{566.396.748,5 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot 1410,5 \text{ mm}^2} = 0,285 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,285 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,00073$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,00359$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1410,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 5063,333 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **D29-125 mm**, maka:

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (29 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{125 \text{ mm}} = 5284,16 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (OKE)

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot 1000}$$

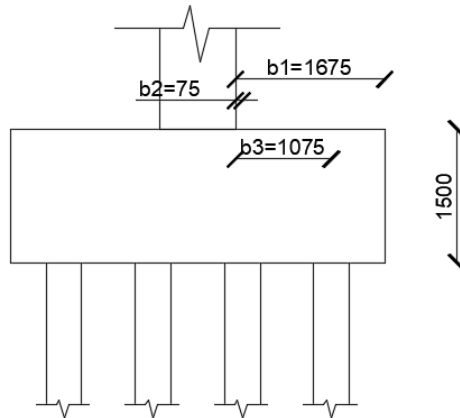
$$a = \frac{5284,16 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000} = 69,271 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 5284,16 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(1410,5 - \frac{69,271}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 2.268.329.140 \text{ N.mm} > 453.117.398,8 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

d. Penulangan poer arah Y



Gambar 9.24 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

- b_1 = jarak dari ujung poer ke tepi *shearwall*
 = 1,675 m
 b_2 = jarak dari as tiang pancang 1 ke tepi *shearwall*
 = 0,075 m
 b_3 = jarak dari as tiang pancang 2 ke tepi *shearwall*
 = 1,075 m
 q_u = berat poer pada daerah yang ditinjau
 = 8,4 m x 1,5 m x 2400 kg/m³
 = 30240 kg

Gaya maksimum yang terjadi pada poer adalah:

$$P_u = 86583,655 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= -(0,5 \times q_u \times b_1^2) + (P \times b_2) \\
 &= - (0,5 \times 30240 \text{ kg/m} \times (1,675 \text{ m})^2) + (86583,655 \text{ kg} \times 0,075 \text{ m}) \\
 &\quad + (86583,655 \text{ kg} \times 1,075 \text{ m}) \\
 &= 571.501.527 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{571.501.527 \text{ N.mm}}{0,8} = 714.376.909 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{714.376.909 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot 1381,5 \text{ mm}^2} = 0,374 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,109$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,109} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 0,374 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ Mpa}}} \right) = 0,0009$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,00359$$

Karena $\rho < \rho \text{ min}$ maka digunakan $\rho \text{ min} = 0,00359$

$$As \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00359 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1381,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 4959,231 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **D29-150 mm**, maka:

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (29 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 5284,159 \text{ mm}^2$$

As pakai > As perlu (OKE)

$$a = \frac{As \text{ pakai} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot 1000}$$

$$a = \frac{5284,159 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000} = 69,271 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot As \text{ pakai} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,8 \cdot 5284,159 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Mpa} \cdot \left(1381,5 - \frac{69,271}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 2.220.518.070 \text{ N.mm} > 571.501.527 \text{ N.mm} \text{ (OK)}$$

9.5.9 Perhitungan Transfer Beban *Shearwall* ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas shearwall} = 2 \times (850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm}) + (4175 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}) = 2.697.500 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 4200 \text{ mm} \times 8400 \text{ mm} = 35.280.000 \text{ mm}^2$$

- Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$Pu = 2234,997 \text{ ton} = 22.349,97 \text{ kN}$$

$$N1 = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1$$

$$N1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 2.697.500 \text{ mm}^2$$

$$N1 = 52.162,91 \text{ kN} > 22.349,97 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

- Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{35.280.000 \text{ mm}^2}{2.697.500 \text{ mm}^2}} = 3,616$$

Namun berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1*, nilai

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka :

$$N2 = 2 \times N1 = 2 \times 52.162,91 \text{ kN}$$

$$N2 = 104.325,8 \text{ kN} > 22.349,97 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

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 sruktur yang diumpu, Sehingga:

$$\text{As perlu} = 0,005 \times 850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm} = 3612,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai 42 D16 mm, dengan As pakai} = 8444,601 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As perlu} \text{ (OKE)}$$

9.5.10 Penulangan Tusuk Konde

$$\text{Diambil rasio tulangan minimum yaitu} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390 \text{ Mpa}} = 0,004$$

dari inner diametr tiang pancang.

$$\text{Cross section} = 76600 \text{ mm}^2$$

$$\text{As perlu} = 0,004 \times 76600 \text{ mm}^2 = 274,974 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16, As} = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{274,974 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2} \approx 2$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X

METODE PELAKSANAAN SHEARWALL

Pada tugas akhir ini, pembahasan metode hanya untuk pekerjaan *shearwall* saja. Metode yang akan digunakan adalah metode konvensional / formwork. *Metode formwork* adalah metode yang banyak digunakan oleh kontraktor. Menurut Stephens (1985), metode *formwork* atau bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang. Dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Dikarenakan berfungsi sebagai cetakan sementara, bekisting akan dilepas atau dibongkar apabila beton yang dituang telah mencapai kekuatan yang cukup.

10.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

- Mutu beton yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan *shearwall* adalah $f_c' = 35$ Mpa (sesuai yang tertera pada detail *shearwall*).
- Kelecekan yang disyaratkan yaitu slump antara 12 ± 2 cm
- Mutu baja yang digunakan adalah BJTD dengan $f_y = 390$ Mpa
- Tebal penutup beton (decking) adalah 40 mm = 4 cm
- Sebelum dimulainya pekerjaan *shearwall*, pastikan pekerjaan pondasi khususnya pondasi *shearwall* telah selesai.

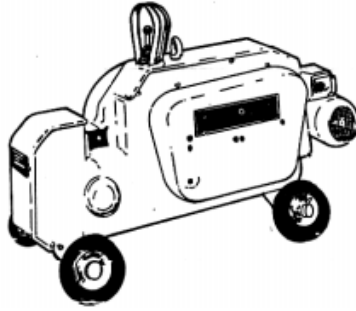
10.2 Pekerjaan Pembesian

10.2.1 Fabrikasi Tulangan *Shearwall*

Fabrikasi tulangan *shearwall* dilakukan secara manual yaitu proses perakitan besi tulangnya dalam posisi tertidur atau mendatar. Besi tulangan yang digunakan adalah tulangan ulir dengan ukuran D13, D16 dan D19 sesuai dengan *shop drawing* / gambar *for construction*. Sebelum dilakukan perakitan, terlebih dahulu dilakukan proses *bar cutting* dan *bar bending*.

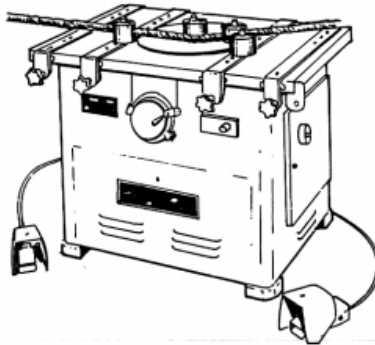
Bar cutting adalah proses pemotongan besi tulangan sesuai dengan rencana. Proses *bar cutting* ini dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *bar cutter*. Pemotongan harus direncanakan dengan baik agar sisa potongan yang terbuang atau

waste-nya minimal. Rencana pemotongam didasarkan pada panjang besi tulangan pasaran yaitu 12 m.



Gambar 10.1 Bar Cutter
(Sumber: *sibima.pu.go.id*)

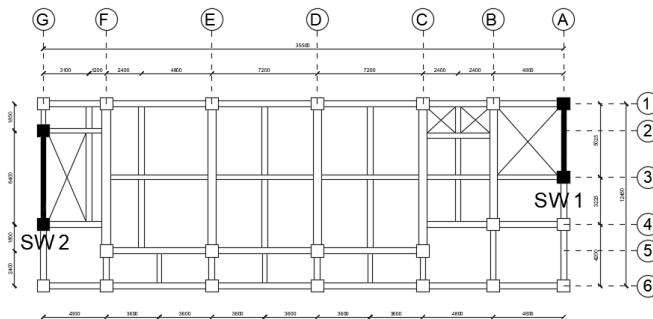
Bar bending merupakan proses pembengkokan tulangan sesuai dengan *bar bending schedule*. Proses *bar bending* dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut bar bender. Pada saat pembengkokan, cermati standar yang dipakai agar tidak menyalahi aturan yang ada.



Gambar 10.2 Bar Bender
(Sumber: *sibima.pu.go.id*)

10.2.2 Penentuan As *Shearwall* (*Marking*)

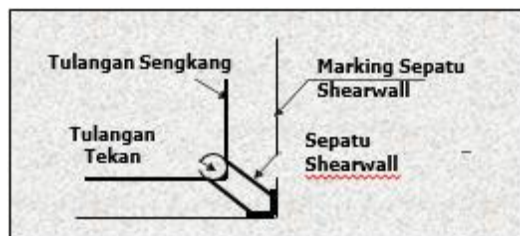
Cara penentuan as-as *shearwall* adalah dengan menggunakan alat theodolith, yaitu dengan menentukan letak as awal kemudian dibuat as-as yang lain dengan mengikuti jarak yang telah di syaratkan dalam perencanaan awal. Letak as-as ini harus selalu di kontrol agar tetap sesuai rencana. Posisi as *shearwall* harus sentris kedudukannya terhadap as *shearwall* pada lantai sebelumnya, untuk itu dilakukan juga pengecekan dengan menggunakan benang dan unting-unting.



Gambar 10.3 Denah *Shearwall*

10.2.3 Pemasangan Sepatu *Shearwall*

Pasang sepatu *shearwall* satu persatu (satu sisi diselesaikan) menggunakan stek yang dipasang sesuai dengan letak yang ditentukan saat *marking*. Fungsi sepatu *shearwall* ini adalah menjaga posisi tulangan *shearwall* agar tidak berubah pada saat pengecoran dan sebagai tempat penahan bekisting.



Gambar 10.4 Pemasangan Sepatu *Shearwall*

10.2.4 Peningkatan Tulangan *Shearwall*

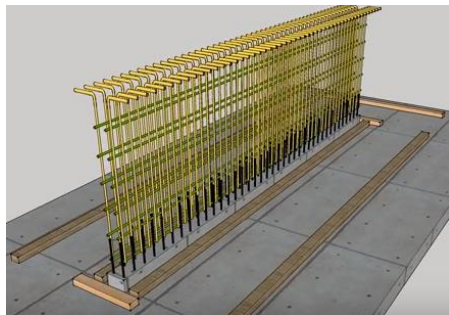
Tulangan *shearwall* yang telah dirakit diangkut menuju lokasi pekerjaan menggunakan *tower crane*. Tulangan dipasang pada tempat yang sebelumnya telah di *marking* sesuai dengan rencana. Tulangan *shearwall* yang baru diangkat digabungkan dengan tulangan *shearwall* yang lama dengan *overlapping* (sambungan dengan penyaluran).



D

Gambar 10.3 Penulangan *Shearwall*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Proyek Apartemen Taman Melati)



Gambar 10.4 Tulangan *Shearwall* Terpasang

(Sumber: www.youtube.com)

Pasang *styrofoam* pada daerah *block-out* untuk menjaga beton tidak mengenai daerah *blockout* saat pengecoran.



Gambar 10.5 Contoh Pemasangan Styrofoam
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Proyek Apartemen Taman Melati)

Langkah terakhir adalah memasang decking dengan tebal 40 mm atau 4 cm sebagai pelurus tebal selimut saat pengecoran. Terdapat beberapa jenis material decking yang dapat digunakan yaitu baja tulangan, beton, *fibercement*, dan plastik. Decking yang digunakan adalah decking yang terbuat dari beton atau biasa disebut dengan tahu beton.



Gambar 10.6 Beton Decking pada *Shearwall*
(Sumber: digilib.mercubuana.ac.id)

10.3 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Shearwall*

10.3.1 Pekerjaan Persiapan (Fabrikasi)

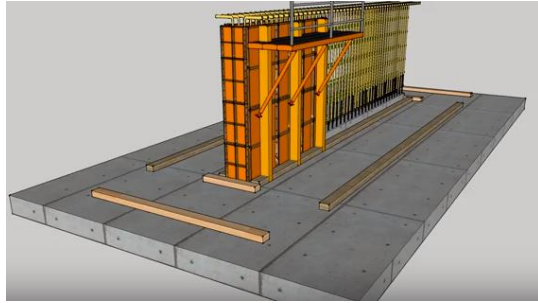
Penentuan rangka panel dalam bahan panel yang akan dipakai. Bahan panel bekisting yang digunakan adalah multipleks jenis *poly resin (poly film)* tebal 15 mm. Multiplek jenis ini dilapisi cairan poly resin. Bisa digunakan berulang 4 sampai 6 kali pakai dan memberi hasil permukaan beton yang licin. Sebelum dilakukan pemasangan panel dibersihkan terlebih dahulu.



Gambar 10.7 Multipleks Poly Resin

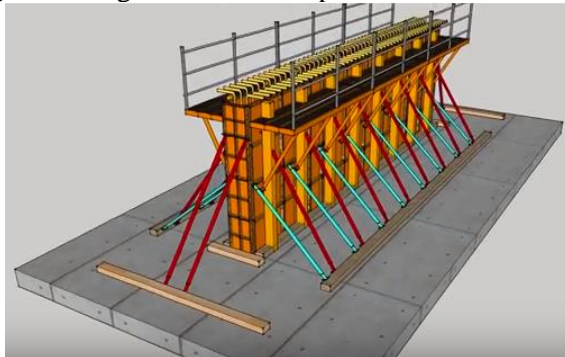
10.3.2 Pemasangan Bekisting

- a. Pengecekan kembali apakah as-as yang ditentukan dan tulangan yang dirakit sudah sesuai dengan rencana.
- b. Pembersihan area *shearwall* menggunakan compressor
- c. Pemandahan panel bekisting di lokasi yang telah disiapkan menggunakan *Tower Crane*
- d. Pemasangan panel bekisting *shearwall* dan tempatkan sesuai dengan marking yang ada. Didalam pemasangan perlu diperhatikan pertemuan antar panel dinding harus benar-benar rapat.



Gambar 10.8 Pemasangan Panel Bekisting
(Sumber: www.youtube.com)

- e. Pemasangan tie rod yang dilindungi oleh pipa PVC. Pekerjaan *shearwall* mempunyai permukaan yang luas menyerupai dinding sehingga pada pemasangan bekisting arah memanjang dipasang *tie rood* lebih banyak untuk mengurangi lendutan pada bekisting karena gaya tekan beton pada saat pengecoran yang tergolong besar. *Tie rod* dimasukkan kedalam *shearwall*.
- f. Pemasangan pipa support di setiap sisi *shearwall* untuk menjaga sudut tegak lurus terhadap lantai.



Gambar 10.9 Pemasangan Pipa Support
(Sumber: www.youtube.com)

- g. Setelah semua terpasang cek vertikalitas tulangan dan bekisting dengan unting-unting dan benang yang ditempatkan pada kedua sisi bekisting sebelum dilakukan pengecoran.

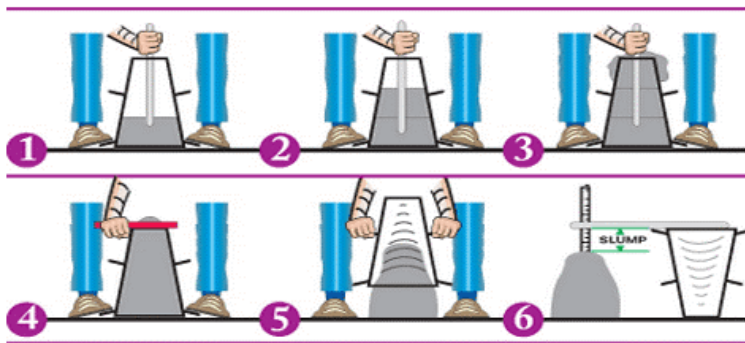
10.4 Pekerjaan Pengecoran *Shearwall*

10.4.1 Pekerjaan Persiapan Pengecoran

Sebelum dilakukan pengecoran, *shearwall* yang akan dicor harus benar-benar bersih dari kotoran agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton. Pembersihan area *shearwall* menggunakan *compressor*.

10.4.2 Slump Test pada Beton *Ready Mix*

Setelah beton *ready mix* datang, dilakukan slump test terlebih dahulu pada material beton yang akan digunakan untuk pengecoran. Nilai *slump test* untuk dinding yang disyaratkan antara 12 ± 2 cm. Setelah nilai slump memenuhi maka diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.



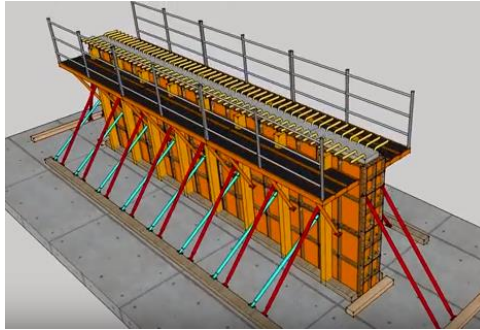
Gambar 10.10 Tahap Pengujian Slump Beton
(Sumber: www.signalreadymix.co)

10.4.3 Pengecoran *Shearwall*

- a. Beton yang berada pada *mixer truck* dituangkan pada concrete bucket yang sudah dipasang pipa tremi (berada diujung bawah *concrete bucket*)
- b. Concrete bucket dibawa menuju lokasi pengecoran menggunakan *tower crane*. *Bucket* di tutup agar pada saat pemindahan ke lokasi pengecoran, beton tidak tumpah. Setelah sampai di lokasi pengecoran, tutup bucket di buka.
- c. Proses pengecoran dilakukan secara bertahap atau perlayer dengan tinggi jatuh sesuai yang diisyaratkan yaitu $< 1,5$ m dari bagian atas bekisting, hal ini untuk menghindari agregat kasar terlepas dari adukan beton.
- d. Selama proses pengecoran dilakukan pemadatan dengan *vibrator concrete* namun tidak boleh mengenai baja tulangan yang dapat menyebabkan perpindahan posisi tulangan.
- e. Pengecoran tidak diperkenankan dicor dalam keadaan hujan.



Gambar 10.11 Proses Pengecoran *Shearwall* dengan Concrete Bucket dan Pipa Tremi
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Proyek Apartemen Taman Melati)

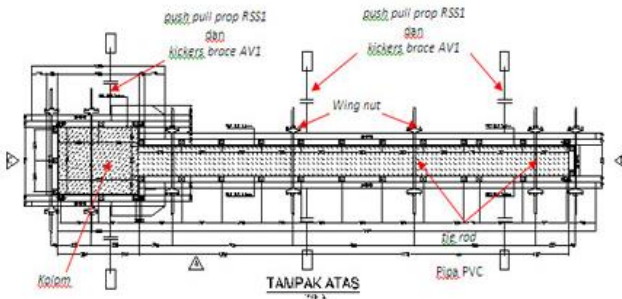


Gambar 10.12 *Shearwall* yang telah di Cor
(Sumber: www.youtube.com)

10.5 Pembongkaran Bekisting *Shearwall*

Pembongkaran bekisting *shearwall* dilakukan apabila mutu beton dianggap layak dan cukup kuat. Berikut ini adalah langkah-langkah pembongkaran bekisting *shearwall*:

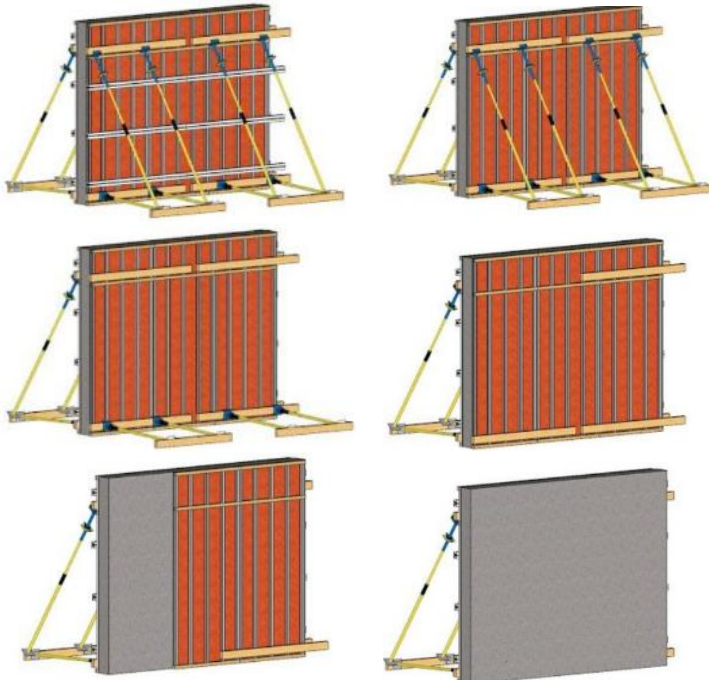
- a. Kendorkan dan lepaskan baut dan wingnut



Gambar 10.13 Detail *Wingnut* yang akan Dilepas
(Sumber: www.ilmusipil.com)

- b. Lepaskan klam dinding secara hati-hati, turunkan perlahan
- c. Kendorkan dan lepaskan pipa *support*
- d. Lepaskan balok perangkai atas dan bawah dilepas satu per satu dari panel

- e. Pelepasan panel satu per satu secara hati
- f. Hasil bongkaran bekisting ditempatkan kembali ke tempat fabrikasi dengan *tower crane* dan dapat digunakan kembali namun harus diperbaiki dan dibersihkan terlebih dahulu.



Gambar 10.14 Proses Pembongkaran Bekisting *Shearwall*
(Sumber: artiamitrapersada.blogspot.com)

10.6 Perawatan Beton (Curing)

Beton harus dilindungi selama proses pengerasan terhadap matahari, pengeringan oleh angin, hujan, atau aliran air dan pengerusakan secara mekanis atau pengeringan sebelum waktunya. Perawatan beton dilakukan untuk menghindari kehilangan zat cair yang banyak dan perbedaan temperatur dalam beton yang akan mengakibatkan retak-retak pada beton. Cara yang digunakan dalam perawatan beton *shearwall* ini dengan

melakukan penyiraman air pada lapisan beton setiap hari. Cara ini tidak hanya memberikan perawatan yang baik tetapi juga menurunkan suhu beton sebagai akibat dari penguapan yang terjadi.



Gambar 10.15 Proses Curing pada *Shearwall*
(Sumber: www.ilmusipil.com)

10.7 Durasi Pekerjaan *Shearwall*

Terdapat 2 Tipe *shearwall* yaitu SW 1 dan SW 2 dengan 2 ketinggian yang berbeda, yaitu *shearwall* dengan tinggi 6,8 m dan 4,8 m. Pada pembangunan Gedung Perkuliahan 8 lantai di Surabaya ini, akan dihitung durasi pekerjaan *shearwall* secara garis besar. Pada contoh perhitungan akan menggunakan SW 1 lantai dasar dengan tinggi *shearwall* 6,8 m.

10.7.1 Perhitungan Durasi Pekerjaan Tulangan

Durasi waktu yang dibutuhkan untuk 1 item pekerjaan penulangan *shearwall* diperoleh dari produktivitas dibagi dengan volume pekerjaan. Produktivitas pekerjaan *shearwall* diambil dari *Jurnal "Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom, Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6"*. Karena prosedur pekerjaan *shearwall* sama dengan kolom, maka diambil produktivitas kolom yaitu **295,15 kg/m²**. Berat jenis tulangan adalah 7850 kg/m³.

Tabel 10.1 Kebutuhan Volume Tulangan SW 1 dan SW 2

Kebutuhan Volume Tulangan SW Tipe 1 per lantai (h=6,8 m)					
Tipe	Diameter (mm)	Luas Tulangan (m ²)	L (m)	n (buah)	W total (kg)
Tul. Longitudinal SW	16	0,000201	6,8	42	450,7728
Tul. Longitudinal SBE	19	0,000284	6,8	40	605,3906
Tul. Confinement pada badan SW	13	0,000133	6,173	66	424,5086
Tul. Confinement pada SBE	13	0,000133	8,792	132	1209,227
closed hoop	13	0,000133	0,912	132	125,4339
Total					2815,333

Maka hasil durasi untuk pekerjaan fabrikasi penulangan *shearwall* adalah sebagai berikut:

Tabel 10.2 Durasi Penulangan *Shearwall*

Penulangan	SW 1 (h=6,8)	satuan
Volume tulangan per lantai	2815,33	kg
Produktivitas	295,15	kg/jam
Durasi	9,54	jam

10.7.2 Perhitungan Durasi Pekerjaan Bekisting

Untuk menghitung durasi pekerjaan bekisting maka dibutuhkan luasan yang menyelimuti *shearwall* termasuk badan *shearwall* dan *special boundary element*.

Tabel 10.3 Kebutuhan Luasan Bekisting *Shearwall*

Kebutuhan Luasan Bekisting per lantai (h=6,8)				
Tipe	b	l	h	Luas
	(m)	(m)	(m)	(m ²)
SW 1 (Badan shearwall)	0,3	4,175	6,8	56,78
SW 1 (SBE)	0,85	0,85	6,8	21,08
Total				77,86

Pekerjaan bekisting terbagi menjadi 3 bagian yaitu pekerjaan fabrikasi bekisting, install bekisting dan pembongkaran bekisting. Menurut buku “Analisa Anggaran Biaya dan

Pelaksanaan” oleh Ir. A. Soedrajat S., rumus perhitungan durasi pekerjaan bekisting untuk 1 orang pekerja yaitu:

$$t \text{ (jam)} = \frac{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}{10 \text{ (m}^2\text{)}} \times \text{koef waktu (jam)}$$

Tabel 10.4 Koefisien Waktu untuk Perhitungan Durasi Pekerjaan Bekisting

Item Pekerjaan	Koef waktu (Jam)
Fabrikasi Bekisting	8
Install Bekisting	5
Pembongkaran Bekisting	3,5

Pekerja yang digunakan dalam perhitungan kali ini diasumsikan sebanyak 12 orang untuk masing-masing item pekerjaan, yaitu terdiri dari 1 mandor, 1 kepala tukang, 5 tukang dan 5 pembantu tukang. Berikut hasil perhitungan durasi pekerjaan bekisting *shearwall*:

Tabel 10.5 Durasi Pekerjaan Bekisting *Shearwall*

Install Bekisting	SW 1 (h=6,8)
Kebutuhan bekisting per lantai	77,86
Koef waktu	5
Durasi	3,24

Pembongkaran Bekisting	SW 1 (h=6,8)
Kebutuhan bekisting per lantai	77,86
Koef waktu	3,5
Durasi	2,27

Fabrikasi Bekisting	SW 1 (h=6,8)
Kebutuhan bekisting per lantai	77,86
Koef waktu	8
Durasi	5,19

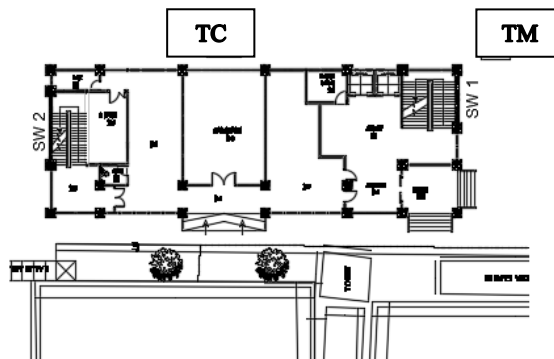
10.7.3 Perhitungan Durasi Pekerjaan Pengecoran

a. Perhitungan Waktu Siklus Pelaksanaan *Tower Crane*

Pekerjaan pengecoran kolom untuk *shearwall* tipe 1 dengan tinggi 6,8 m. Spesifikasi *Tower Crane* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 10.6 Spesifikasi *Tower Crane*

Spesifikasi TC		
Merk/Tipe	SCT6024	
Tahun Pembuatan	2013	
Kapasitas Angkut	4000	kg
Jib	40	m
Kecepatan Hoisting	40-80	m/min
Kecepatan Travelling	15-58	m/min
Kecepatan Slewing	0,8	rpm



Gambar 10.16 Blok Plan Rencana Perletakan *Tower Crane*

Untuk menghitung waktu siklus *tower crane* maka dibutuhkan posisi *tower crane*, posisi *shearwall* dan posisi asal (letak pengisian bucket cor) dilihat dari blok plan rencana pada autocad.

	x	y
Posisi SW 1	-908541,64	4676,96
Posisi TC	-903416,00	25076,96
Posisi Asal	-903138,91	1312,88

1. Jarak Asal (*Truck Mixer*) terhadap *Tower Crane* (D1)

$$D_1 = \sqrt{(y_{TC} - y_{AB})^2 + (x_{AB} - x_{TC})^2}$$

$$D_1 = \sqrt{(25076,96 - 1312,88)^2 + (903138,91 - 903416)^2}$$

$$D_1 = 23,77 \text{ m}$$

2. Jarak Tujuan terhadap *Tower Crane* (D2)

$$D_2 = \sqrt{(y_{TC} - y_{TJ})^2 + (x_{TJ} - x_{TC})^2}$$

$$D_2 = \sqrt{(25076,96 - 4676,96)^2 + (908541,64 - 903416)^2}$$

$$D_2 = 21,03 \text{ m}$$

3. Jarak *Trolley*

$$d = |D_2 - D_1|$$

$$d = |21,03 \text{ m} - 23,77 \text{ m}|$$

$$d = 2,73 \text{ m}$$

4. Sudut *Slewing*

$$D_3 = \sqrt{(y_{TJ} - y_{AB})^2 + (x_{TJ} - x_{AB})^2}$$

$$D_3 = \sqrt{(4676,96 - 1312,88)^2 + (908541,64 - 903138,9)^2}$$

$$D_3 = 6,26 \text{ m}$$

$$\text{arc cos } \alpha = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2}$$

$$\text{arc cos } \alpha = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2}$$

$$\alpha = 14,77^\circ$$

$$\alpha = 0,26 \text{ rad}$$

5. Perhitungan Waktu Pengangkatan

- *Hoisting* (Mekanisme Angkat)

Kecepatan (v) = 40 m/menit

Tinggi tujuan = 6,8 m

Tinggi asal = -1 m

Tinggi Penambahan = 6 m

Jarak Horizontal (d) = 6,8 m - (-1 m) + 6 m = 13,8 m

Waktu (t) = $\frac{13,8 \text{ m}}{40 \text{ m/menit}} = 0,35 \text{ menit}$

- *Slewing* (Mekanisme Putar)

Kecepatan (v) = 0,8 rpm

Sudut (α) = 0,26 rad

Waktu (t) = $\frac{0,26 \text{ rad}}{0,8 \text{ rpm}} = 0,32 \text{ menit}$

- *Trolley* (Mekanisme Jalan Trolley)

Kecepatan (v) = 15 m/menit

Jarak Trolley = 2,73 m

Waktu (t) = $\frac{2,73 \text{ m}}{15 \text{ m/menit}} = 0,18 \text{ menit}$

- *Landing* (Mekanisme Jalan Turun)

Kecepatan (v) = 40 m/menit

Jarak Landing = 6 m

Waktu (t) = $\frac{6 \text{ m}}{40 \text{ m/menit}} = 0,15 \text{ menit}$

Total waktu pengangkatan = 0,35 menit + 0,32 menit + 0,18 menit + 0,15 menit = 1 menit

6. Perhitungan Waktu Kembali

- *Hoisting* (Mekanisme Angkat)

Kecepatan (v) = 80 m/menit

Jarak Hoist = 6 m

Waktu (t) = $\frac{6 \text{ m}}{80 \text{ m/menit}} = 0,08 \text{ menit}$

- *Slewing* (Mekanisme Putar)

Kecepatan (v) = 0,8 rpm

Sudut (α) = 0,26 rad

Waktu (t) = $\frac{0,26 \text{ rad}}{0,8 \text{ rpm}} = 0,32 \text{ menit}$

- *Trolley* (Mekanisme Jalan Trolley)
 - Kecepatan (v) = 58 m/menit
 - Jarak Trolley = 2,73 m
 - Waktu (t) = $\frac{2,73 \text{ m}}{58 \text{ m/menit}} = 0,05 \text{ menit}$
 - *Landing* (Mekanisme Jalan Turun)
 - Kecepatan (v) = 80 m/menit
 - Tinggi tujuan = 6,8 m
 - Tinggi asal = -1 m
 - Tinggi Penambahan = 6 m
 - Jarak Horizontal (d) = 6,8 m - (-1 m) + 6 m = 13,8 m
 - Waktu (t) = $\frac{13,8 \text{ m}}{80 \text{ m/menit}} = 0,62 \text{ menit}$
 - Total waktu kembali = 0,08 menit + 0,32 menit + 0,05 menit + 0,62 menit = 0,62 menit
7. Waktu Bongkar Muat
- Berdasarkan *jurnal "Produktivitas Tower Crane pada Proyek Pembangunan Gedung"* digunakan:
- Waktu bongkar = 4,561 menit
 - Waktu Muat = 6,496 menit
8. Perhitungan Waktu Siklus
- Waktu siklus = waktu muat + waktu angkat + waktu kembali + waktu bongkar
- Waktu siklus = 6,496 menit + 1 menit + 0,62 menit + 4,561 menit = 12,67 menit
- b. Perhitungan Total Pengecoran pada *Shearwall***
- Kapasitas *Bucket* cor yang digunakan adalah 0,8 m³
- Total Volume *shearwall* tipe 1 dengan tinggi 6,8 m adalah sebagai berikut:

Tabel 10.7 Perhitungan Volume Beton pada *Shearwall*

Kebutuhan Volume Beton per lantai (h=6,8)				
Tipe	b	l	h	Volume
	(m)	(m)	(m)	(m ³)
SW 1 (Badan shearwall)	0,3	4,175	6,8	8,517
SW 1 (SBE)	0,85	0,85	6,8	4,913
Total				13,43

Maka jumlah pengulangan untuk 1 pekerjaan *shearwall* adalah $\frac{\text{Volume Beton}}{\text{Kapasitas Bucket}} = \frac{13,43 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m}^3} = 17 \text{ kali}$

Total waktu pengecoran = Siklus waktu x pengulangan

Total waktu pengecoran = 12,76 menit x 17

Total waktu pengecoran = 215,45 menit

10.7.4 Total Durasi Pelaksanaan Pekerjaan *Shearwall*

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 item pekerjaan *shearwall* adalah sebagai berikut:

Tabel 10.8 Durasi Waktu pada Pelaksanaan Struktur *Shearwall*

Item pekerjaan SW	Durasi Waktu	satuan
	SW 1 (h=6,8m)	
Fabrikasi Tulangan	572,32	menit
Marking	10	menit
Pemasangan Sepatu	20	menit
Installing Tulangan	20	menit
Fabrikasi Bekisting	311,44	menit
Installing Bekisting	194,65	menit
Pengecoran	215,45	menit
Setting beton	720	menit
Pembongkaran bekisting	136,255	menit
Total Waktu	2200,11	menit
Total Waktu	36,668	jam

Namun terdapat beberapa item pekerjaan yang dapat dilakukan secara bersamaan seperti fabrikasi tulangan, fabrikasi bekisting, dan marking point. Sehingga dapat menghemat waktu pelaksanaan.

10.8 Checklist Pelaksanaan Pekerjaan Struktur *Shearwall*

Agar pekerjaan struktur *shearwall* dapat berjalan lancar dan mendapatkan hasil sesuai dengan rencana, maka setiap langkah

pekerjaan yang dilakukan harus di cek dan diawasi. Berikut adalah tabel *checklist* pekerjaan yang dapat digunakan saat mengawasi dan memeriksa pekerjaan *shearwall*:

Tabel 10.9 Checklist Pekerjaan Struktur *Shearwall*

No	Uraian	Tanggal	Hasil Checklist		Catatan Engineer Setelah di Checklist
			Belum Diterima	Sudah Diterima	
A	Persiapan / Peralatan				
1	Kondisi Tower Crane				
2	Kondisi Bucket/Tremie pipe/Flexible tremie				
3	Kondisi Vibrator				
4	Kondisi Peralatan & Team Survey/Pengukuran				
B	Bekisting				
1	Penahan/Scaffolding				
2	Bahan Bekisting & Kelengkapan Tie Rod				
3	Ukuran & Bentuk (Dimensi)				
4	Pelumas Bekisting				
5	Positioning & Leveling				
6	Verticality				
7	Sepatu Kolom				
8	Kebersihan				
C	Tulangan				
1	Tulangan Pokok \emptyset Ukuran, Jumlah & Jarak				
2	Senggang \emptyset Ukuran, Jumlah dan Jarak				
3	Kualitas Ikatan Presisi atau Tidak				
4	Panjang Tekuk/Overlap				
5	Selimit Beton				
D	Pengecoran				
1	Peralatan Pendukung Cor				
2	Kebersihan Lokasi Pengecoran				
3	Benda Uji				
4	Slump Test				
5	Vibrator				
6	Curing				
7	Kondisi Beton yang Telah di Cor				

10.9 Safety Plan

Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur *shearwall* perlu membuat safety plan agar terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan terutama pekerja yang melakukan pekerjaan struktur. Berikut adalah hal-hal yang dibutuhkan untuk menunjang safety plan:

10.9.1 Alat Pelindung Diri (APD)

a. Helm keselamatan

Berfungsi untuk melindungi kepala pada saat di proyek dan mencegah resiko tertimpa.

b. Rompi proyek

Berfungsi untuk keselamatan, khususnya pada malam hari ehingga setiap pekerja bisa terlihat dengan jelas dan lebh cerah karena pantulan lampu. Selain itu rompi proyek juga berfungsi memberi keseragaman bagi semua pekerja.

c. Sepatu kerja (safety shoes)

Berfungsi melindungi kaki dari resiko kecelakaan, mencegah resiko tertimpa, meindungi kulit dari benda panas, dan lain lain.

d. Body Harnes

Perlengkapan yang berguna untuk melakukan pekerjaan diketinggian agar menghindari kemungkinan terjatuh dari tempat ketinggian. Bordy harnes dikenakan di seluruh tubuh. Harus digunakan ketika penginstallan tulangan *shearwall*, karena posisi *shearwall* berada di tepi gedung.

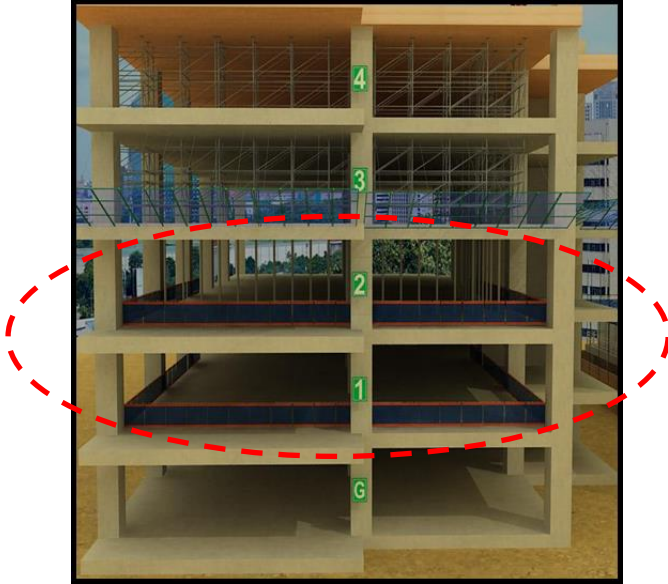


Gambar 10.17 Contoh Penggunaan Alat Pelindung Diri
(Sumber: Standart Management HSE Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati)

10.9.2 Perlindungan terhadap Pekerjaan

a. Tiang *Railing*

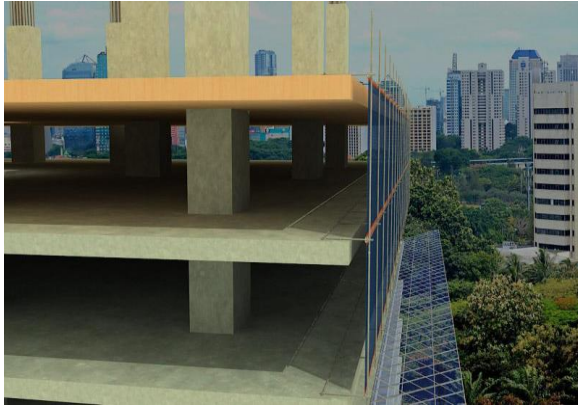
Pemasangan tiang railing di area tepian gedung dengan jarak 50 cm dari tepian (belakang kolom struktur) sebagai barikade pengaman tepian.



Gambar 10.18 Contoh Pemasangan *Railing*
(Sumber: *Standart Management HSE Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati*)

b. *Standart Full Safety Net*

Pemasangan *Safety Net* (kelambu) pada setiap lantai yang sudah dibongkar scaffoldingnya sebagai penahan debu, benda jatuh atau sampah yang terbang sehingga tidak mengotori lingkungan disekitar. Pemasangan dilantai struktur setelah pengecoran namun belum dibongkar scaffolding mencakup 2 lantai.



Gambar 10.19 Contoh Pemasangan *Full Safety Net*
(Sumber: *Standart Management HSE Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati*)

“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 8 lantai yang dikenai desain seismik D dan termasuk kategori resiko IV, dapat dirancang menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus (Sistem Ganda yakni SRPMK dan *Shearwall*).
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan hasil perhitungan struktur Gedung Perkuliahan 8 lantai di Surabaya dengan menggunakan SRPMK dan *shearwall* adalah sebagai berikut:
 - a. Plat lantai
 - Tebal plat lantai = 12 cm
 - Mutu beton (f_c') = 35 Mpa
 - Mutu baja (f_y) = 240 Mpa (< D12 mm)

Tabel 11.1 Tabel Kesimpulan Plat Satu Arah

Plat Satu Arah								
Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tipe	Tumpuan		Lapangan	
					Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
S2	120	2,4	5,4	Satu Arah	Ø10-125	Ø8-250	Ø10-125	Ø8-250
S8	120	1,2	6,75	Satu Arah	Ø10-125	Ø8-250	Ø10-125	Ø8-250
S9	120	1,2	1,85	Satu Arah	Ø10-125	Ø8-250	Ø10-125	Ø8-250

Tabel 11..2 Tabel Kesimpulan Plat Dua Arah

Plat Dua Arah								
Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tipe	Tumpuan		Lapangan	
					x	y	x	y
S1	120	3,600	5,025	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S3	120	4,800	5,025	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S4	120	2,400	3,600	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S5	120	4,200	4,800	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S6	120	3,225	4,800	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150

Plat Dua Arah								
Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tipe	Tumpuan		Lapangan	
					x	y	x	y
S7	120	4,200	4,300	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S10	120	1,850	3,100	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S11	120	2,400	2,845	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150
S12	120	2,400	3,225	Dua Arah	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-125	Ø10-150

b. Plat Tangga

Tebal plat lantai = 23 cm

Mutu beton (f_c') = 35 Mpa

Mutu baja (f_y) = 390 Mpa (> D12 mm)

Tabel 11.3 Tabel Kesimpulan Plat Tangga

Plat Tangga							
Tipe	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
				Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
Tipe 1	230	1,550	5,545	D13-150	Ø10-200	D13-150	Ø10-200
Tipe 2	230	2,400	5,122	D13-100	Ø10-200	D13-100	Ø10-200
Tipe 3	230	1,550	4,096	D13-150	Ø10-200	D13-150	Ø10-200
Tipe 4	230	2,400	3,697	D13-100	Ø10-200	D13-100	Ø10-200

c. Plat Bordes

Tebal plat lantai = 15 cm

Mutu beton (f_c') = 35 Mpa

Mutu baja (f_y) = 390 Mpa (> D12 mm)

Tabel 11.4 Tabel Kesimpulan Plat Bordes

Plat Bordes							
Tipe	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
				Tul. Utama	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Bagi
Tipe 1	150	1,900	3,100	D13-150	Ø10-200	D13-150	Ø10-200
Tipe 2	150	1,025	4,800	D13-100	Ø10-200	D13-100	Ø10-200
Tipe 3	150	1,500	3,100	D13-150	Ø10-200	D13-150	Ø10-200
Tipe 4	150	2,025	4,800	D13-100	Ø10-200	D13-100	Ø10-200

d. Balok Sekunder

Mutu beton (f_c') = 35 Mpa

Mutu baja (f_y) = 390 Mpa (> D12 mm)

Tabel 11.5 Tabel Kesimpulan Balok Sekunder

Tipe Balok	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
BA 1	400	600	4D19	3D19	2D19	3D19	2Ø10-125	2Ø10-125	2Ø10
BA 2	350	500	5D19	3D19	2D19	3D19	2Ø10-200	2Ø10-200	2Ø10
BA 3	300	400	3D19	2D19	2D19	2D19	2Ø10-200	2Ø10-200	2Ø10
BL	300	400	2D19	2D19	2D19	2D19	2Ø10-150	2Ø10-150	2Ø10
BB	300	400	2D16	2D16	2D16	2D16	2Ø10-150	2Ø10-150	-

e. Balok Primer

Mutu beton (f_c') = 35 MpaMutu baja (f_y) = 390 Mpa (> D12 mm)

Tabel 11.6 Tabel Kesimpulan Balok Primer

Balok Primer									
Tipe Balok	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
BI 1	600	850	12D25	6D25	3D25	4D25	3D13-125	3D13-150	4D16
BI 2	500	750	10D25	7D25	3D25	5D25	3D13-125	3D13-150	2D22
BI 3	400	650	9D25	6D25	3D25	6D25	3D13-100	3D13-125	2D16
BI 4	400	650	9D25	7D25	4D25	7D25	3D13-100	3D13-125	2D16
BI 5	400	650	6D25	4D25	3D25	4D25	3D13-100	3D13-100	2D16
BI 6	350	500	5D25	3D25	3D25	3D25	3D13-75	3D13-75	2D16

f. Balok Sloof

Mutu beton (f_c') = 35 MpaMutu baja (f_y) = 390 Mpa (> D12 mm)

Tabel 11.7 Tabel Kesimpulan Balok Sloof

Sloof									
Tipe Sloof	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
TB 1	500	750	7D25	7D25	7D25	7D25	3D13-100	2D13-150	4D16
TB 2	500	750	4D25	4D25	4D25	4D25	2D13-100	2D13-125	2D16
TB 3	400	600	3D25	3D25	3D25	3D25	2D13-100	2D13-125	2D16
TB 4	350	500	3D25	3D25	3D25	3D25	2D13-75	2D13-75	2D16

g. Kolom dan Hubungan Balok Kolom

Mutu beton (f_c') = 35 MpaMutu baja (f_y) = 390 Mpa ($> D12$ mm)

Tabel 11.8 Tabel Kesimpulan Kolom

Kolom					
Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan Lentur	Tulangan geser	
	b	h		Sejarak ℓ_o	Diluar ℓ_o
	(mm)	(mm)			
K1-A	850	850	20D25	5D13-100	5D13-150
K1-B	850	850	16D25	5D13-100	5D13-150

Tabel 11.9 Tabel Kesimpulan Hubungan Balok Kolom

Hubungan Balok Kolom				
Tipe HBK	Dimensi		Tulangan Lentur	Tulangan geser
	b	h		
	(mm)	(mm)		
HBK K1-A	850	850	20D25	4D13-150
HBK K1-B	850	850	16D25	4D13-150

h. Dinding Geser (*Shearwall*)

Tebal dinding = 300 mm

Mutu beton (f_c') = 35 MpaMutu baja (f_y) = 390 Mpa ($> D12$ mm)Tabel 11.10 Tabel Kesimpulan *Shearwall*

Shearwall							
Tipe Shearwall	Dimensi				Letak Tulangan	Tulangan	
	Sayap		Badan			Longitudinal	Confinement
	b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)			
SW 1	850	850	300	4175	Pada SBE	20D19	5D13-100
					Pada Badan	D16-200	2D13-100
SW 2	850	850	300	5550	Pada SBE	20D19	5D13-100
					Pada Badan	D16-300	2D13-100

i. Pondasi

Mutu beton (f_c') = 35 Mpa

Mutu baja (f_y) = 390 Mpa (> D12 mm)

Tabel 11.11 Tabel Kesimpulan Pondasi

Tipe Pondasi	Dimensi Pilecap		Tebal Pilecap	Diameter Tiang	Kedalaman Tiang Pancang	Jumlah Tiang Pancang	Tulangan Lentur		Tulangan Tusuk Konde
	b	h					x	y	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)				
P1	3,2	2,2	0,75	0,4	22	6	D25-175	D25-175	2D16
P2	3,2	3,2	0,75	0,4	22	9	D25-200	D25-200	2D16
P3	2,2	2,2	0,6	0,4	22	4	D25-250	D25-250	2D16
P4	3,2	4,8	0,85	0,4	22	12	D25-175	D25-175	2D16
P5	4,2	8,4	1,5	0,4	22	28	D29-125	D29-125	2D16
P6	4,2	7,7	1,5	0,4	22	24	D29-125	D29-125	2D16

3. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah pekerjaan konstruksi *shearwall*. Metode yang digunakan adalah metode konvensional / *formwork*. Bahan panel bekisting yang digunakan adalah multipleks jenis *poly resin (poly film)* tebal 15 mm. Pekerjaan konstruksi *shearwall* meliputi pekerjaan pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran, pembongkaran bekisting dan perawatan atau *curing*. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk 1 item pekerjaan *shearwall* bergantung pada metode kerja, kesiapan material, spesifikasi peralatan yang digunakan, posisi struktur dan pengalaman serta banyaknya tenaga kerja. Pada pembangunan gedung perkuliahan 8 lantai di Surabaya perhitungan durasi pekerjaan dilakukan mulai dari pekerjaan pembesian hingga pembongkaran bekisting pada *shearwall* tipe 1 dan 2 dengan ketinggian 6,8 m (elevasi +6.8 m) dan 4,8 m (elevasi +11.55).

Tabel 11.12 Tabel Kesimpulan Durasi Waktu Pekerjaan
Shearwall

Item pekerjaan SW	Durasi Waktu				satuan
	SW 1 (h=6,8m)	SW 1 (h=4,8m)	SW 2 (h=6,8m)	SW 2 (h=4,8m)	
Fabrikasi Tulangan	572,32	588,41	509,17	527,82	menit
Marking	10	10	10	10	menit
Pemasangan Sepatu	20	20	20	20	menit
Installing Tulangan	20	20	20	20	menit
Fabrikasi Bekisting	311,44	386,24	219,84	272,64	menit
Installing Bekisting	194,65	241,40	137,40	170,40	menit
Pengecoran	215,45	400,72	154,24	288,93	menit
Setting beton	720	720	720	720	menit
Pembongkaran bekisting	136,255	168,98	96,18	119,28	menit
Total Waktu	2200,11	2555,75	1886,83	2149,07	menit
Total Waktu	36,668	42,596	31,447	35,818	jam

11.2 Saran

1. Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan (TAT), hendaknya untuk menyusun sistematika penyusunan TAT secara urut dan menyeluruh agar dalam pengerjaan 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.
3. Harus teliti dan bersabar dalam melakukan percobaan permodelan (trial and error), karena apabila ada yang salah dalam pendesainan harus mengulang lagi perhitungan kontrol dari awal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Jakarta: BSN.
- Purwono, Rachmat. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulangan Tahan Gempa sesuai SNI-1726 dan SNI-2847 Terbaru*. Surabaya : ITS Press.
- 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 Press.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB Press.
- Pamungkas, Anugrah dan Erny Harianti. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman. 2011. *Peta Zonasi Gempa Indonesia*. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum.
- Turangan, Benaya A.S., Andrew D. Saputra, Sentoso Limanto, Yusuf D.E. Wicaksono. Vol. 5, No. 1, 2016. *Evaluasi Produktivitas Kerja Struktur Kolom, Balok, dan Plat di Proyek Tunjungan Plaza 6*. Surabaya: Jurnal Dimensi Pratama Sipil.
- Amalia, Sofia Dewi, Didiek Purwadi. Vol. 1, No. 1, 2017. *Analisis Produktivitas Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6*. Surabaya: Jurnal Rekayas Teknik Sipil.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1
(BROSUR MATERIAL)



30 x 30



TECHNICAL DATA
ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE		WALL TILE	
		ARWANA	ISO	ARWANA	ISO
Size Tolerance	%	+/- 0.5	+/- 0.6	%	(-0.2 - (+0.52)) (-0.3 - (+0.6))
Thickness Tolerance	%	+/- 4.0	+/- 5.0	%	+/- 4.0 +/- 1.0
Rectangularity	%	+/- 0.4	+/- 0.6	%	+/- 0.3 +/- 0.3
Straightness of sides	%	+/- 0.4	+/- 0.5	%	+/- 0.3 +/- 0.3
Curvature					
a. Center Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(-0.2 - (+0.8)) (-0.2 - (+0.8))
b. Edge Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(-0.2 - (+0.8)) (-0.2 - (+0.8))
c. Warpage	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	0.5 0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200 min 150
Water Absorption	%	≤ 9	6-10	%	> 10 > 10
Cracking Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)	Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT ARWANA CITRAMULLA TM
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Jakarta 11610
Phn: +62 21 5830 2363
Fax: +62 21 5830 2361
E-mail: info@arwanacitra.com
Website: www.arwanacitra.com

Sole Distributor
PT PRIMAGRAHA KERAMINDO
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Phn: +62 21 5835 8118
Fax: +62 21 5835 8008
E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

Factories
PLANT I:
PT ARWANA CITRAMULLA (ACM)
Jl. Raya Pasar Kemis
Tangerang 15133, Banten
Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
Email: info@acm.arwanacitra.com

PLANT II:
PT ARWANA MUJANA KERAMIK (ANK)
Jl. Raya Godea, Desa Kitan Km 69
Cilanda - Serang, Banten
Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364

PLANT III:
PT SINAR KARYA DUTA ARADI (SKDA)
Jl. Wringin Anom Raya Km. 33
Desa Wringin Anom, Kbh. Gresik
Jawa Timur
Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
Email: info@skda.arwanacitra.com

Perekat Granite Tile MU-400 (Dinding & Lantai)



Semen instan untuk pekerjaan pemasangan granite tile (*homogeneous tile*) atau batu alam pada dinding dan lantai.

Keunggulan:

- Daya rekat tinggi dan mudah diaplikasikan.
- Keramik dinding tidak merosot saat dipasang.
- Mencegah terangkatnya pasangan keramik lantai (*popping*).
- Dapat diaplikasikan untuk pemasangan keramik pada permukaan beton.
- Dapat diapikasi tanpa melakukan pengetrikan permukaan dinding (*chipping*).
- Tahan terhadap muai-susut.
- Adukan tidak cepat mengering pada saat diapikasi.

Isi Kemasan:

25 Kg

Kebutuhan Air:

5,5 - 6,0 liter / sak 25 Kg

Daya Sebar:

± 5 m² / sak 25 Kg / tebal aplikasi 3 mm





Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

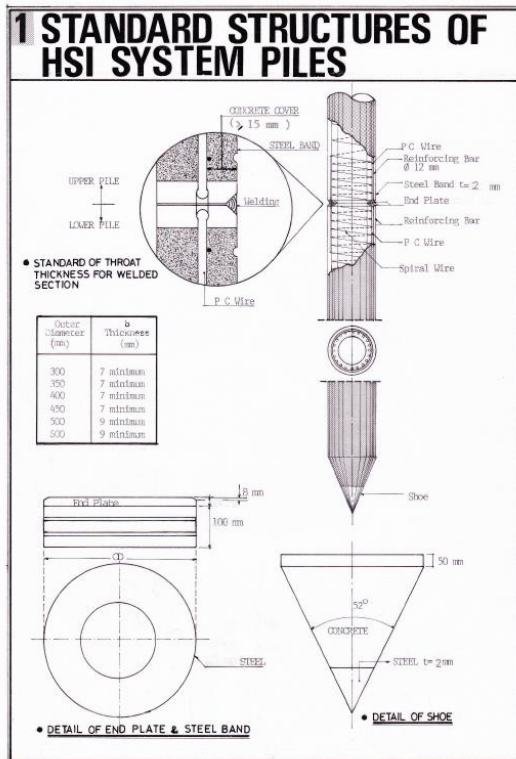
Panjang, L (mm) : 600
Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³
Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
Kuat tekan, (σ) : $\geq 4,0$ N/m²
Konduktifitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

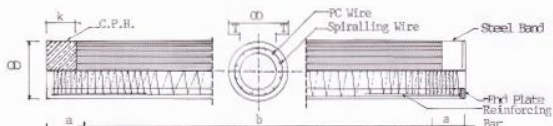
Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

TABLE OF STANDARD DIMENSIONS - PT. HUME SAKTI INDONESIA - PC PILES

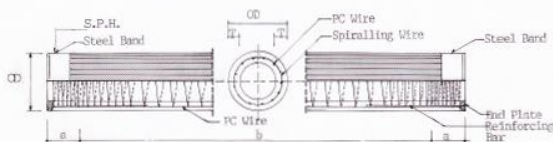
OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm ²)	CALCULATED BENDING MOMENT (T.M)		ALLOWABLE AXIAL LOAD (TON)	NOMINAL WEIGHT (kg/M)
				DIA (mm)	NOS		CRACK	ULT		
300	60	7-13	A	7	6	452	2.5	4.7	75	119
			B	7	12		3.5	7.0	70	
			C	7	16		4.0	9.0	65	
350	65	7-15	A	7	8	582	3.5	6.9	95	151
			B	7	14		5.0	9.6	90	
			C	7	20		6.0	13.5	85	
400	75	7-16	A	7	10	766	5.5	9.4	120	199
			B	7	18		7.5	14.2	115	
			C	9	16		9.0	18.9	112	
450	80	7-16	A	7	12	930	7.5	12.4	150	242
			B	7	24		11.0	21.3	140	
			C	9	20		12.5	26.0	135	
500	90	7-16	A	7	14	1159	10.5	15.7	185	301
			B	7	30		15.0	29.5	175	
			C	9	24		17.0	35.1	170	
600	100	7-16	A	7	18	1571	17.0	23.6	250	408
			B	9	26		25.0	46.2	240	
			C	9	34		29.0	60.2	230	



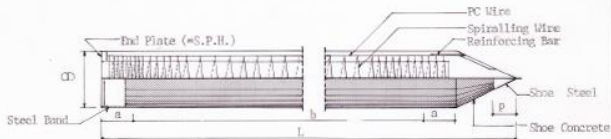
2 STANDARD STRUCTURES OF HSI SYSTEM PILES



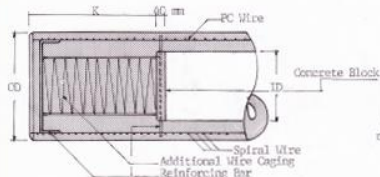
UPPER PILE



UPPER PILE



LOWER PILE



DETAIL OF CONCRETE PILE HEAD (CPH)

	K (mm)	a (mm)	b (mm)
FITG1	50	50	100
LEG1	OD+10	700	Var

note: -CPH : Concrete Pile Head
 -SPH : Steel Pile Head

LAMPIRAN 2
(DATA TANAH)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

LAMPIRAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN 8 LANTAI DI SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP. 1011141000050

Dosen Pembimbing I
R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**LAMPIRAN
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN 8 LANTAI
DI SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM**

**Ivanda Aryanti Wibawa
NRP. 1011141000050**

**Dosen Pembimbing I
R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001**

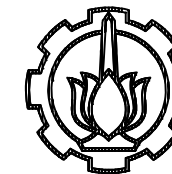
**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH LANTAI		
ARS	DENAH LANTAI DASAR & LANTAI 1	01
ARS	DENAH LANTAI 2 & LANTAI 3	02
ARS	DENAH LANTAI 4 & LANTAI 5	03
ARS	DENAH LANTAI 6 & LANTAI 7	04
ARS	DENAH LANTAI 8 & LANTAI ATAP	05
ARS	DENAH LANTAI ATAP	06
POTONGAN		
ARS	POTONGAN A-A	07
ARS	POTONGAN B-B	08
TAMPAK		
ARS	TAMPAK DEPAN	09
ARS	TAMPAK BELAKANG	10
ARS	TAMPAK SAMPING KANAN & KIRI	11

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH DAN STRUKTUR PLAT LANTAI		
STR	DENAH PENULANGAN PLAT LANTAI 1 & LANTAI 2	12
STR	DENAH PENULANGAN PLAT LANTAI 3 & LANTAI 4	13
STR	DENAH PENULANGAN PLAT LANTAI 5 & LANTAI 6	14
STR	DENAH PENULANGAN PLAT LANTAI 7 & LANTAI 8	15
STR	DENAH PENULANGAN PLAT ATAP	16
STR	RENCANA PENULANGAN PLAT LANTAI 1 - LANTAI ATAP	17
STR	REKAP PENULANGAN PLAT LANTAI DAN PLAT ATAP	18
DENAH DAN STRUKTUR TANGGA		
STR	DENAH RENCANA & PENULANGAN TANGGA TIPE 1	19
STR	POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1	20
STR	POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 1	21
STR	DENAH RENCANA & PENULANGAN TANGGA TIPE 2	22
STR	POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 2	23
STR	POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 2	24
STR	POTONGAN C-C PENULANGAN TANGGA TIPE 2	25
STR	DENAH RENCANA & PENULANGAN TANGGA TIPE 3	26
STR	POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 3	27
STR	POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 3	28
STR	DENAH RENCANA & PENULANGAN TANGGA TIPE 4	29
STR	POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 4	30
STR	POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 4	31
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BORDES	32

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH DAN STRUKTUR BALOK		
STR	DENAH PEMBALOKAN LT.1 - LT ATAP	33
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI 1	34
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI 2 & BI 3	35
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI 4, BI 5, BI 6	36
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA 1	37
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA 2, BA 3, BL	38
STR	REKAP PENULANGAN BALOK	39
DENAH DAN STRUKTUR KOLOM		
STR	DENAH RENCANA KOLOM LANTAI 1 - LANTAI 8	40
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-A (+0.00 - +6.75)	41
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-A (+11.55 - +16.35)	42
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-B (+21.15 - +25.95)	43
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-B (+30.75 - +35.15)	44
STR	REKAP PENULANGAN KOLOM	45
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM	46
STRUKTUR SHEARWALL		
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL	47
DENAH DAN STRUKTUR SLOOF		
STR	DENAH SLOOF	48
STR	DETAIL PENULANGAN SLOOF TB 1	49
STR	DETAIL PENULANGAN SLOOF TB 2, TB 3, TB 4	50
STR	REKAP PENULANGAN SLOOF	51

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH DAN STRUKTUR PONDASI		
STR	DENAH RENCANA PONDASI	52
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P1	53
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P2 & TIPE P3	54
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P4	55
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P5	56
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P5	57
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P6	58
STR	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE P6	59
PORTAL		
STR	PORTAL MEMANJANG AS 6-6	60
STR	DETAIL A PORTAL MEMANJANG AS 6-6	61
STR	PORTAL MELINTANG AS G-G & PORTAL MELINTANG AS A-A	62
STR	DETAIL PORTAL MELINTANG AS G-G	63
STR	DETAIL PORTAL MELINTANG AS A-A	64
METODE PELAKSANAAN		
STR	BLOK PLAN RENCANA PENEMPATAN ALAT BERAT	65
STR	METODE PELAKSANAAN SHEARWALL	66



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI DASAR &
 LANTAI 1

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

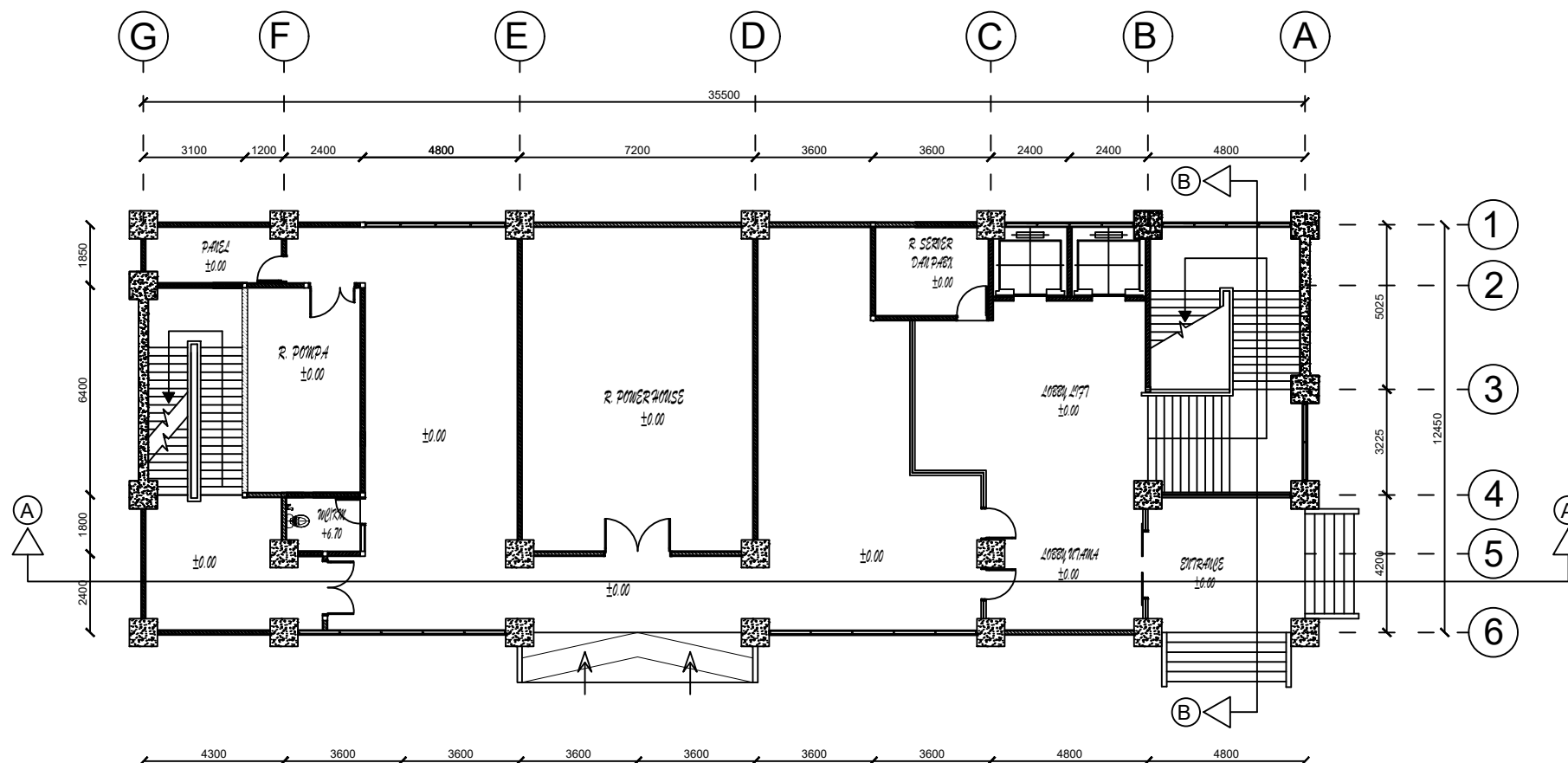
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

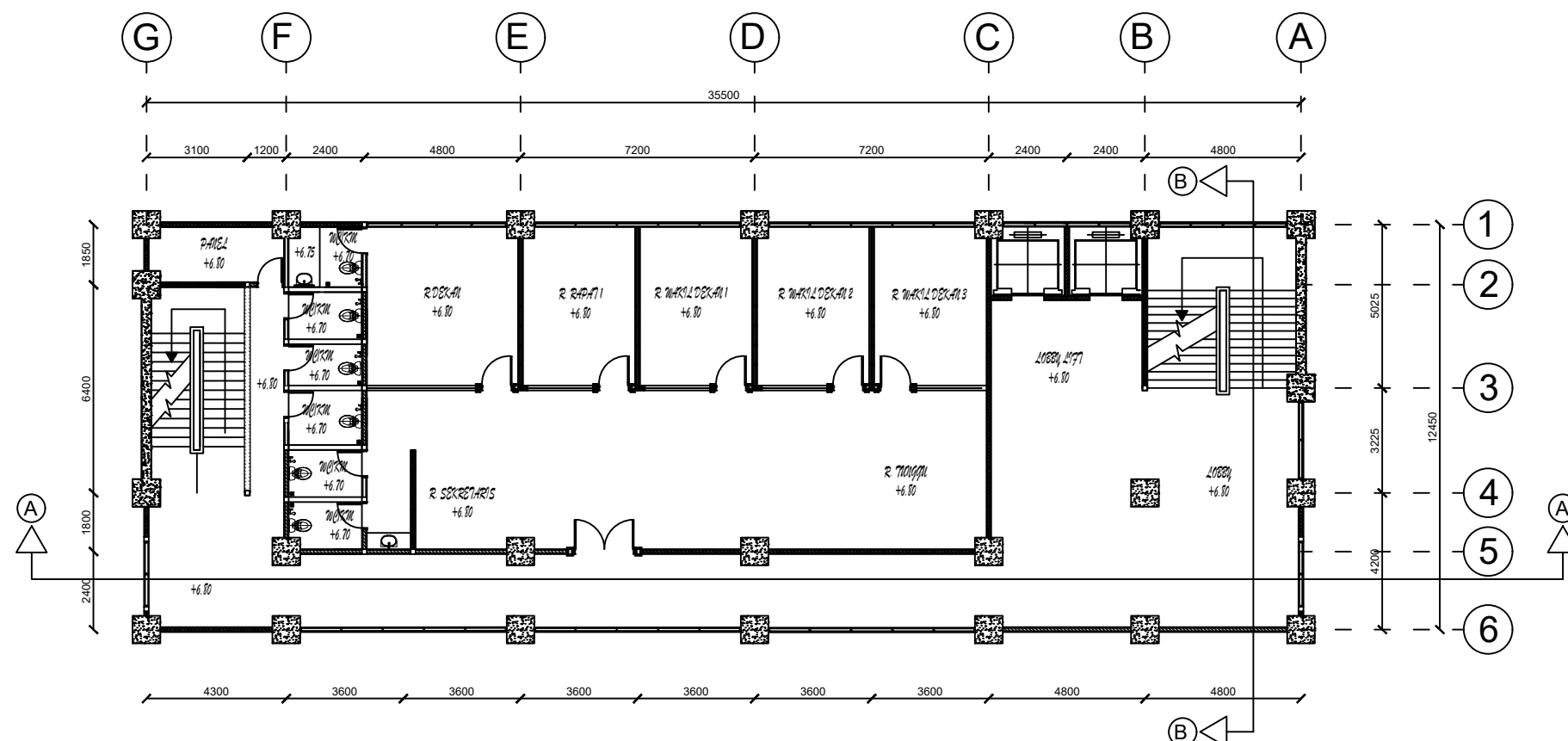
01

66



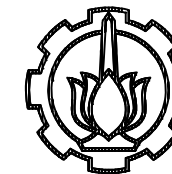
DENAH LANTAI DASAR

SKALA 1 : 200



DENAH LANTAI 1

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

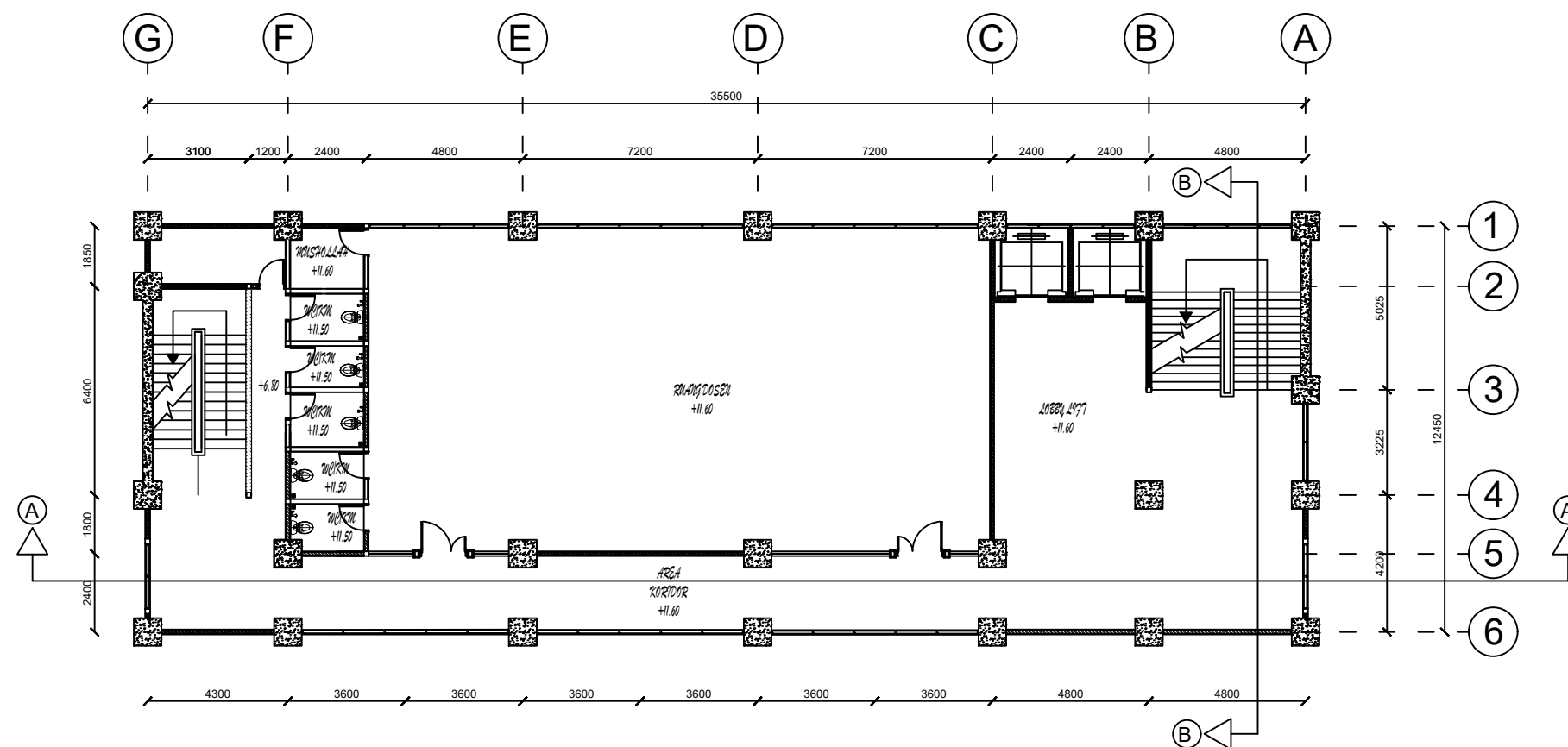
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

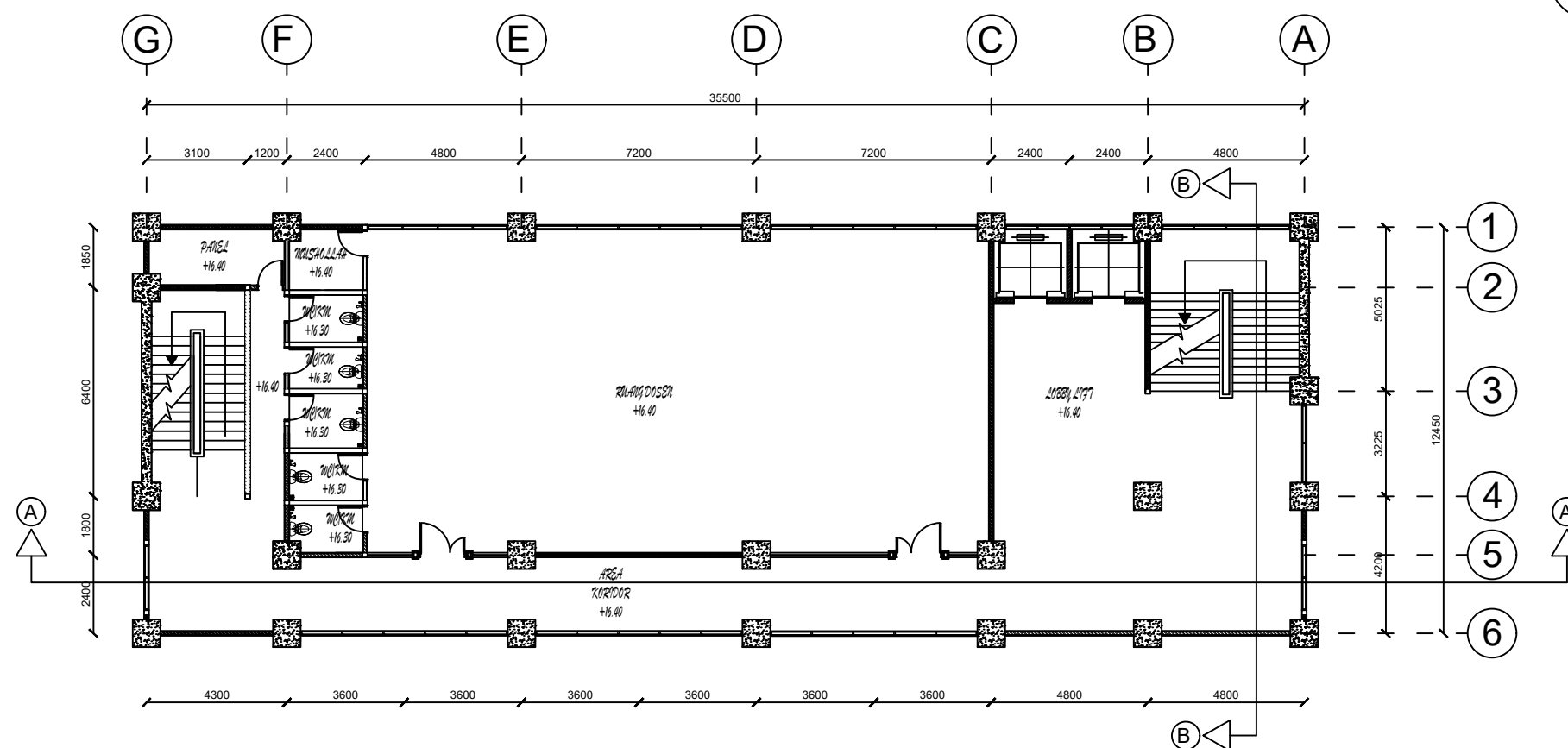
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2 & LANTAI 3

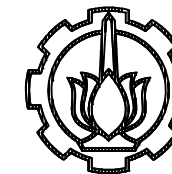
KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:200
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
02	66



DENAH LANTAI 2
 SKALA 1 : 200



DENAH LANTAI 3
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 4 & LANTAI 5

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

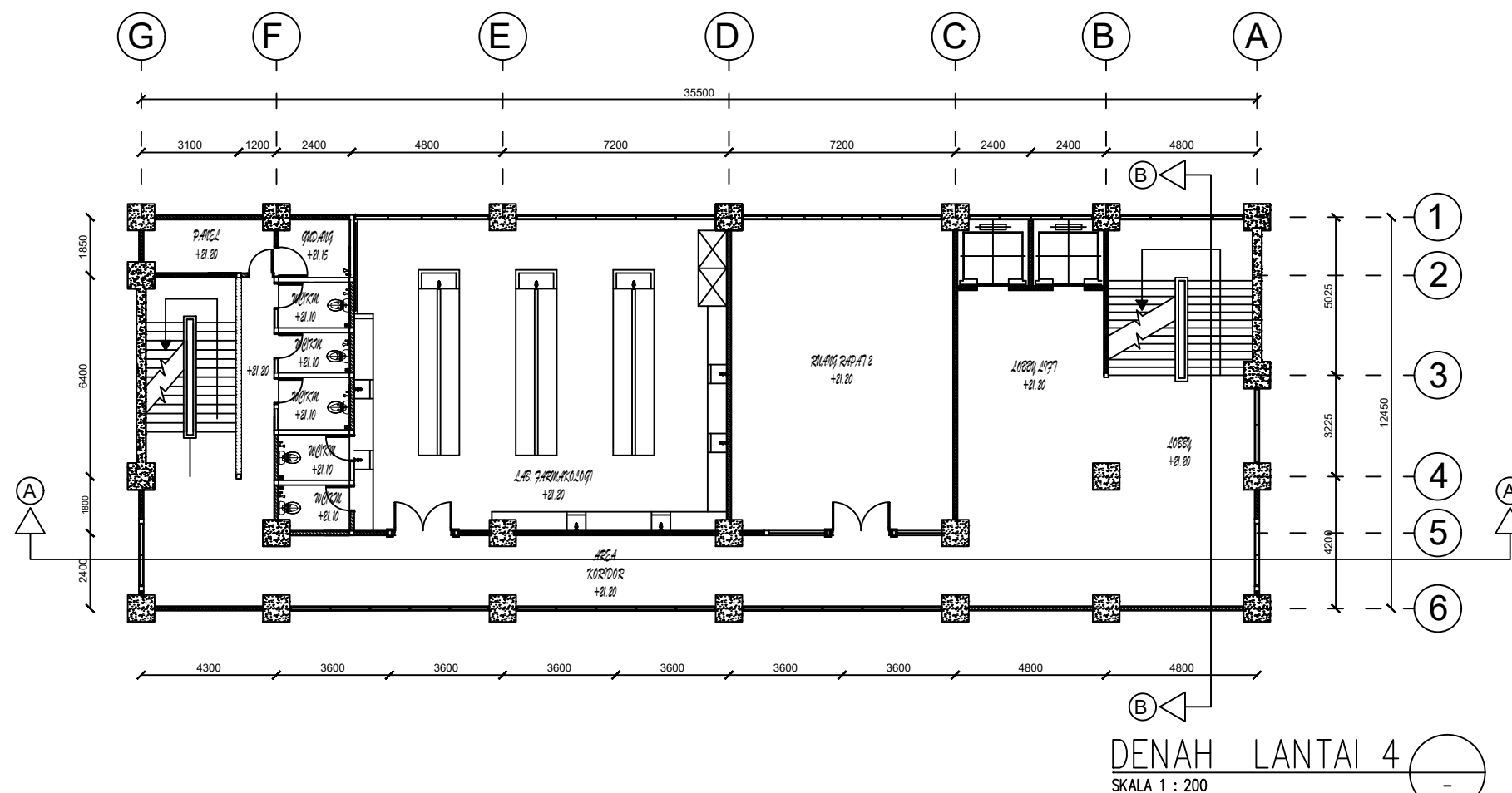
1:200

NO. LEMBAR

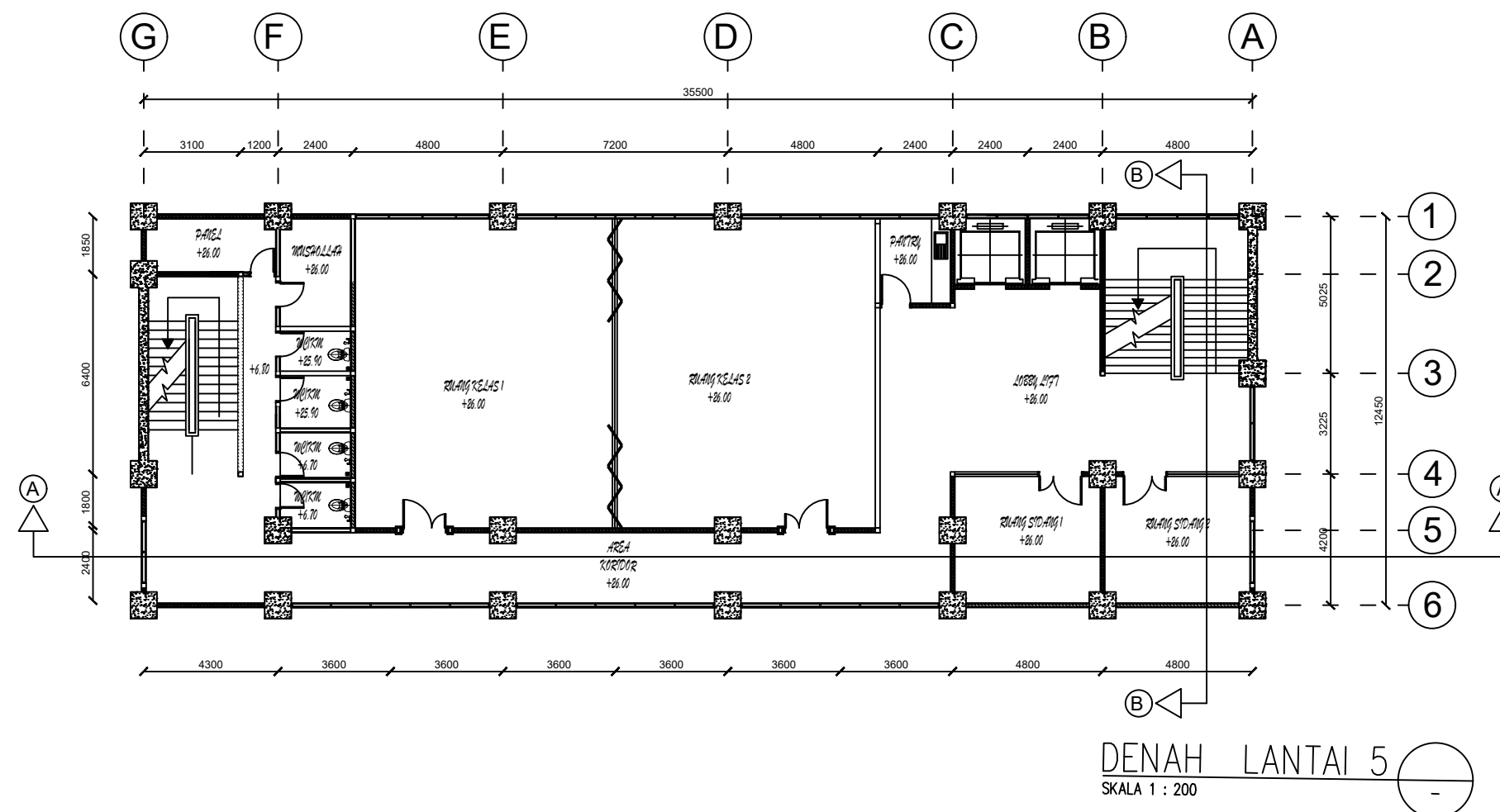
JUMLAH LEMBAR

03

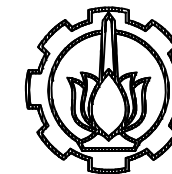
66



DENAH LANTAI 4
 SKALA 1 : 200



DENAH LANTAI 5
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 6 & LANTAI 7

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

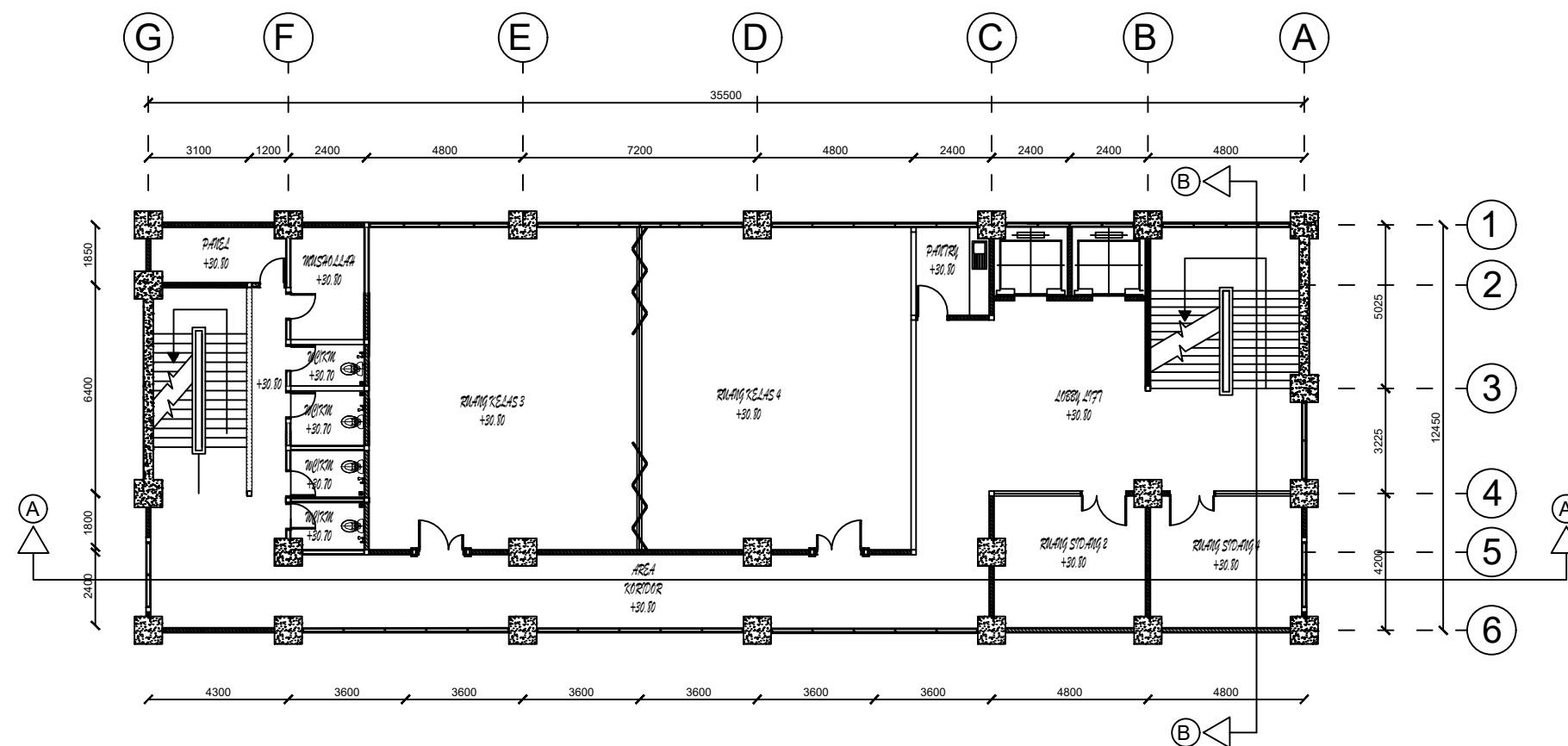
04

SKALA

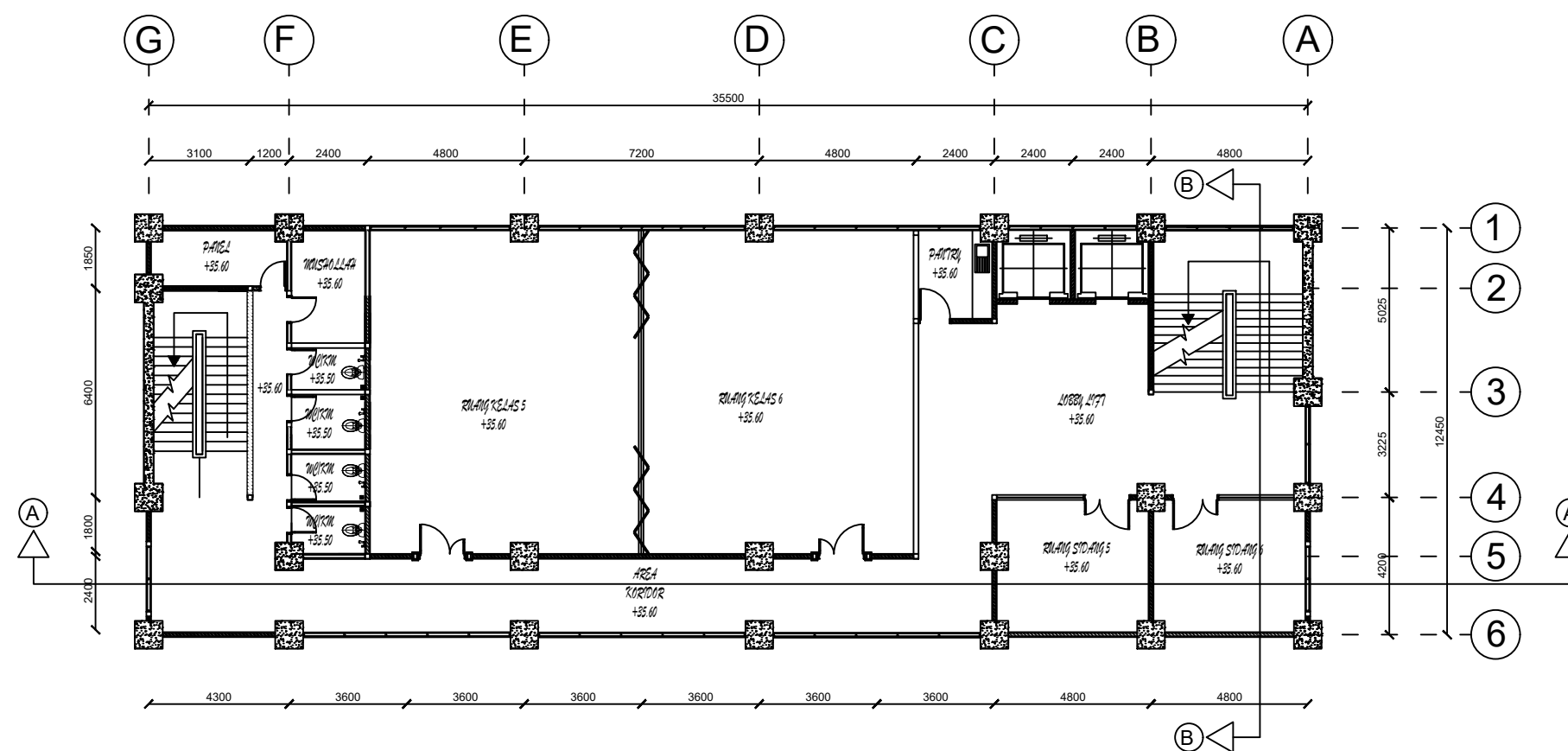
1:200

JUMLAH LEMBAR

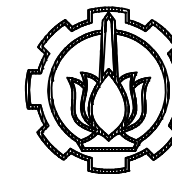
66



DENAH LANTAI 6
 SKALA 1 : 200



DENAH LANTAI 7
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

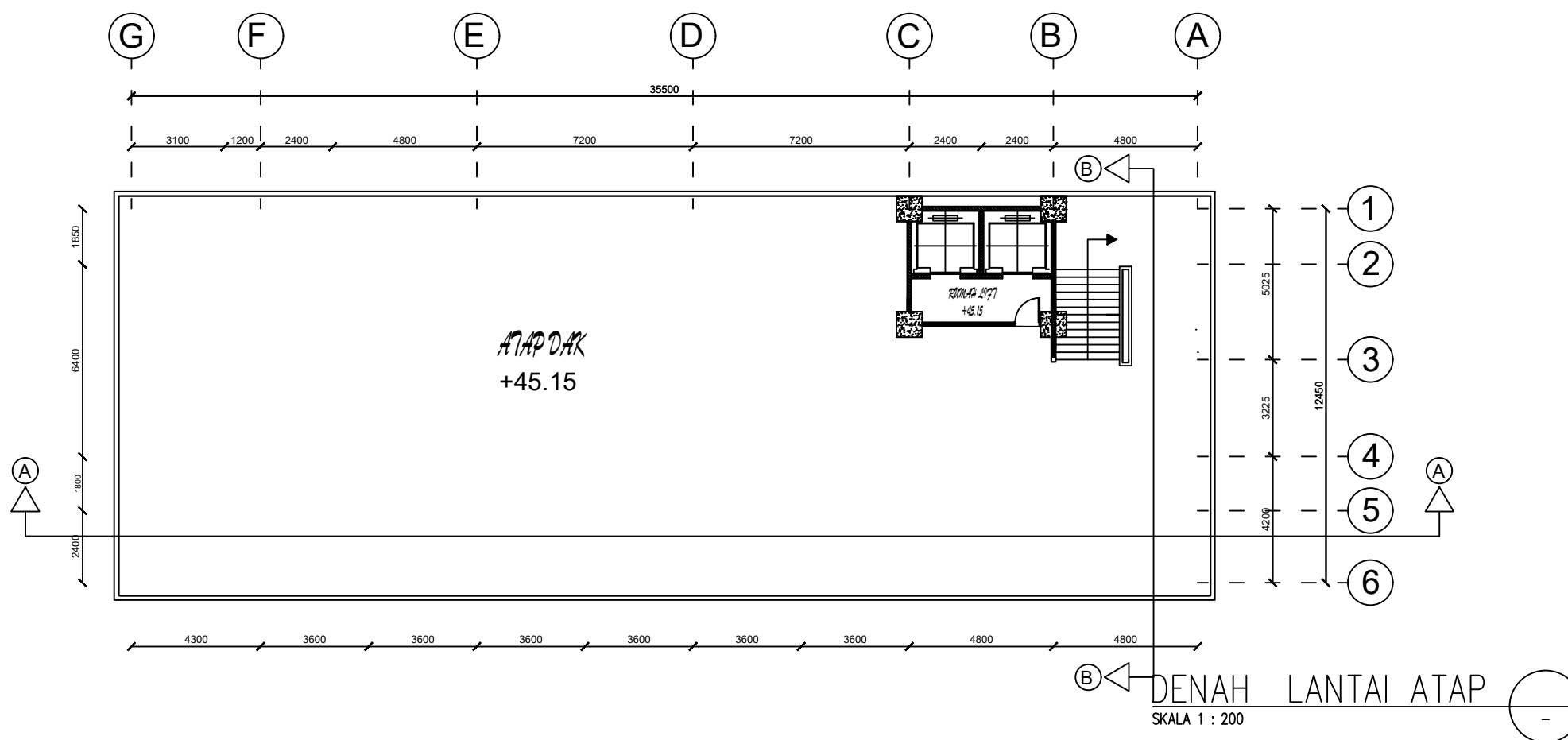
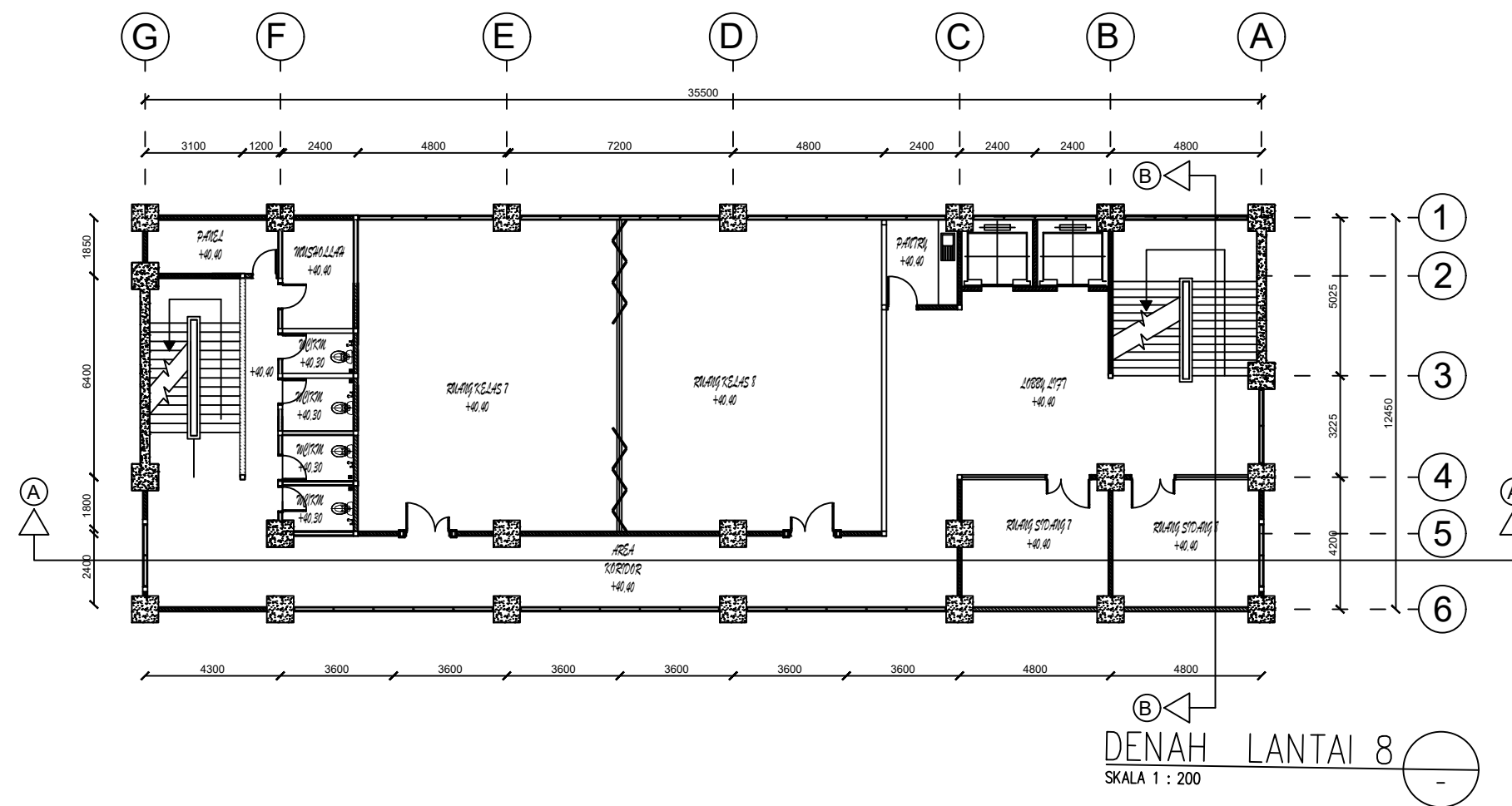
DENAH LANTAI 8 & LANTAI
 ATAP

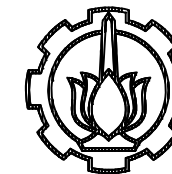
KODE GAMBAR SKALA

ARS 1:200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

05 66





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

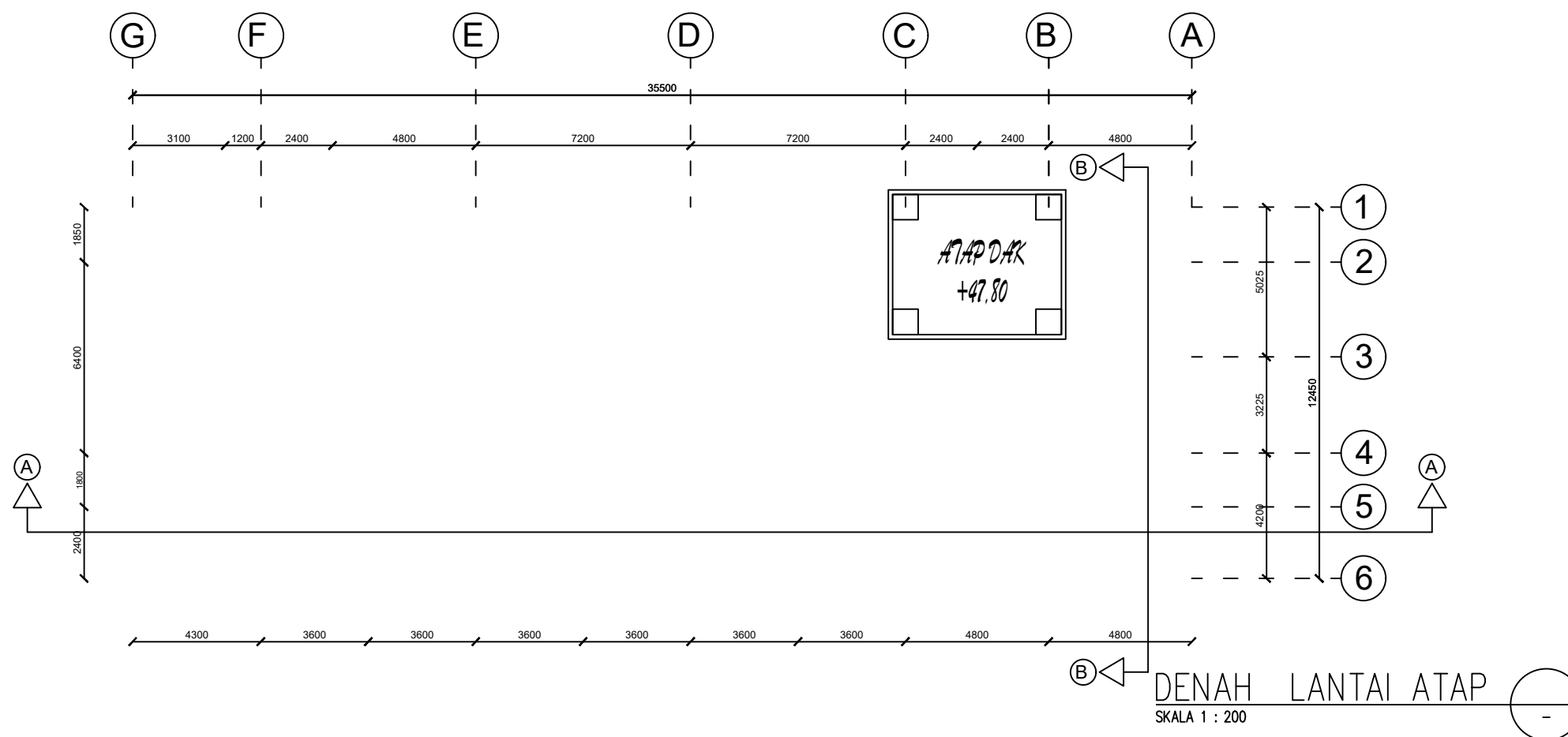
1:200

NO. LEMBAR

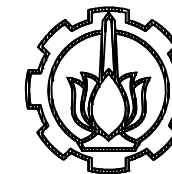
JUMLAH LEMBAR

06

66



DENAH LANTAI ATAP
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

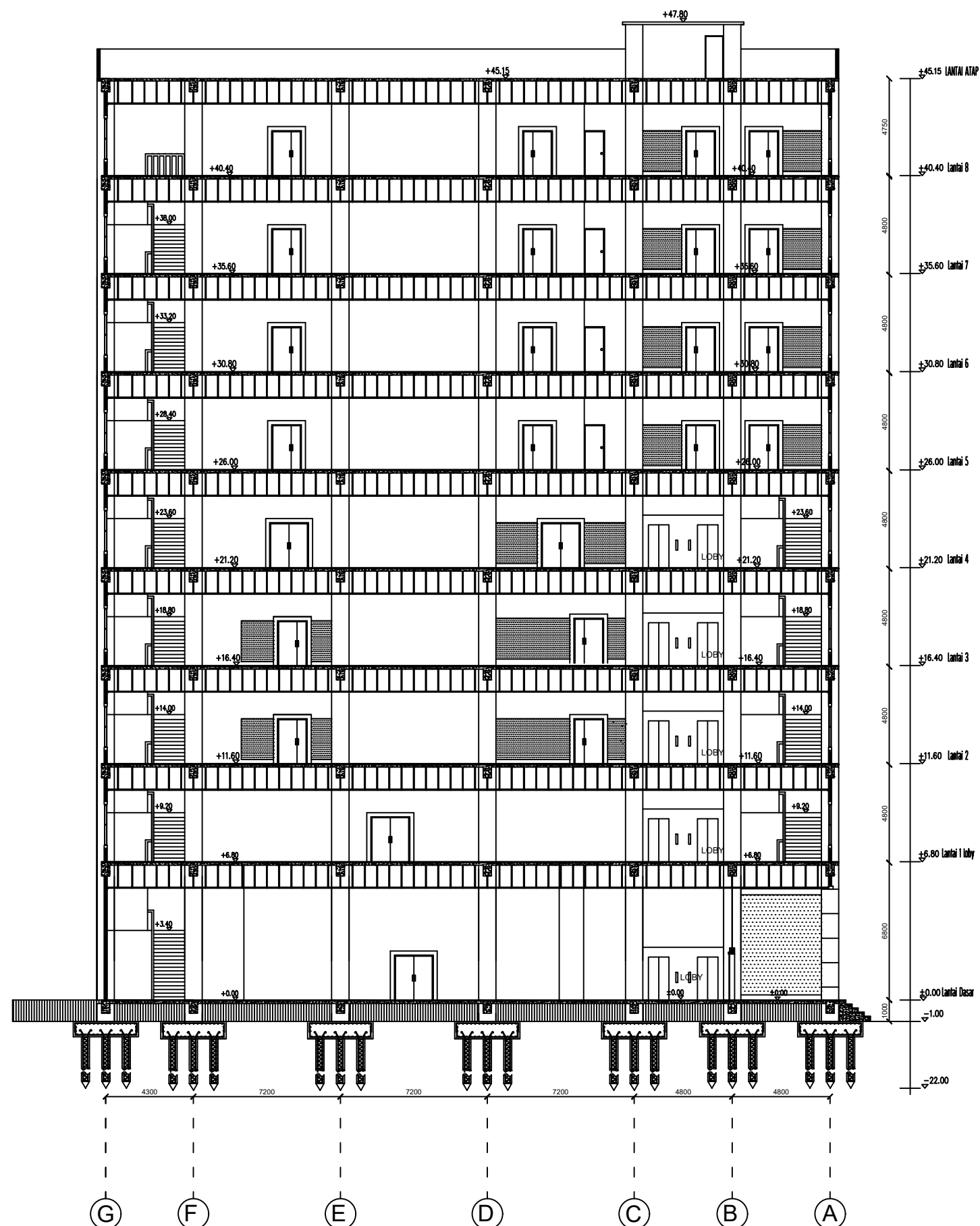
1:250

NO. LEMBAR

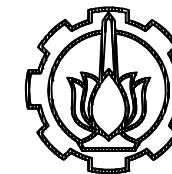
JUMLAH LEMBAR

07

66



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

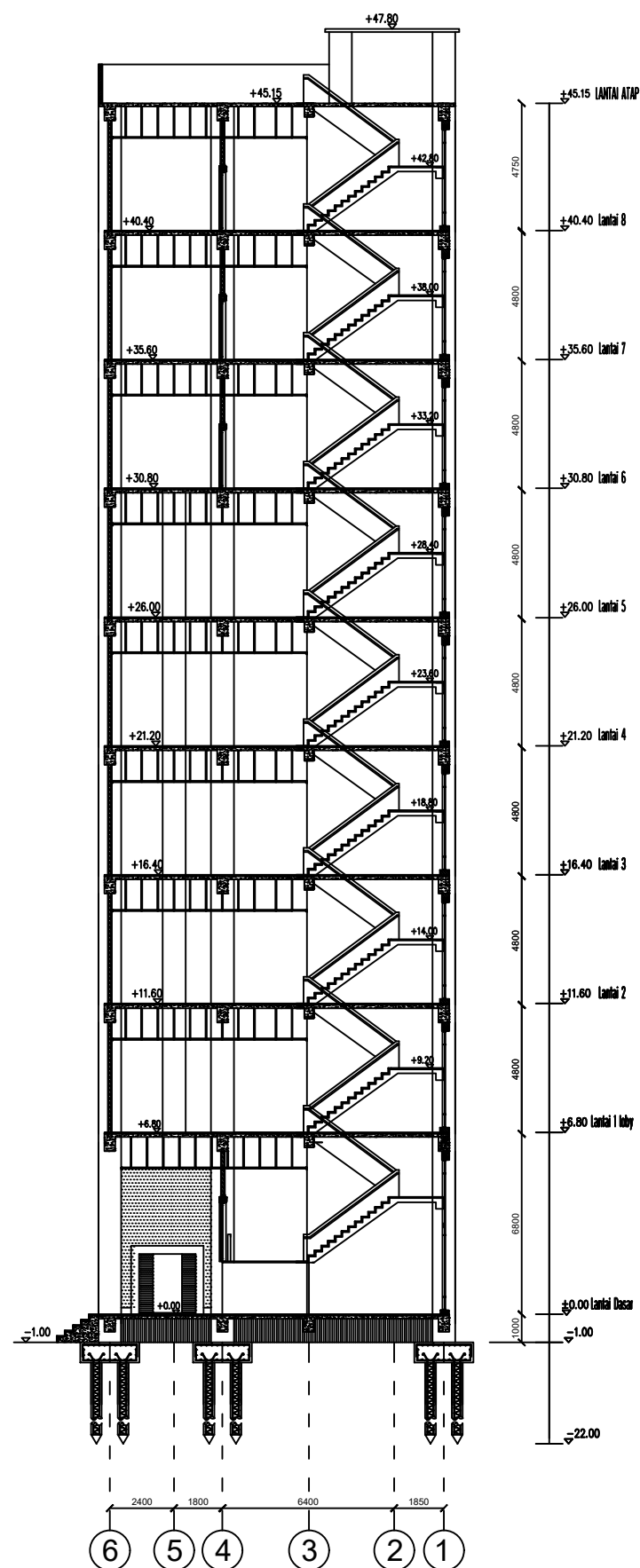
08

SKALA

1:250

JUMLAH LEMBAR

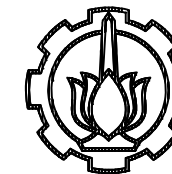
66



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

TAMPAK DEPAN

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

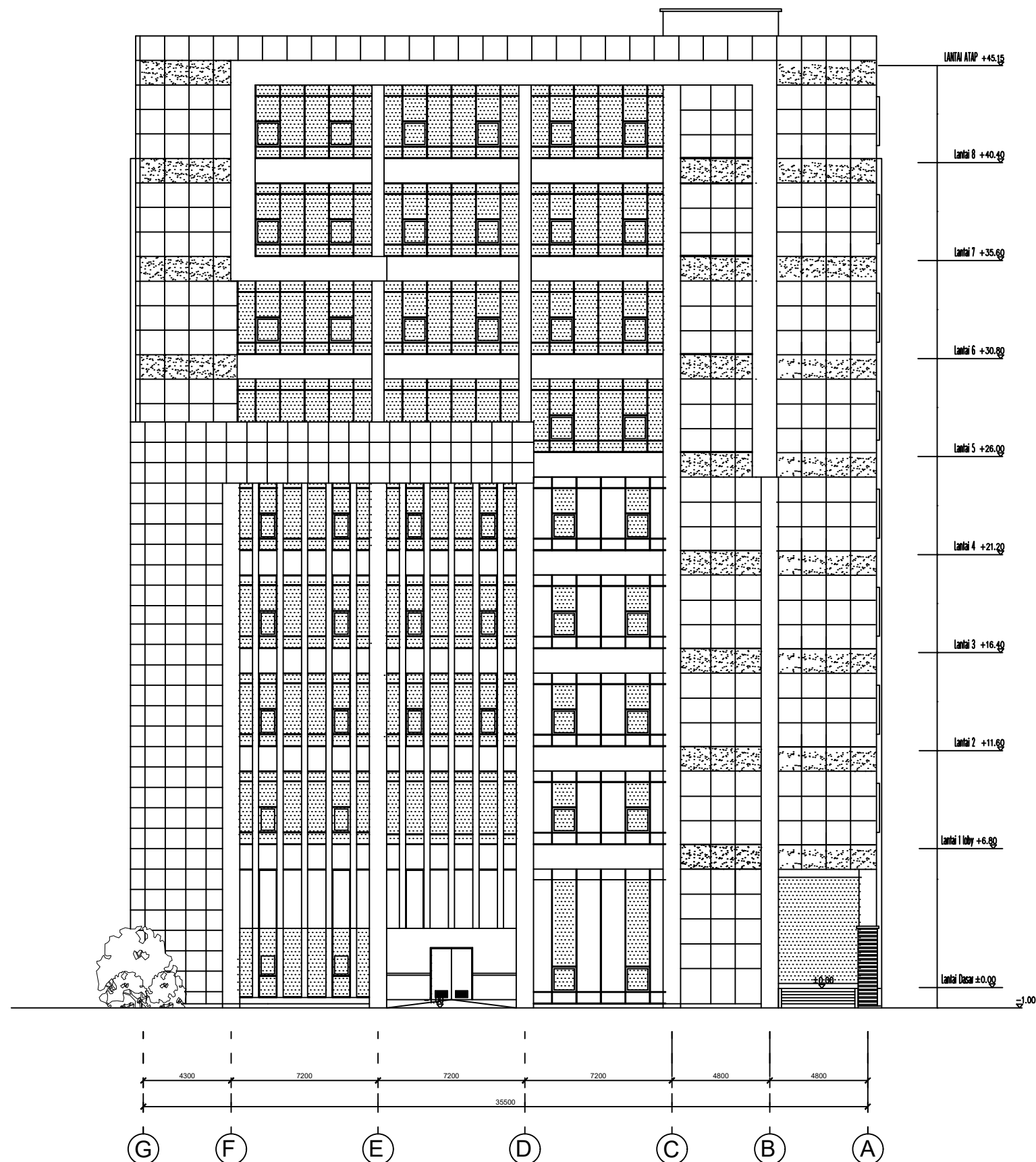
1:250

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

09

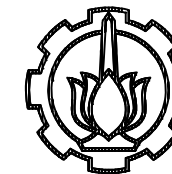
66



TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

TAMPAK BELAKANG

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

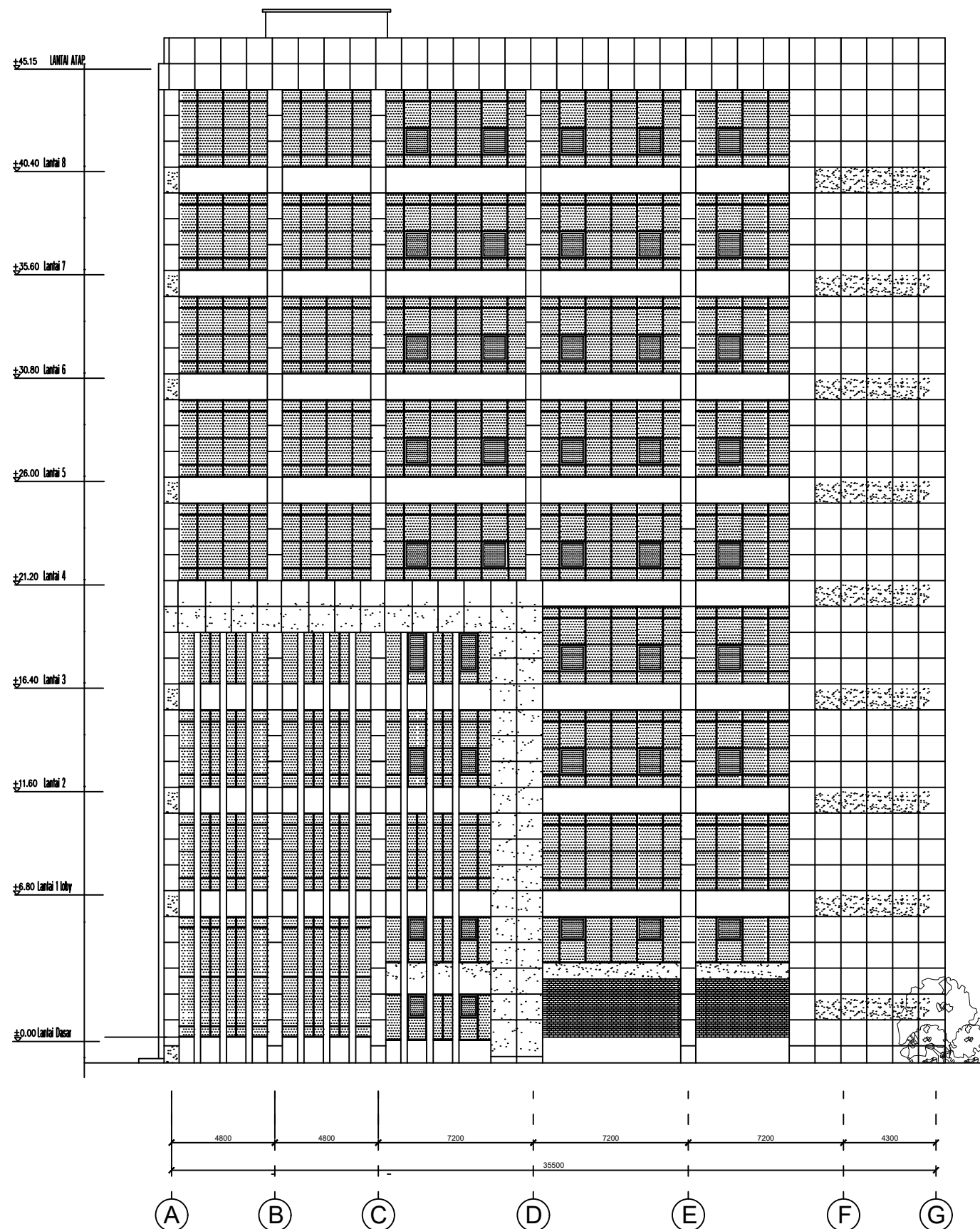
1:250

NO. LEMBAR

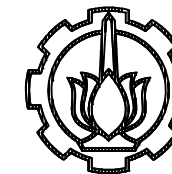
JUMLAH LEMBAR

10

66



TAMPAK BELAKANG
 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

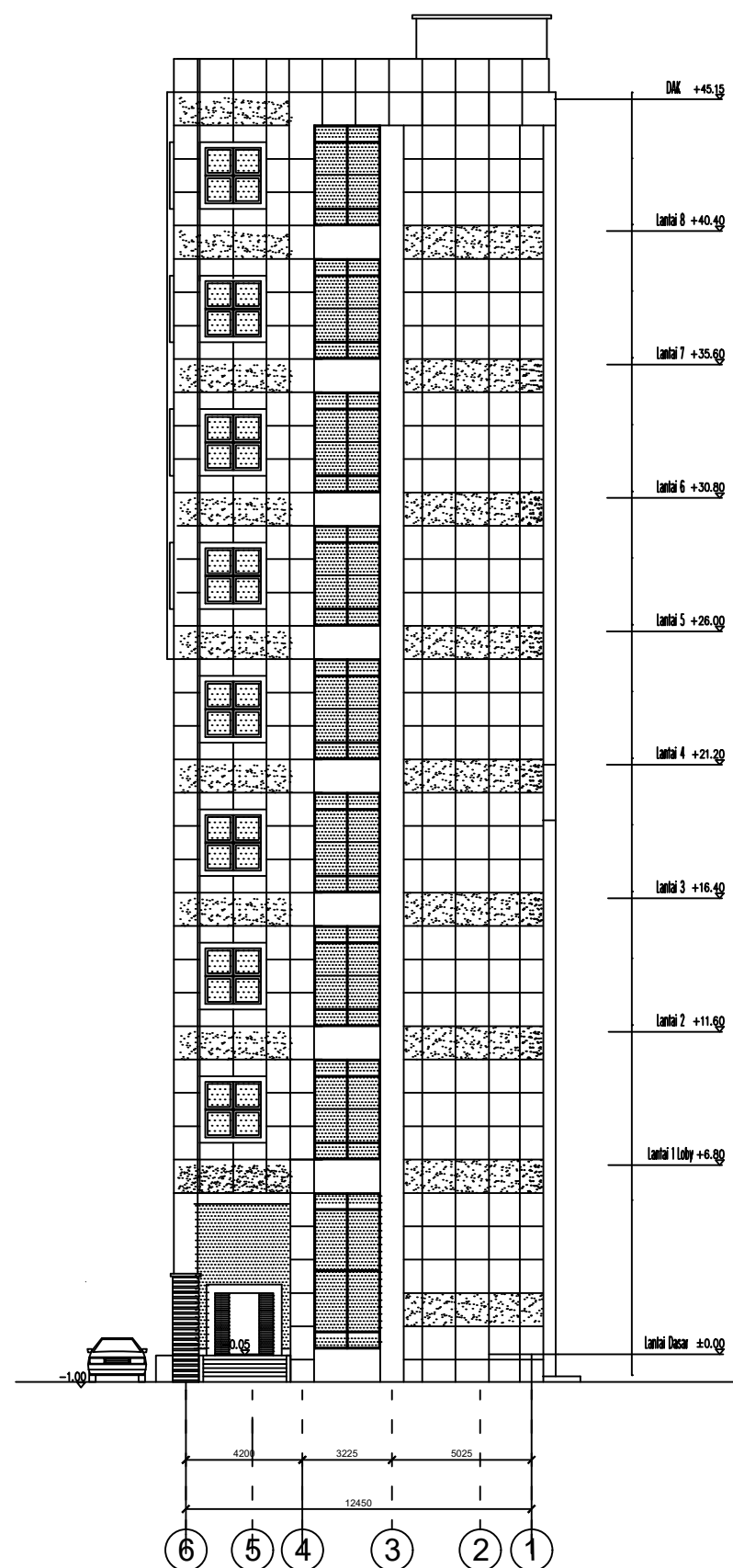
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

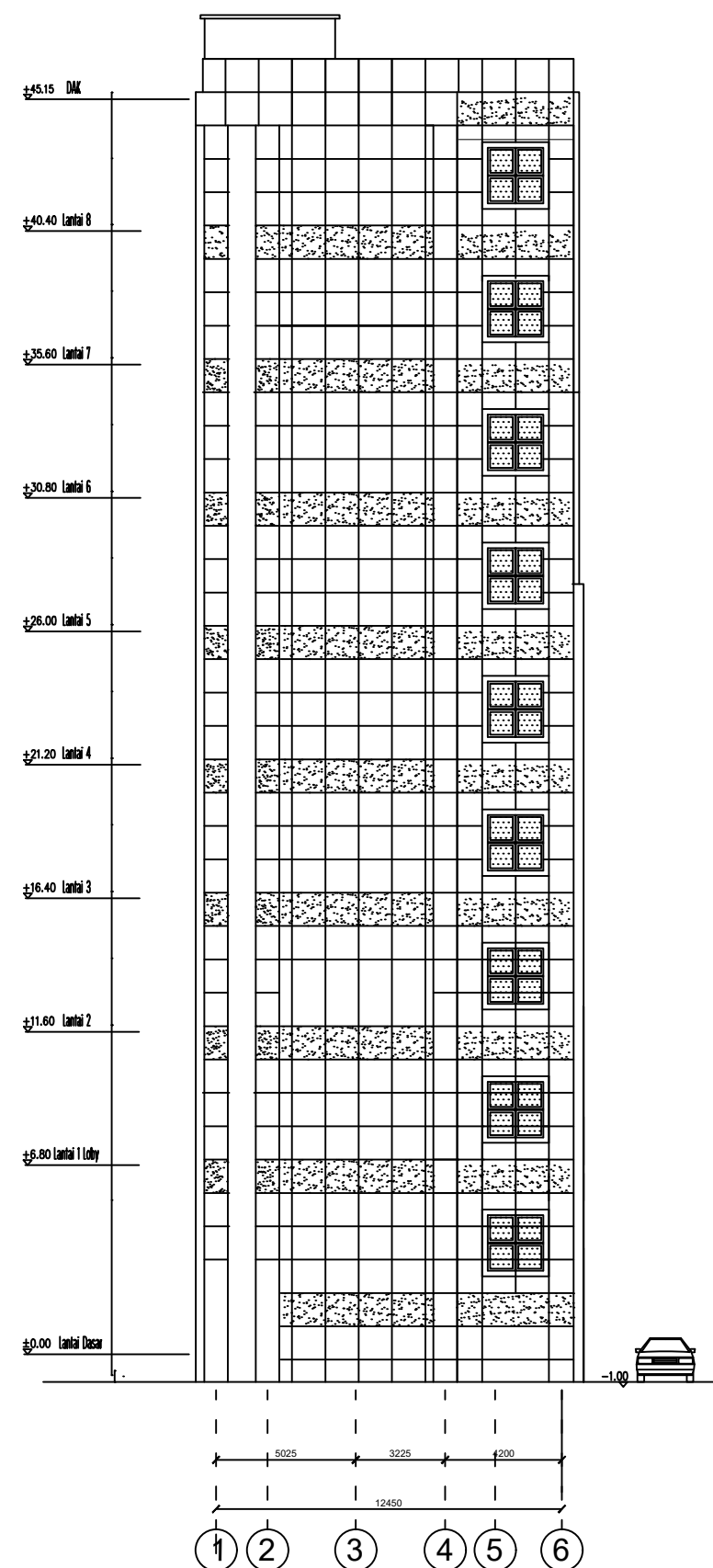
TAMPAK SAMPING KANAN &
 KIRI

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:250

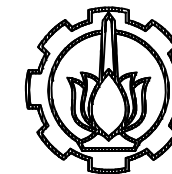
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	66



TAMPAK SAMPING KANAN
 SKALA 1 : 250



TAMPAK SAMPING KIRI
 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

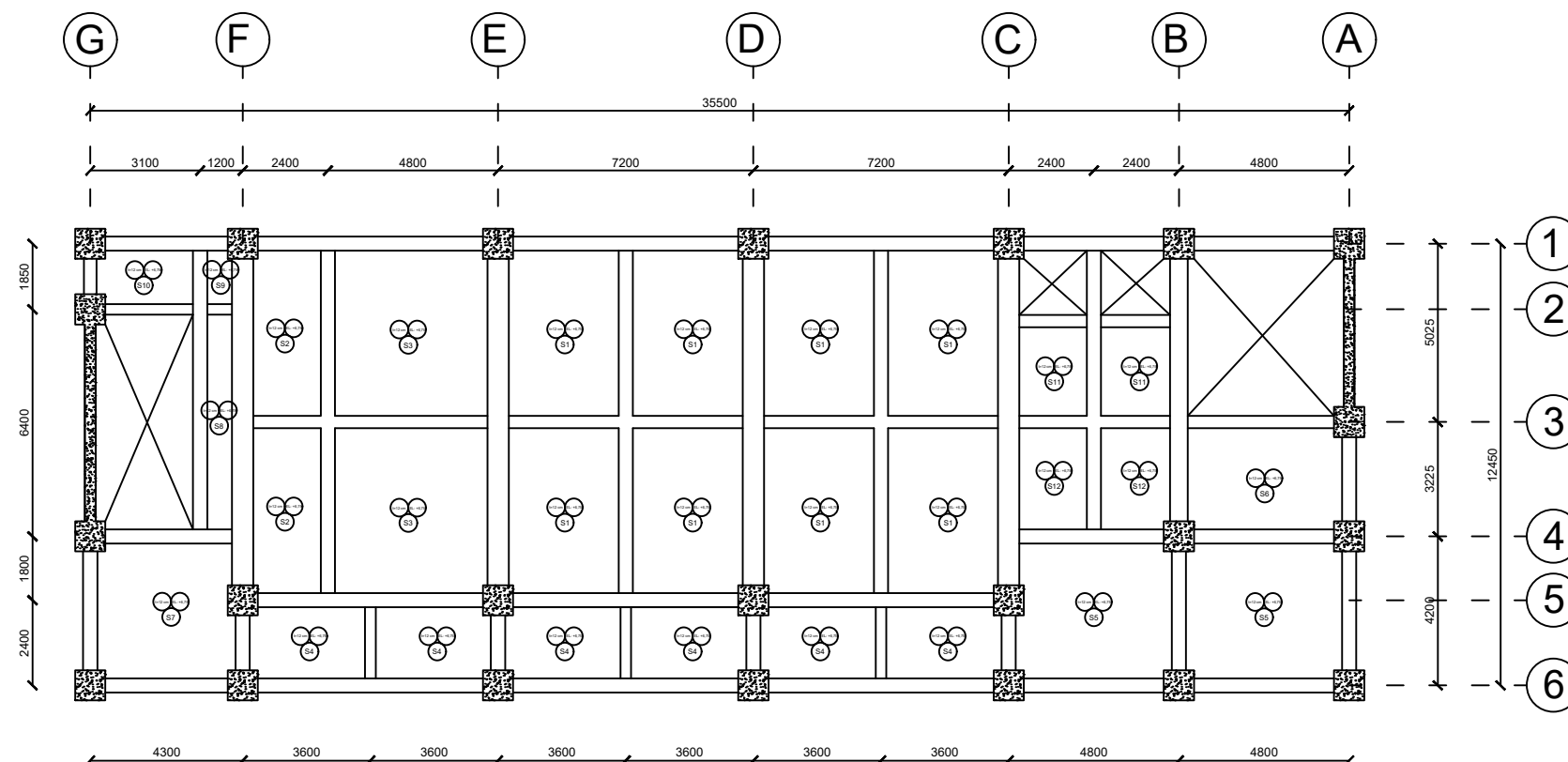
DENAH PENULANGAN PLAT
 LANTAI 1 & LANTAI 2

KODE GAMBAR SKALA

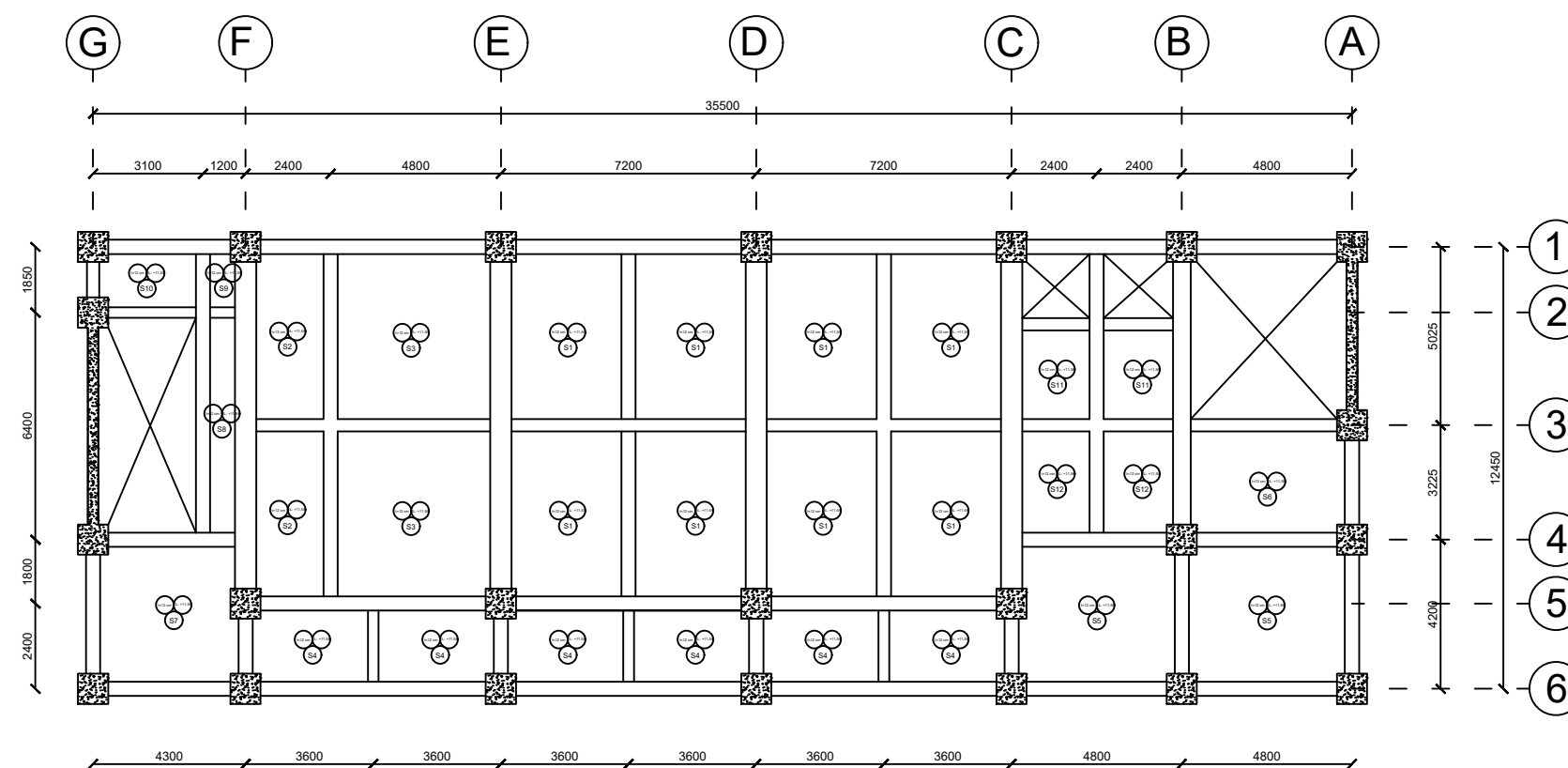
STR 1:200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

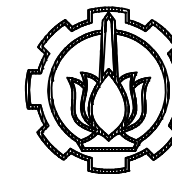
12 66



DENAH PENULANGAN PLAT LT. 1
 SKALA 1 : 200



DENAH PENULANGAN PLAT LT. 2
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

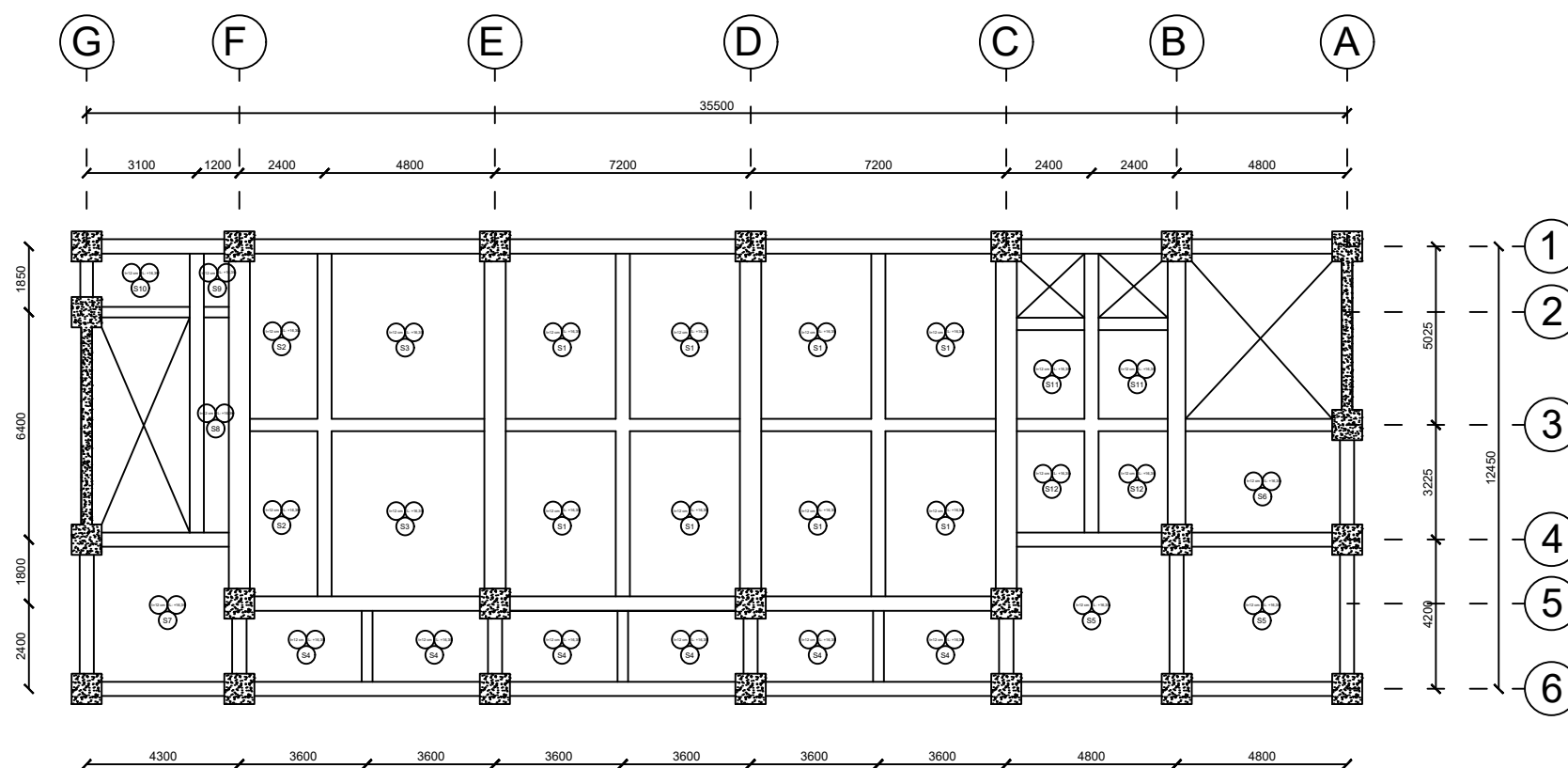
DENAH PENULANGAN PLAT
 LANTAI 3 & LANTAI 4

KODE GAMBAR SKALA

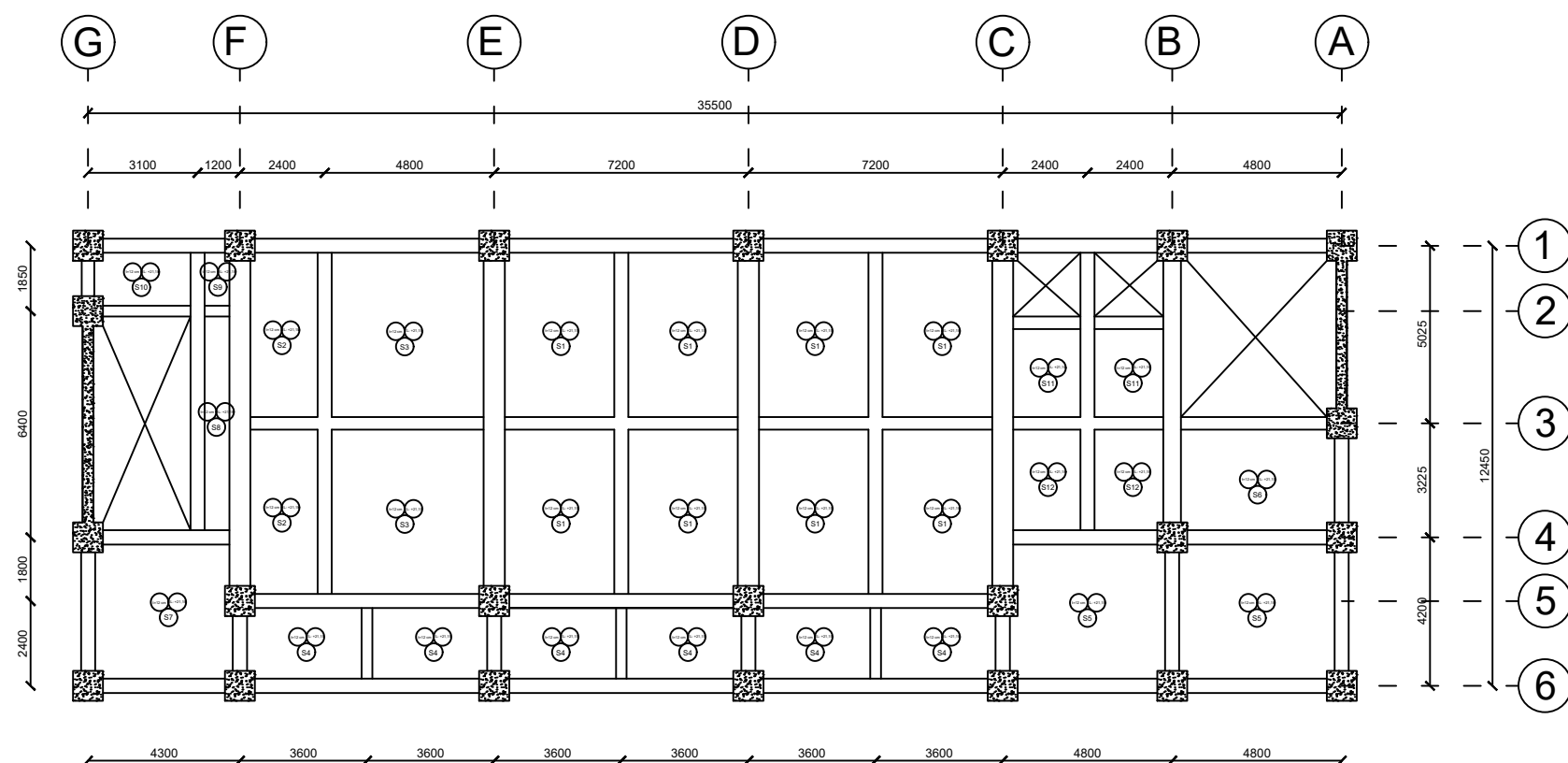
STR 1:200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

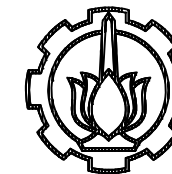
13 66



DENAH PENULANGAN PLAT LT. 3
 SKALA 1 : 200



DENAH PENULANGAN PLAT LT. 4
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

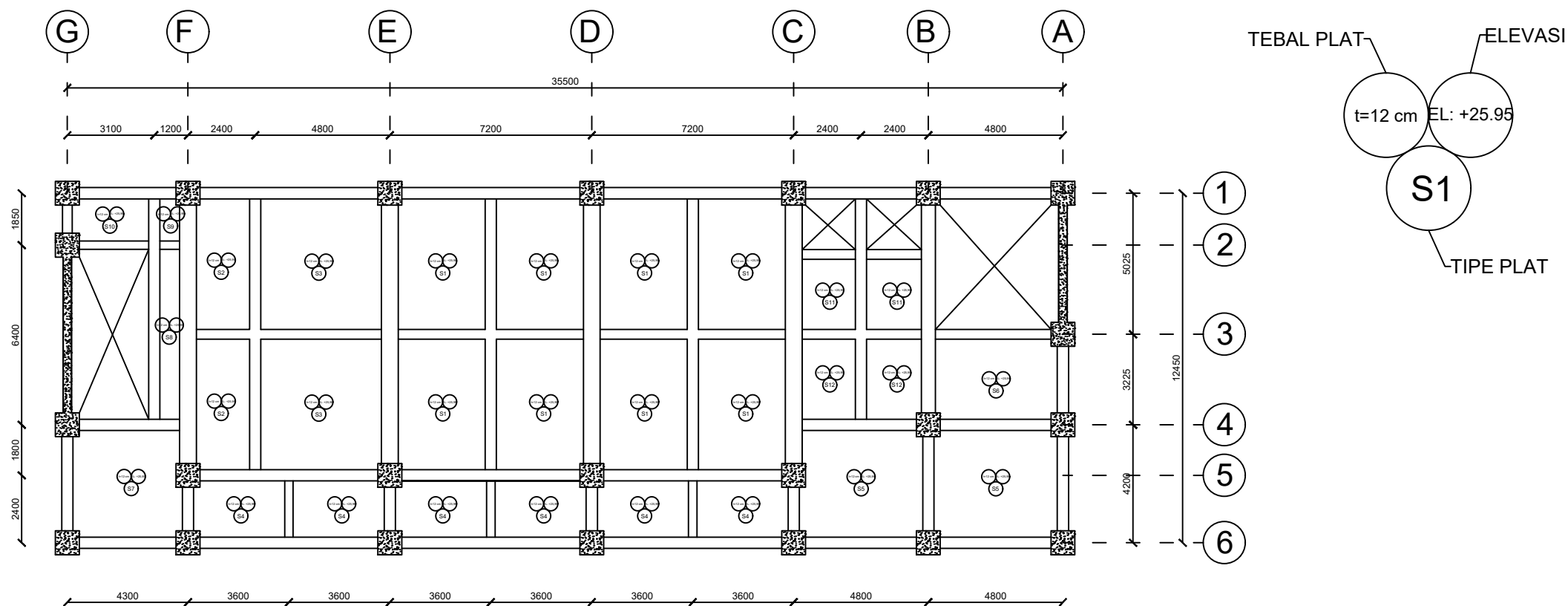
DENAH PENULANGAN PLAT
 LANTAI 5 & LANTAI 6

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:200

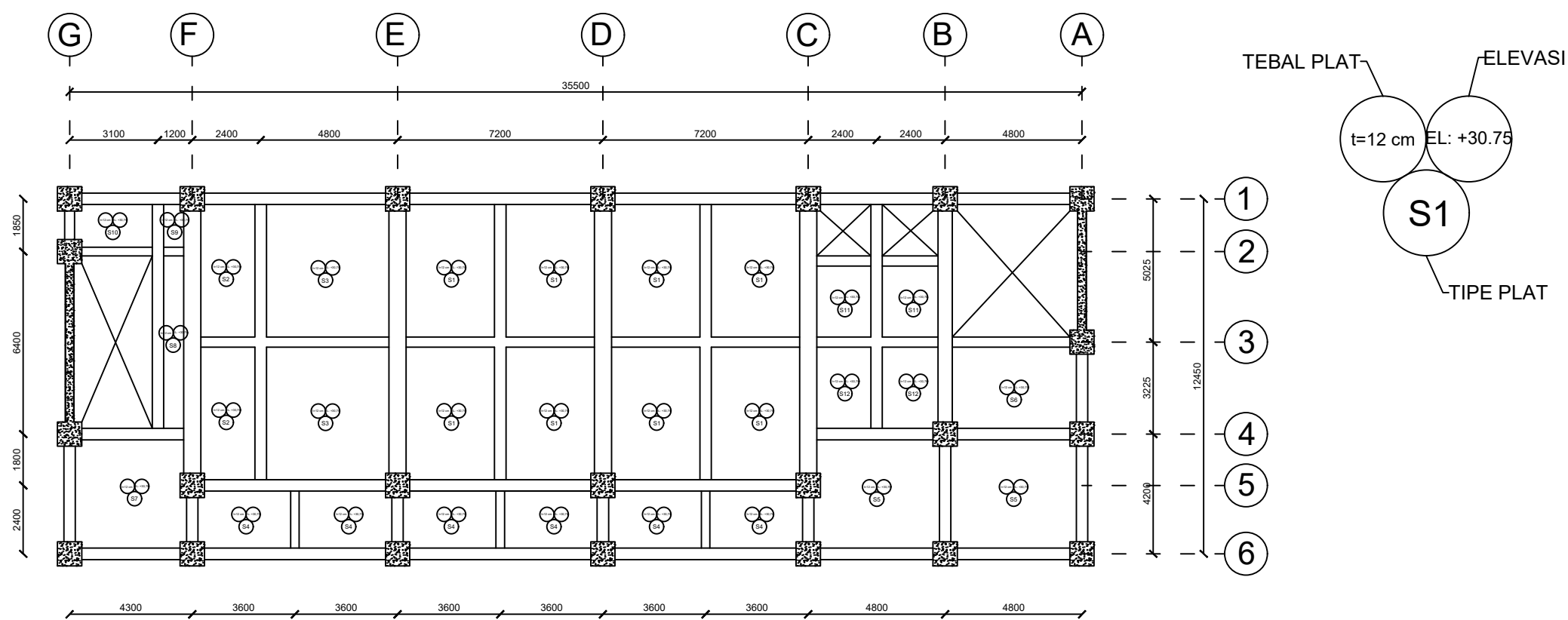
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

14 66



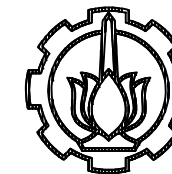
DENAH PENULANGAN PLAT LT. 5

SKALA 1 : 200



DENAH PENULANGAN PLAT LT. 6

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

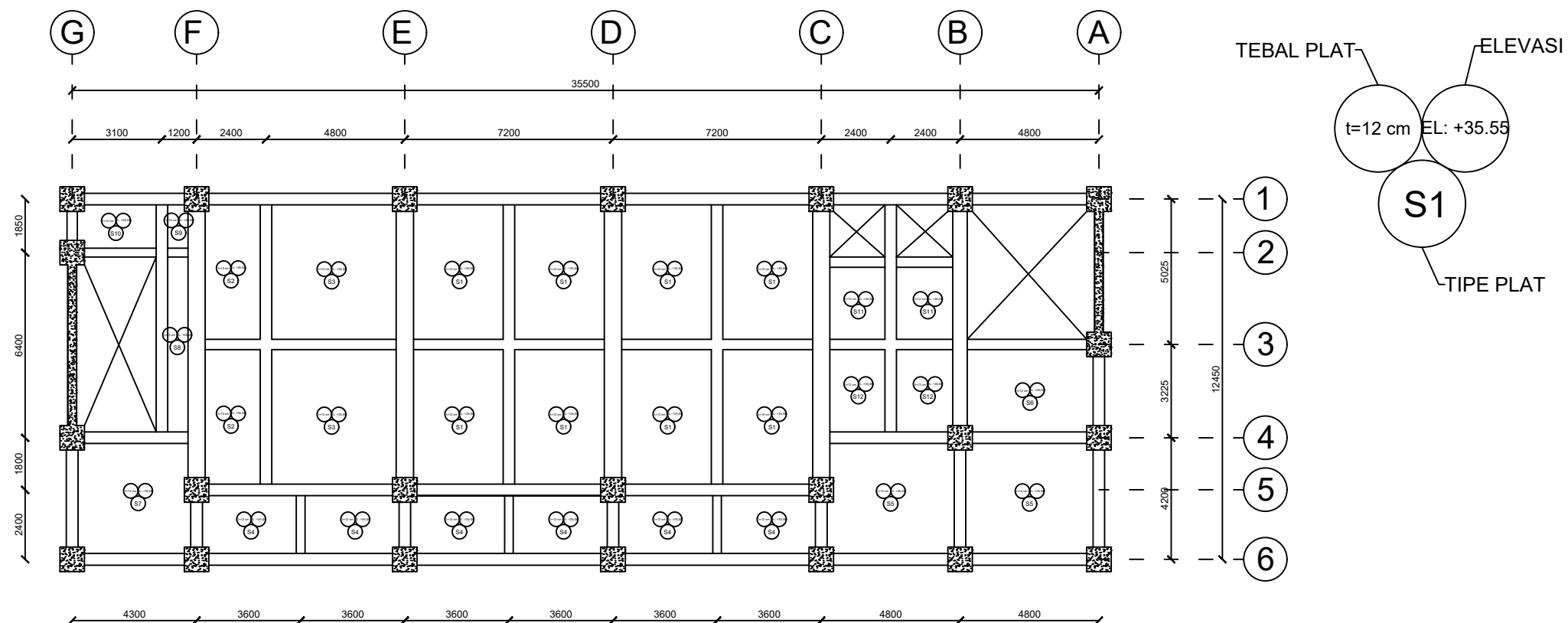
DENAH PENULANGAN PLAT
 LANTAI 7 & LANTAI 8

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:200

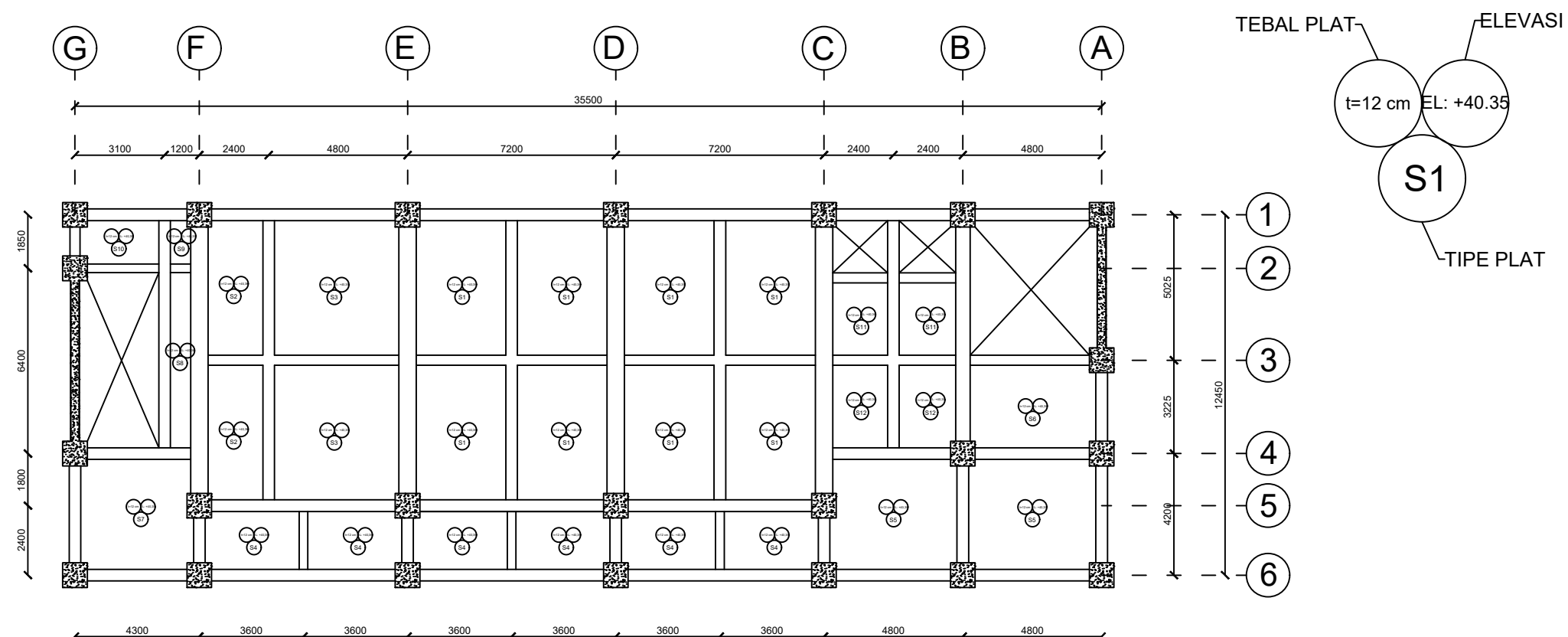
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

15 66



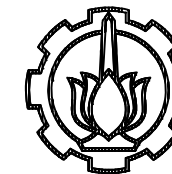
DENAH PENULANGAN PLAT LT. 7

SKALA 1 : 200



DENAH PENULANGAN PLAT LT. 8

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

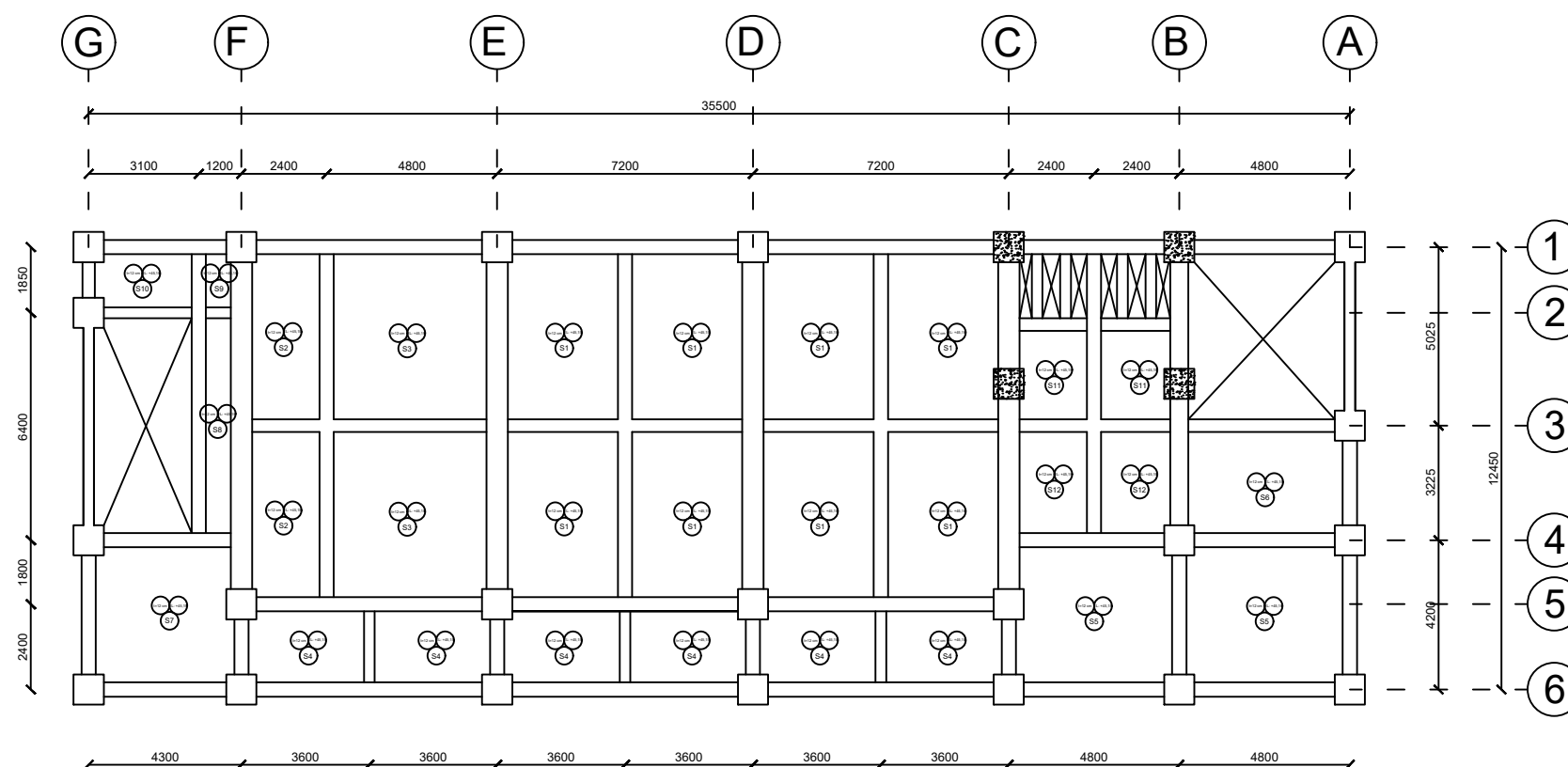
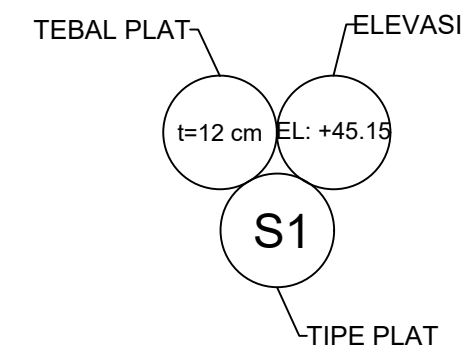
DENAH PENULANGAN PLAT
 LANTAI ATAP

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:200

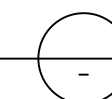
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

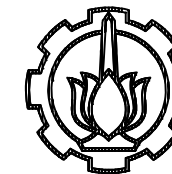
16 66



DENAH PENULANGAN PLAT ATAP

SKALA 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

RENCANA PENULANGAN PLAT
 LANTAI 1 - LANTAI ATAP

KODE GAMBAR

SKALA

STR

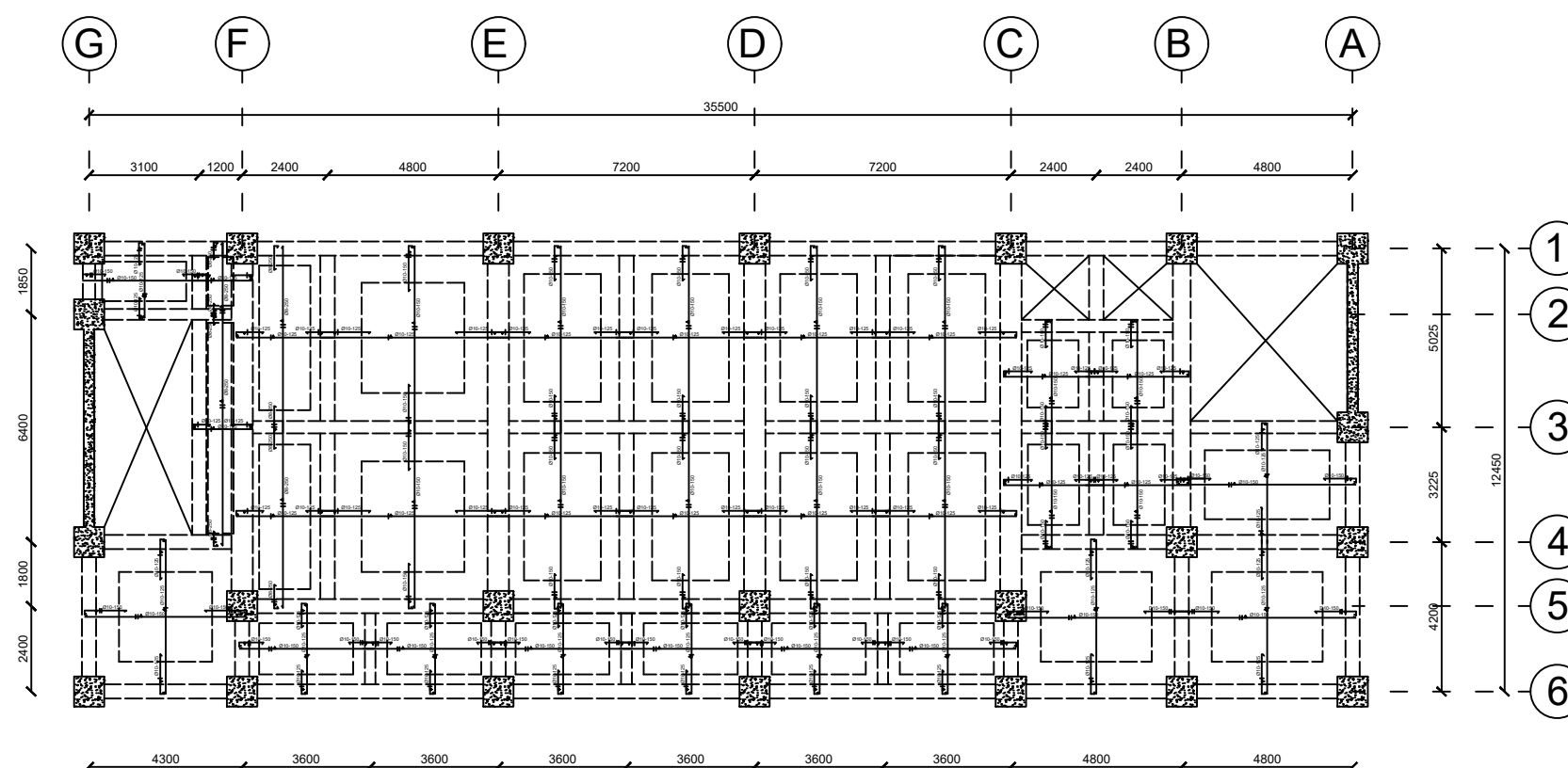
1:200

NO. LEMBAR

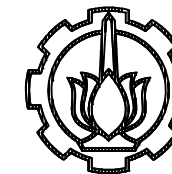
JUMLAH LEMBAR

17

66



RENCANA PENULANGAN PLAT LT. 1 – LT ATAP
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

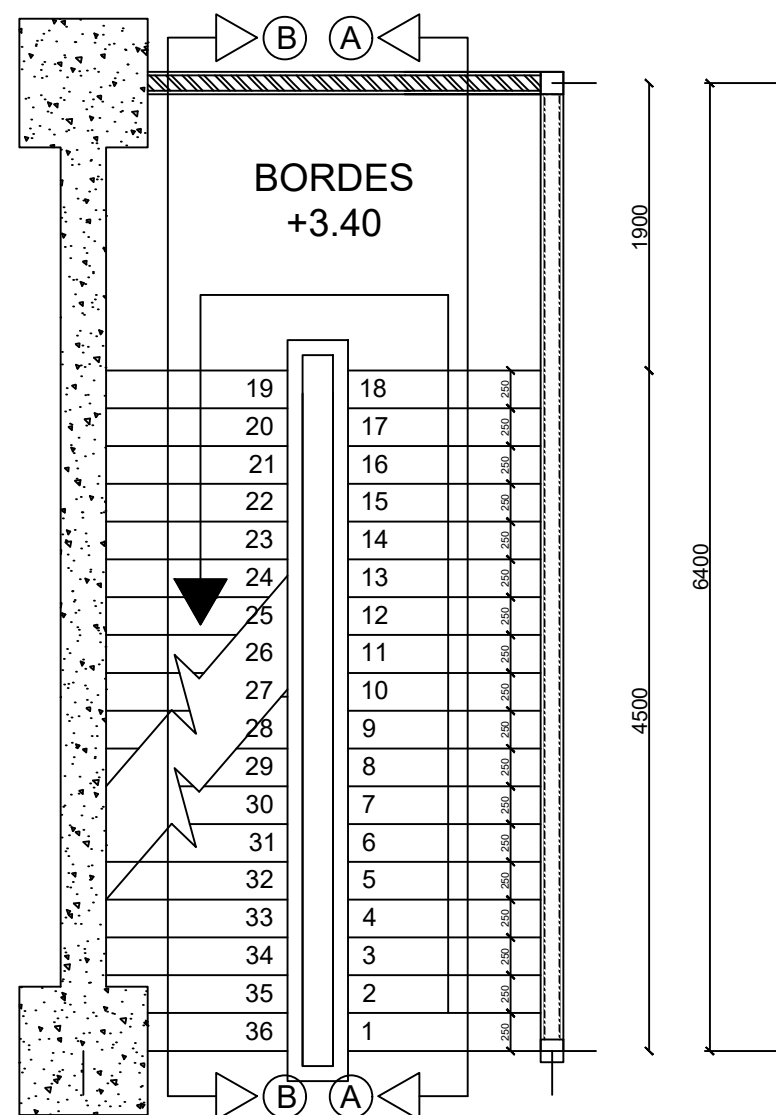
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

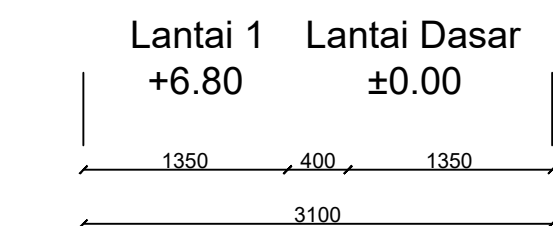
DENAH RENCANA &
 PENULANGAN TANGGA TIPE 1

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
19	66



2

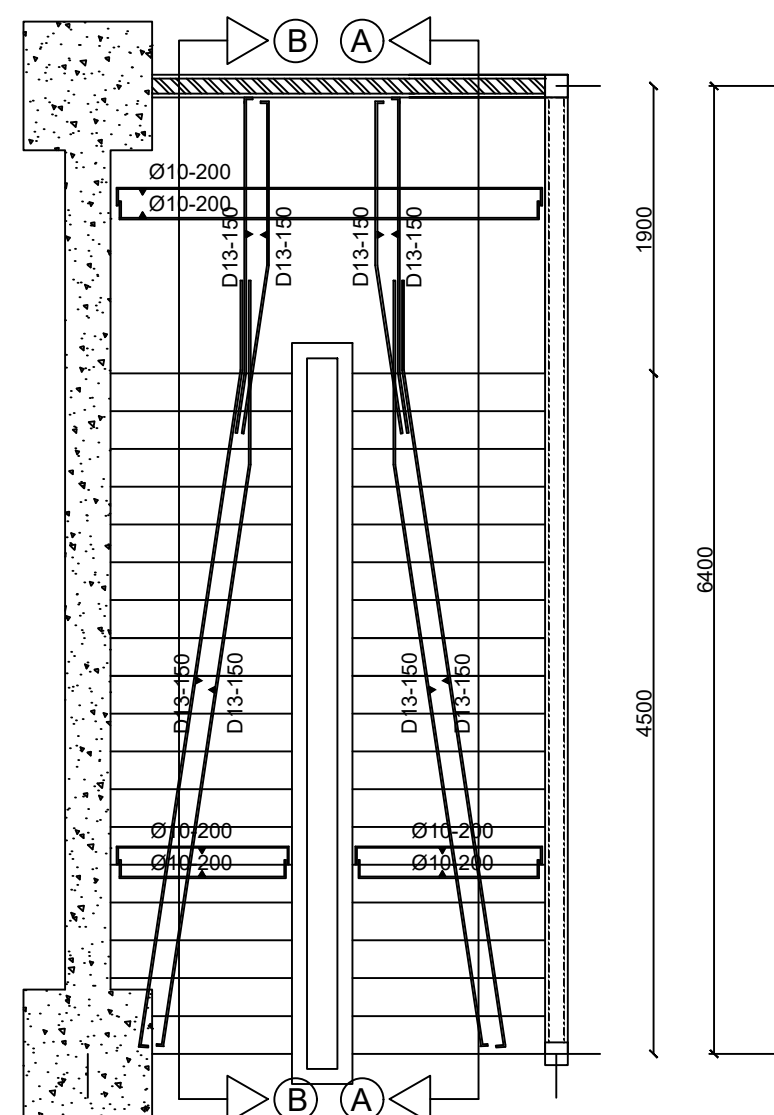
4



G F

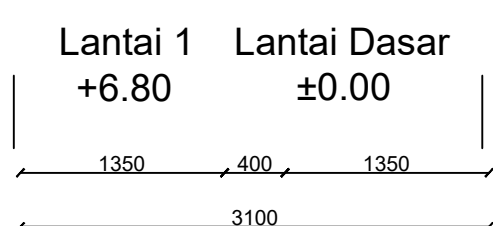
DENAH RENCANA TANGGA TIPE 1

SKALA 1 : 50



2

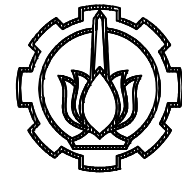
4



G F

PENULANGAN TANGGA TIPE 1

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A PENULANGAN
 TANGGA TIPE 1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

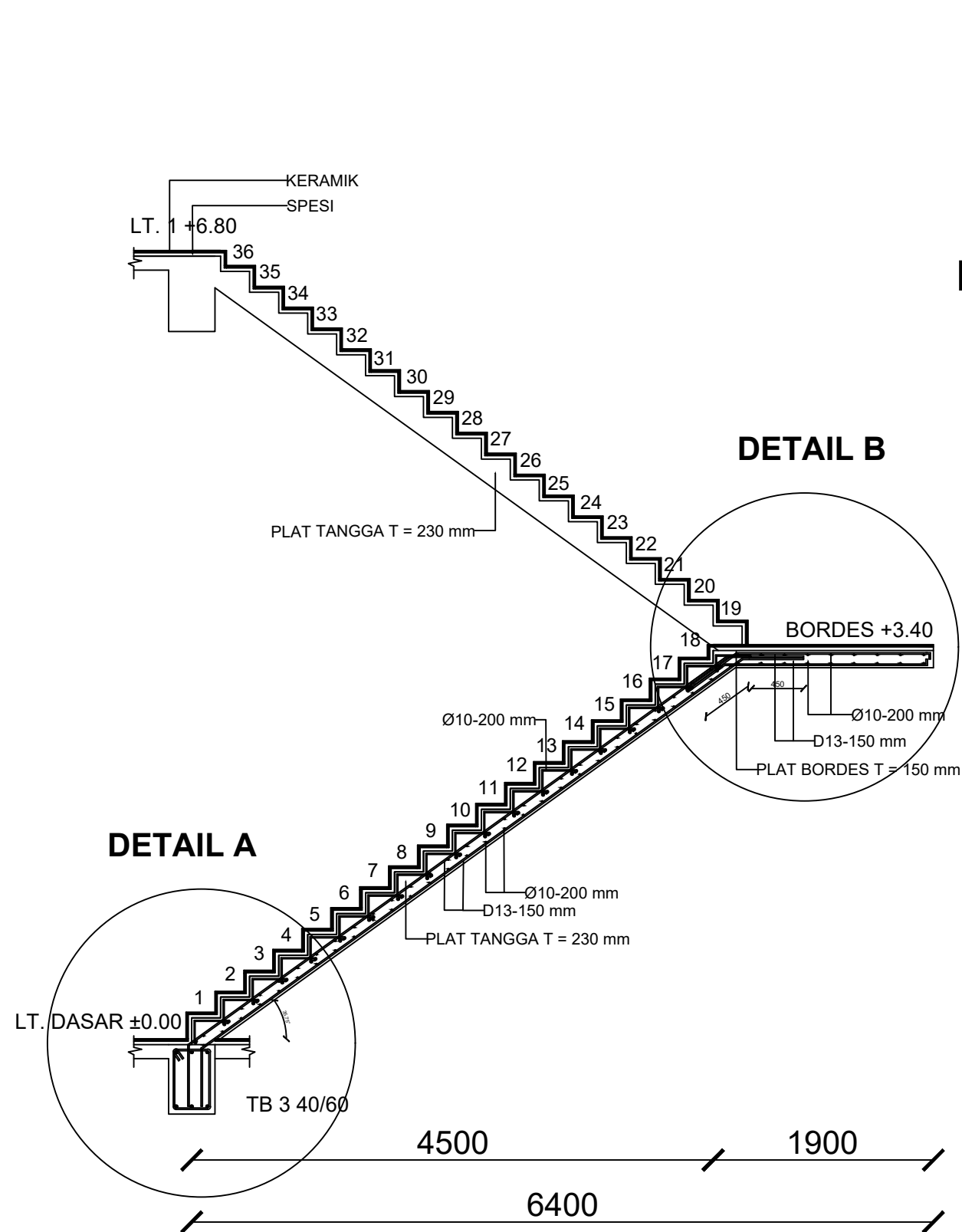
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

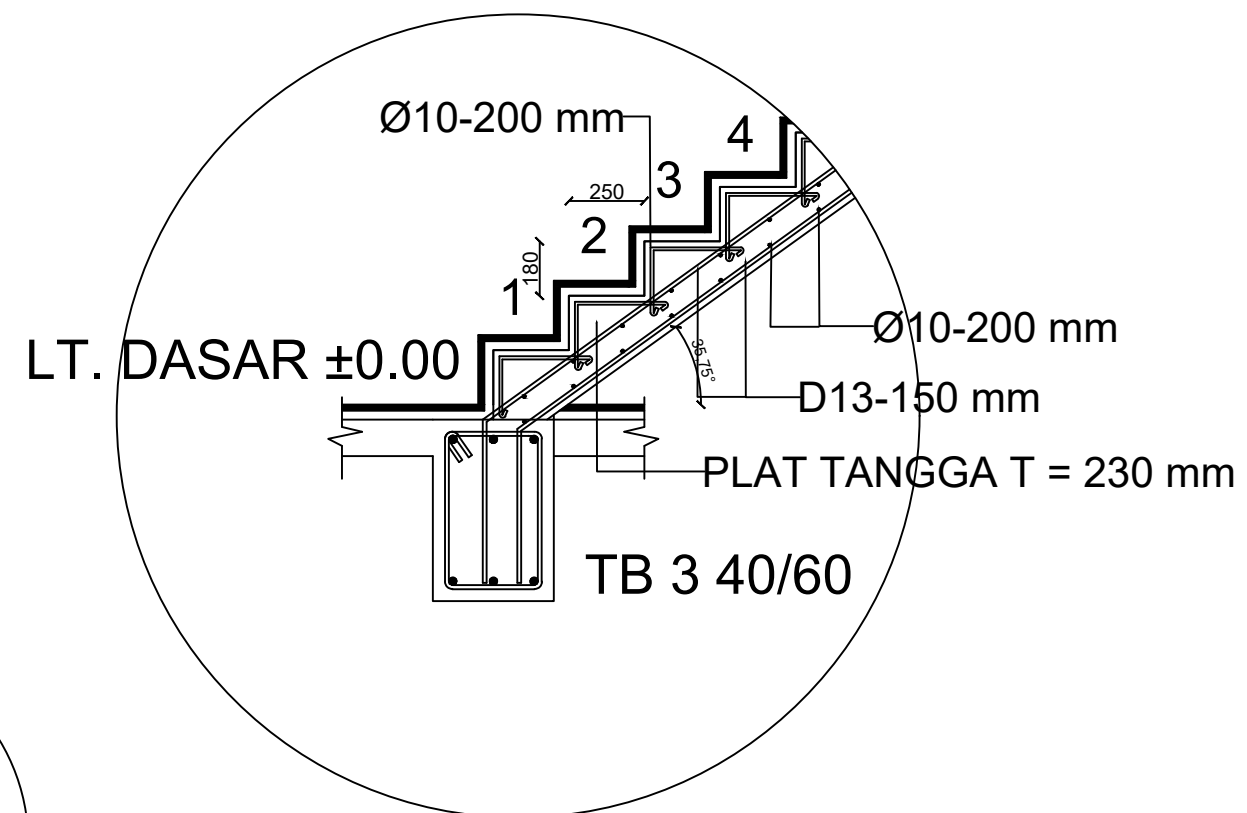
20

66

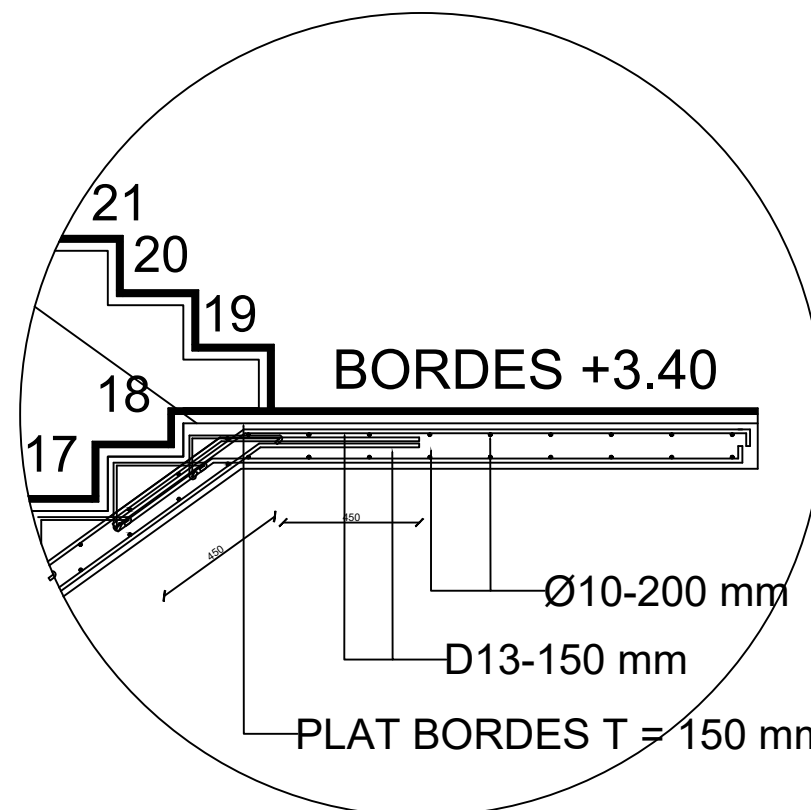


DETAIL A

DETAIL B

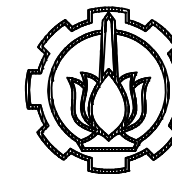


DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25

POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B PENULANGAN
 TANGGA TIPE 1

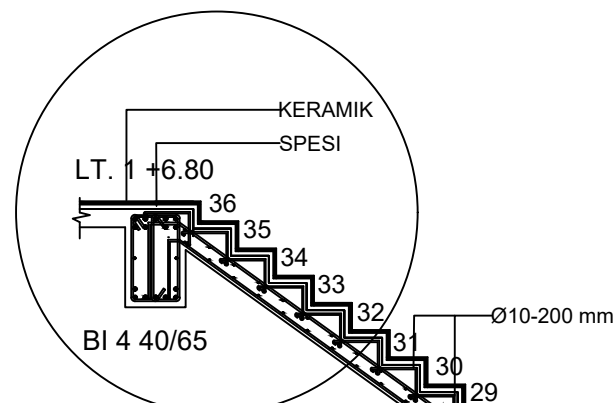
KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

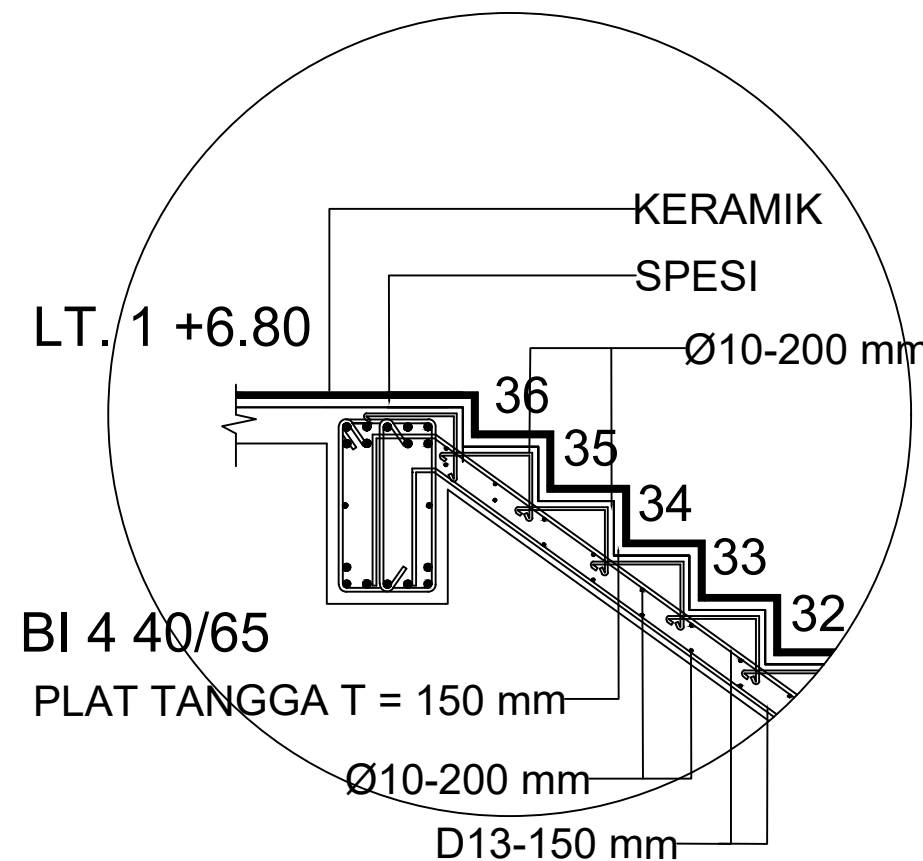
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

21 66

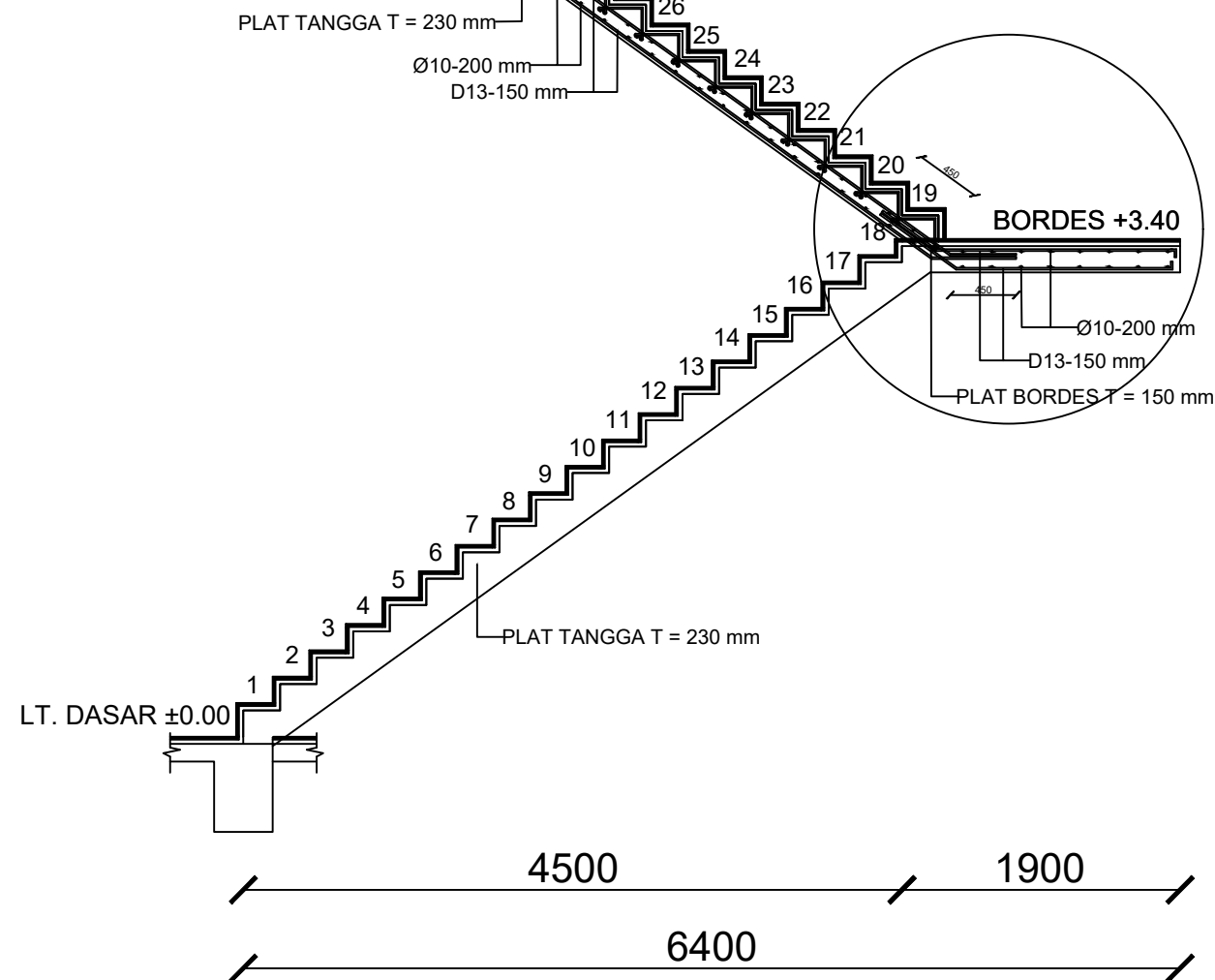
DETAIL A



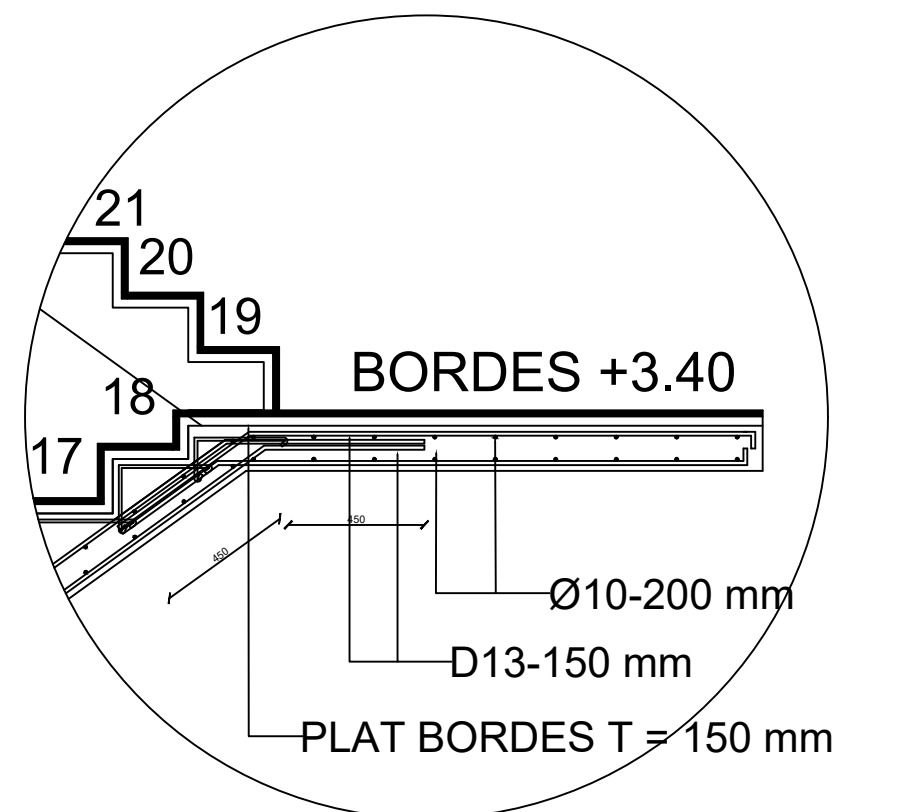
DETAIL B



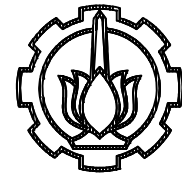
DETAIL A
 SKALA 1 : 25



POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1
 SKALA 1 : 50



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

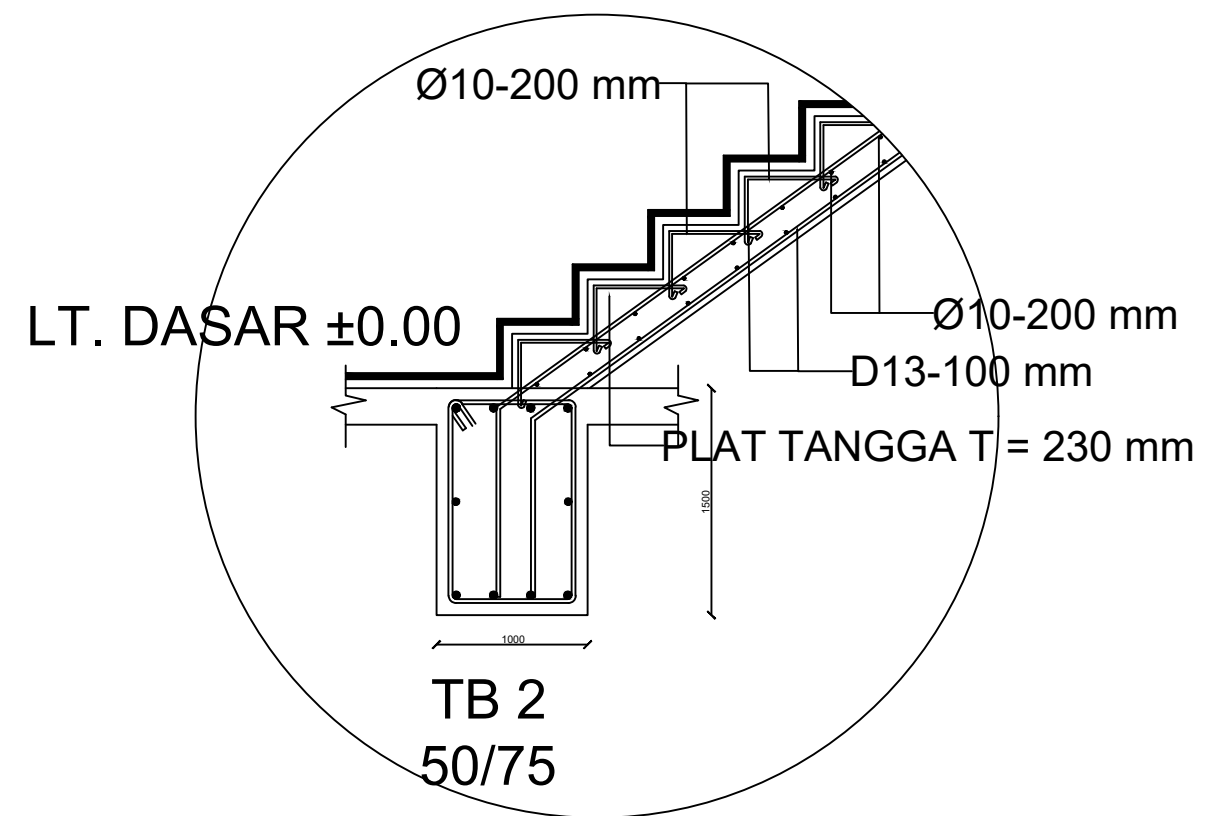
POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 2

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

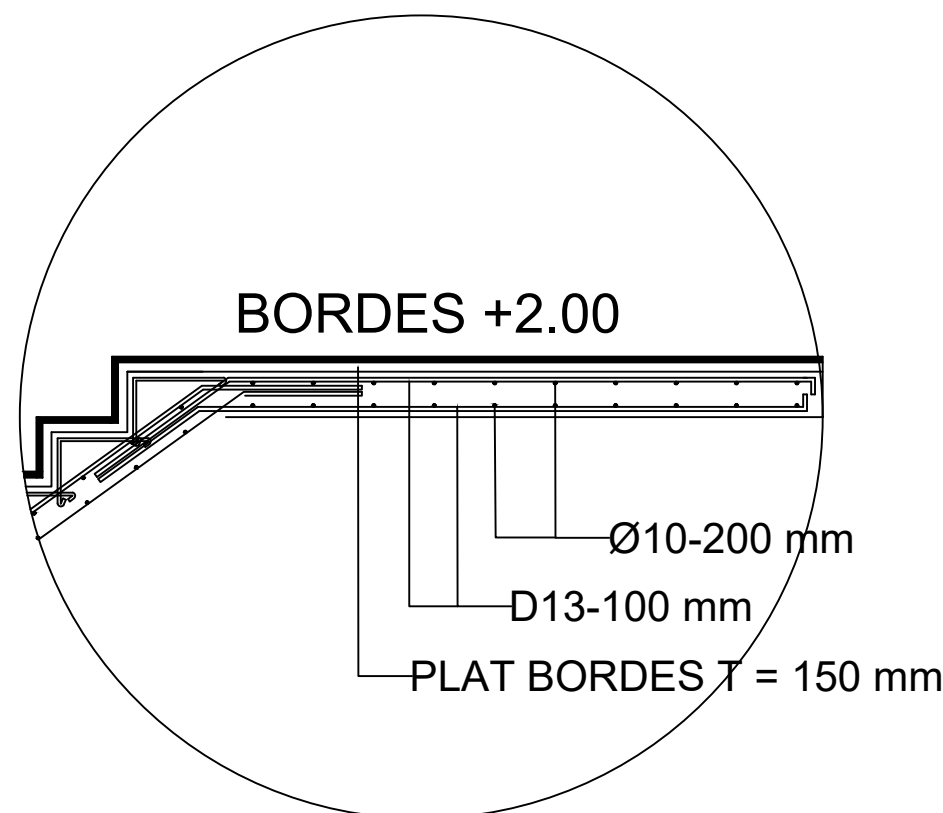
STR	1:50
-----	------

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

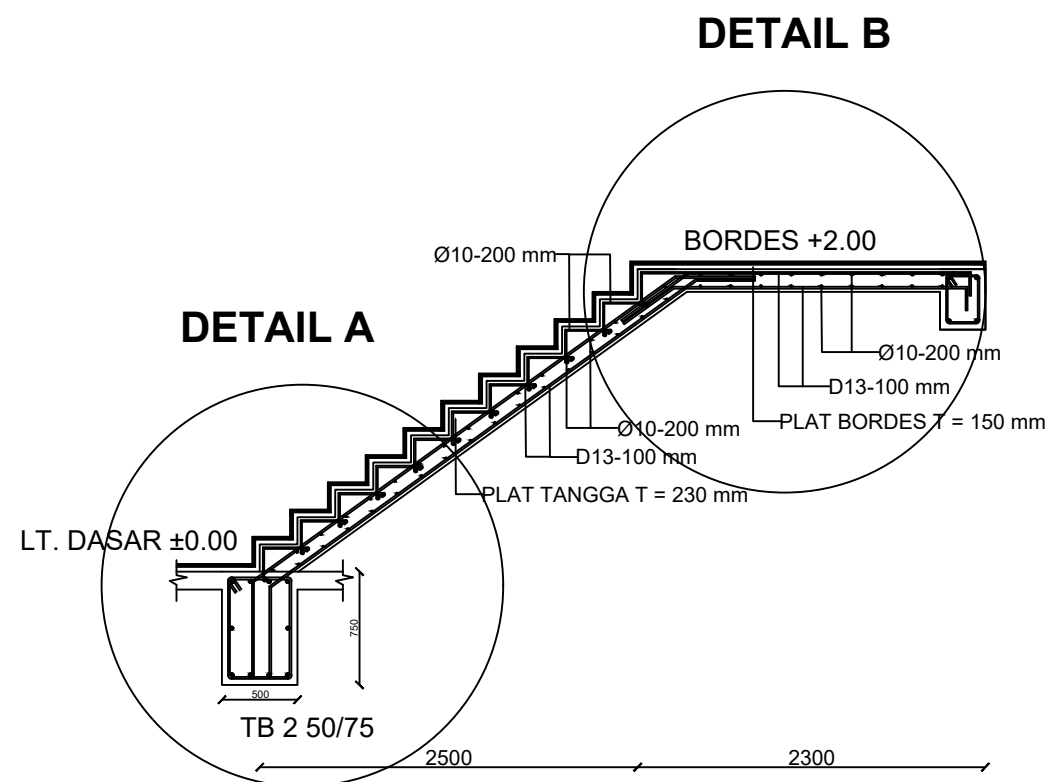
23	66
----	----



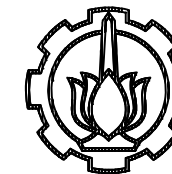
DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 2
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B PENULANGAN
 TANGGA TIPE 2

KODE GAMBAR

SKALA

STR

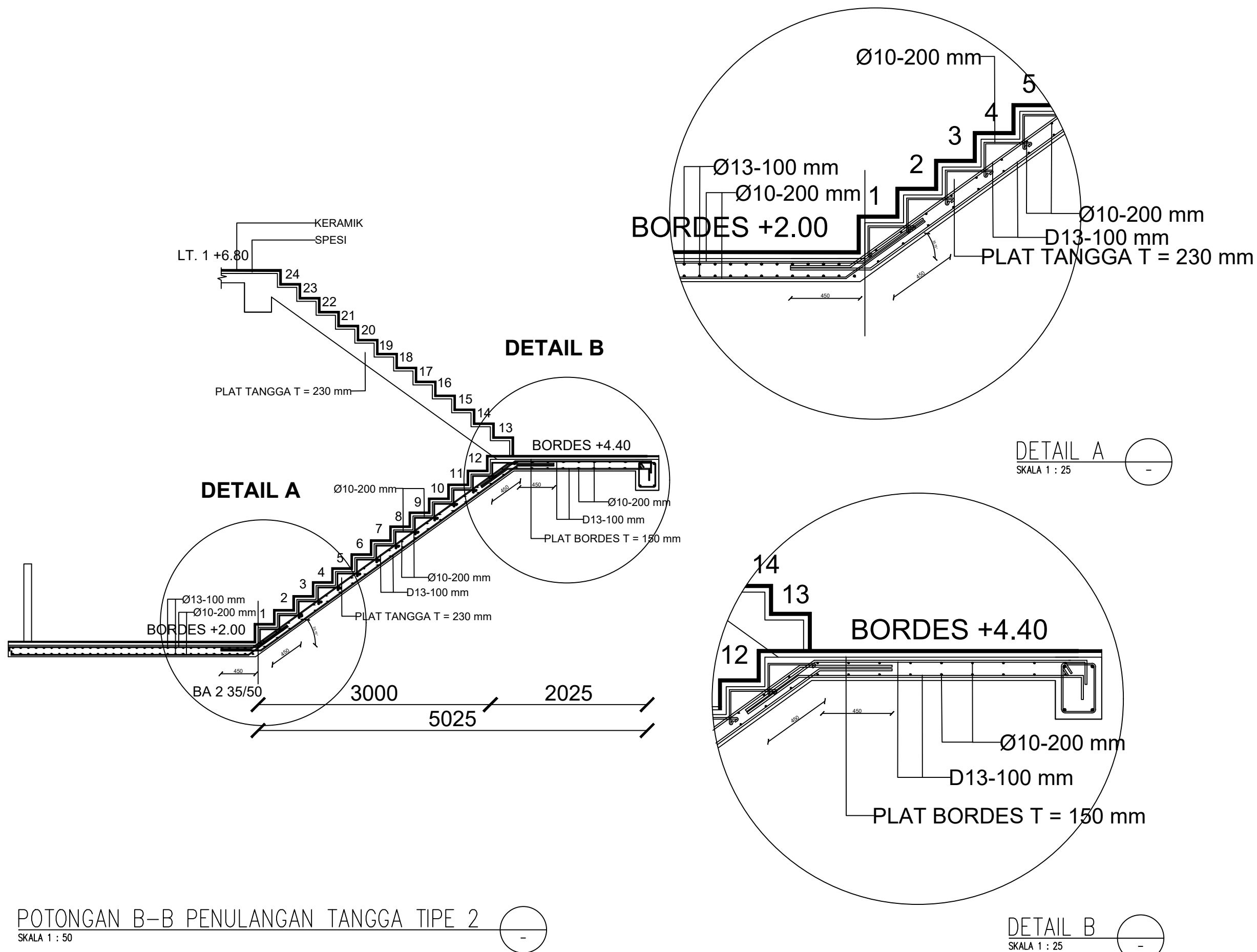
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

24

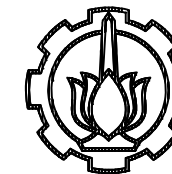
66



POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 2
 SKALA 1 : 50

DETAIL B
 SKALA 1 : 25

DETAIL A
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

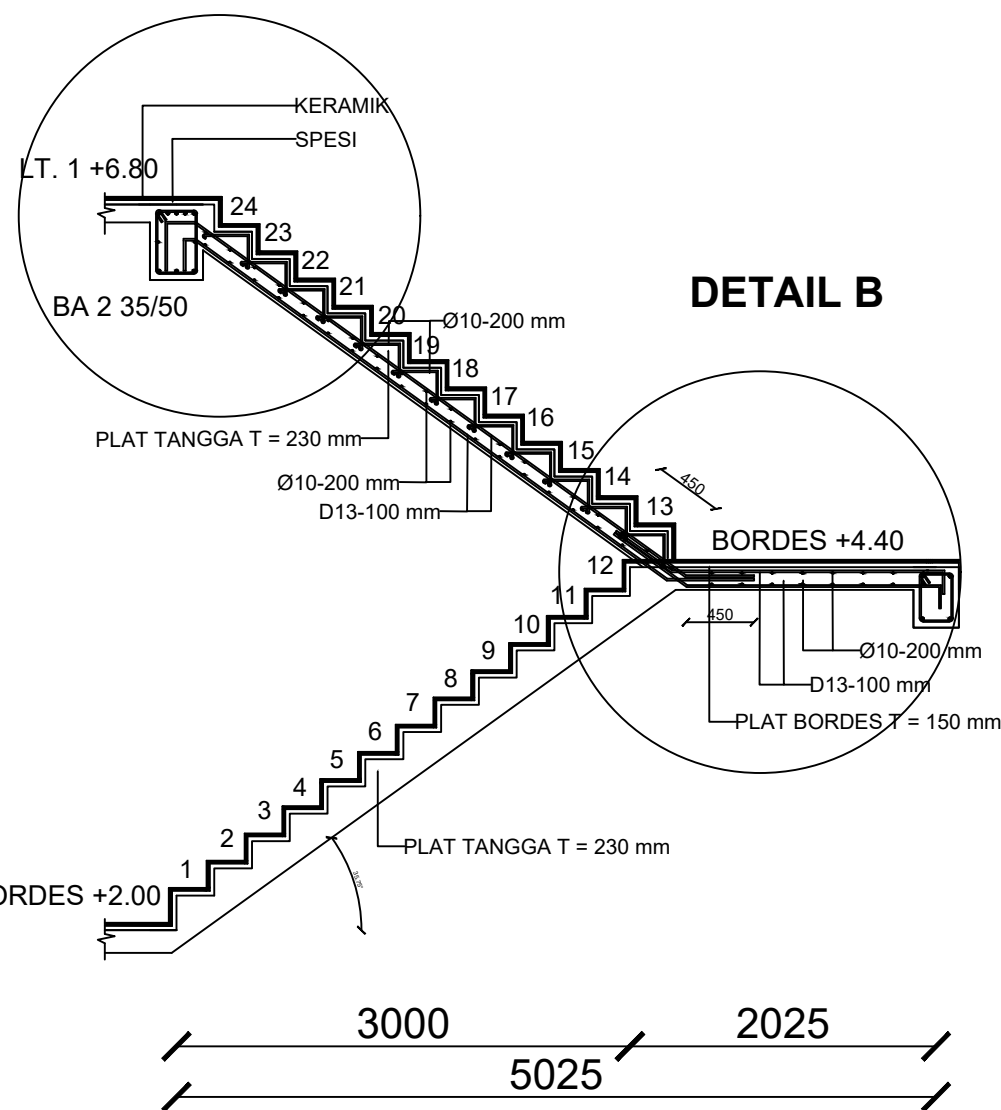
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

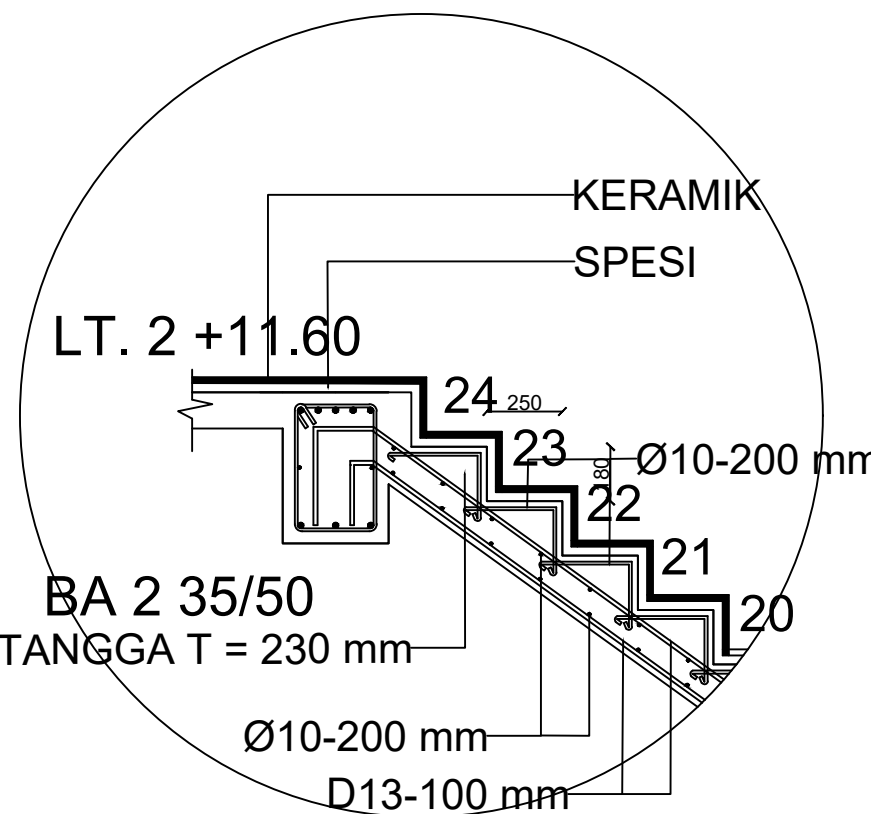
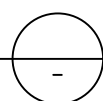
POTONGAN C-C PENULANGAN
 TANGGA TIPE 2

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
25	66

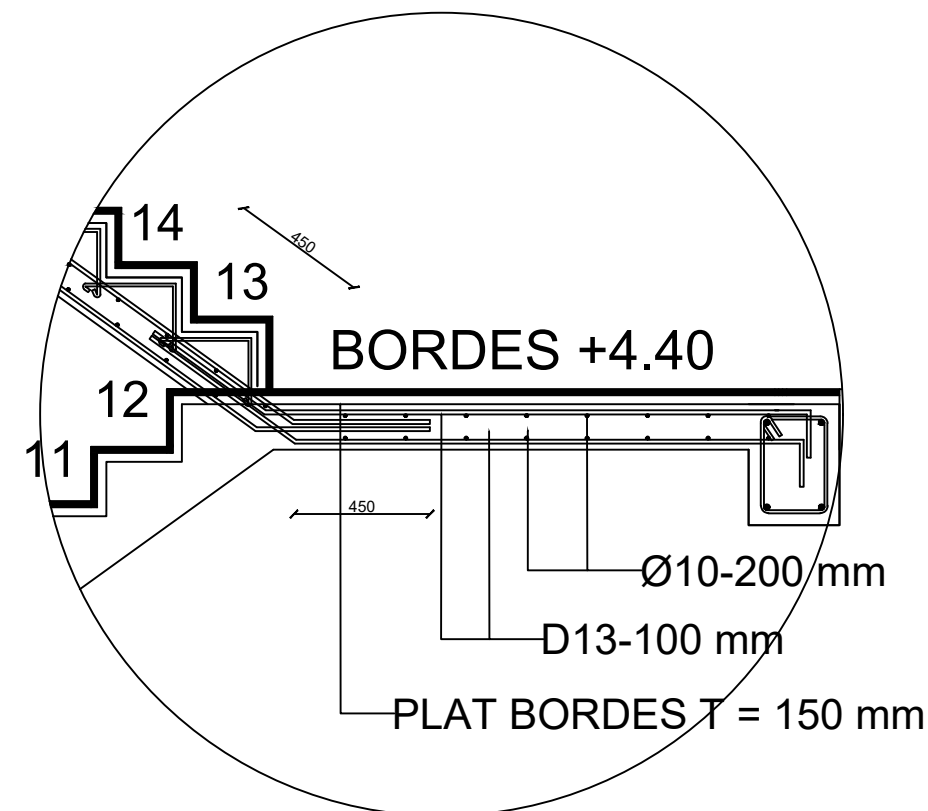
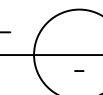
DETAIL A



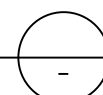
POTONGAN C-C PENULANGAN TANGGA TIPE 2
 SKALA 1 : 50

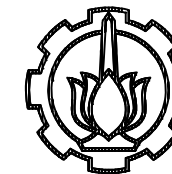


DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

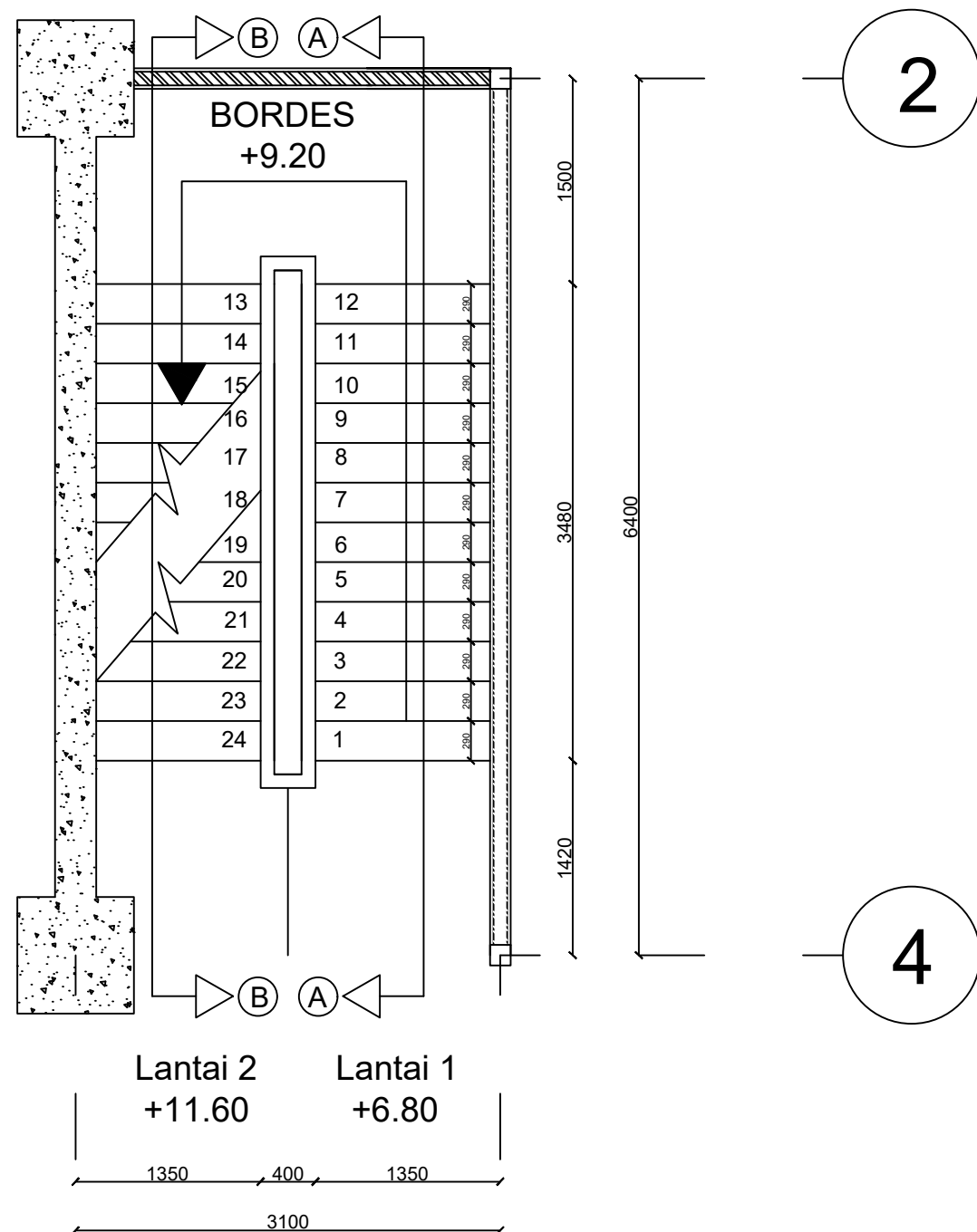
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

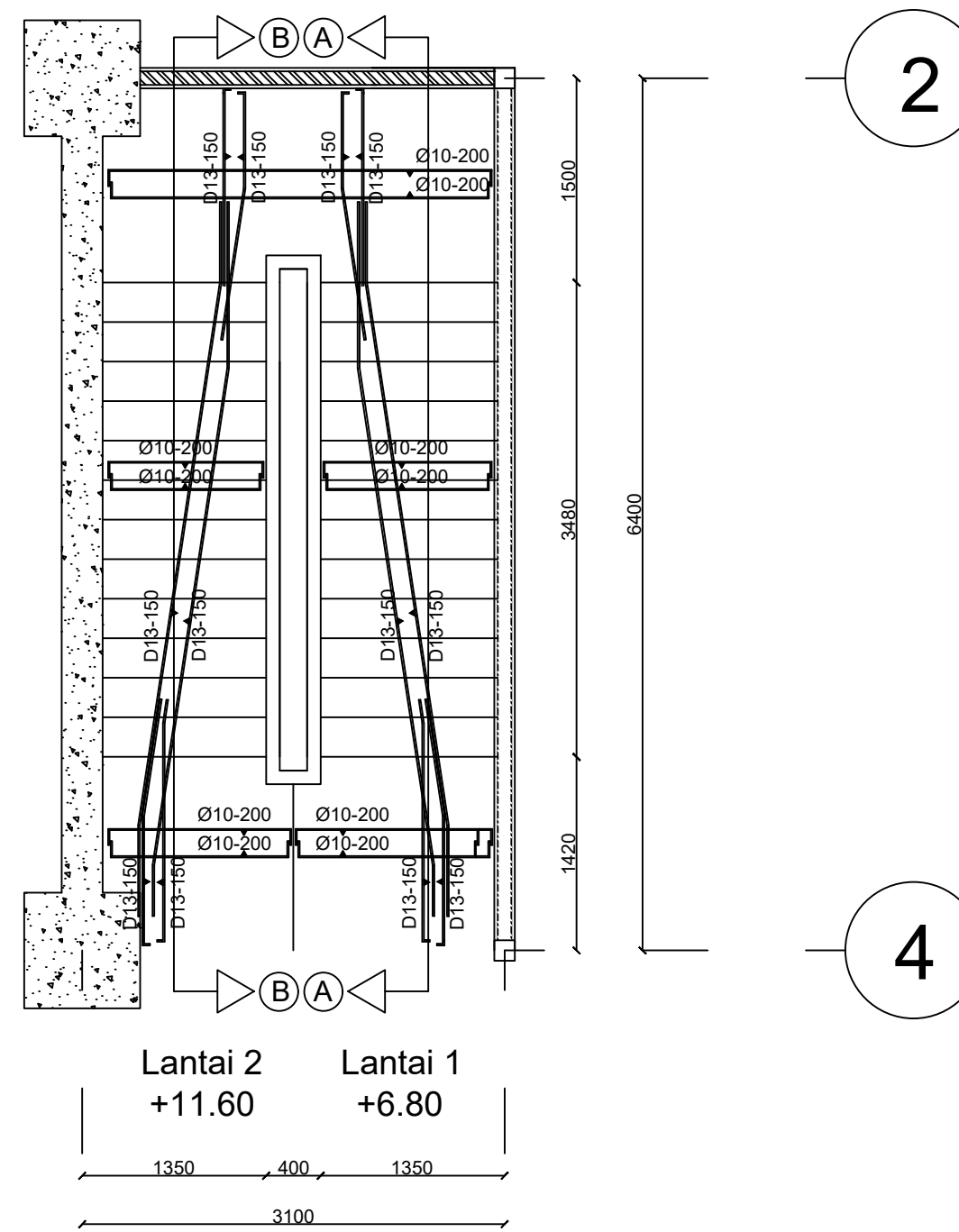
DENAH RENCANA &
 PENULANGAN TANGGA TIPE 3

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
26	66



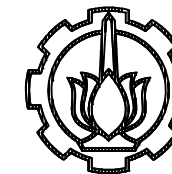
DENAH RENCANA TANGGA TIPE 3

SKALA 1 : 50



PENULANGAN TANGGA TIPE 3

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

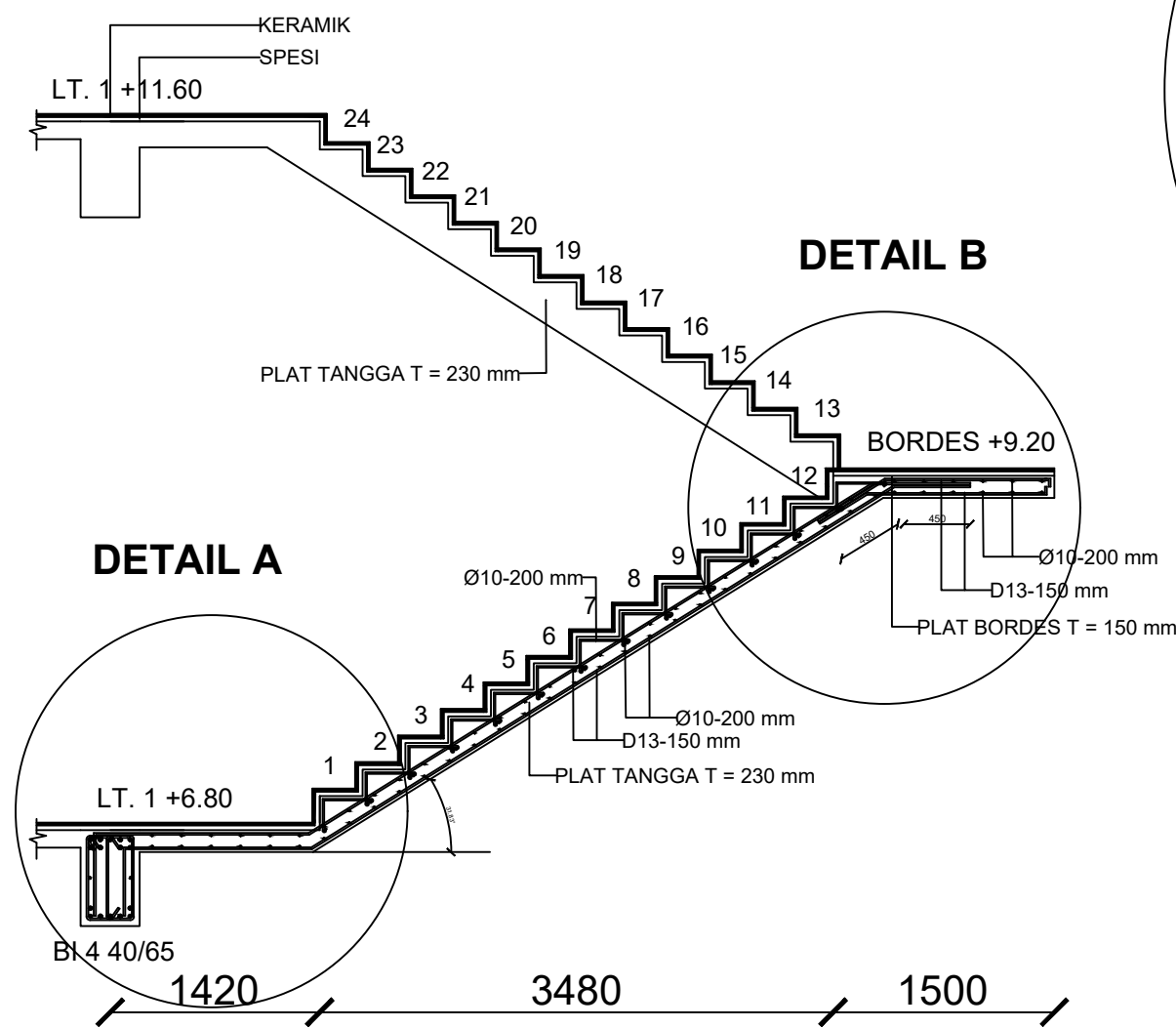
POTONGAN A-A PENULANGAN
 TANGGA TIPE 3

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

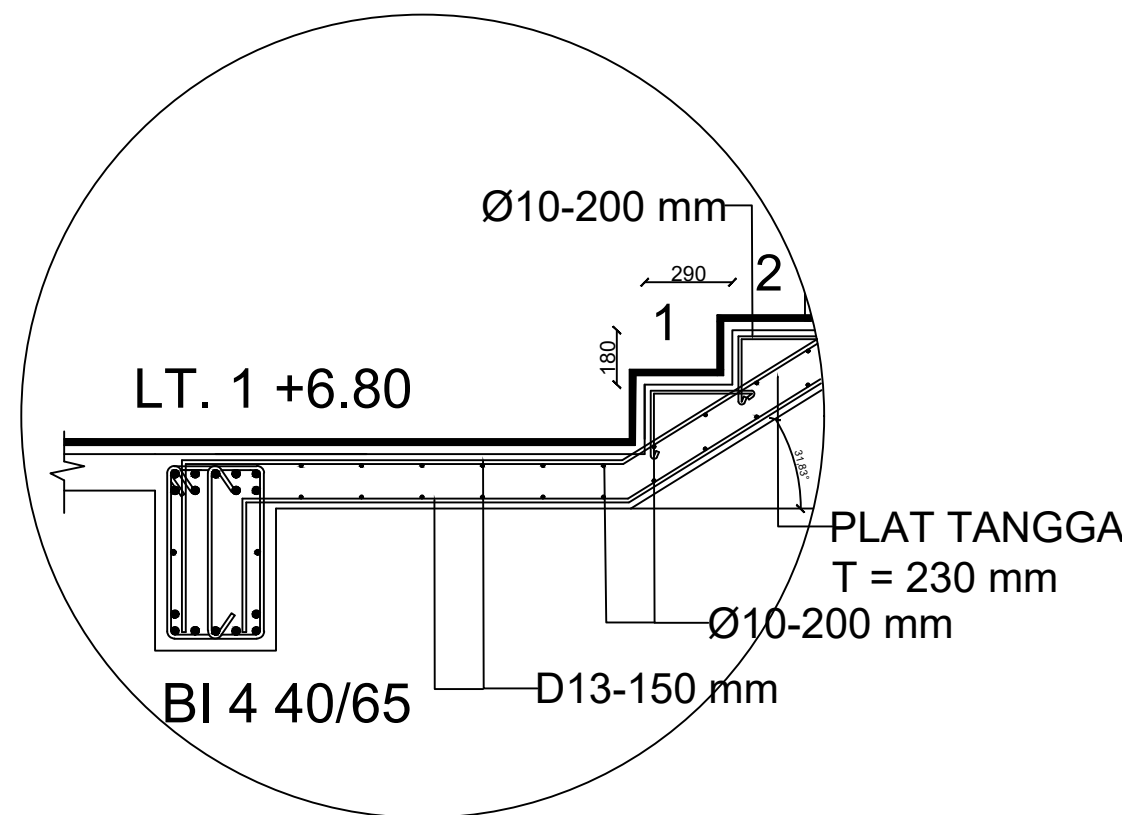
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

27 66

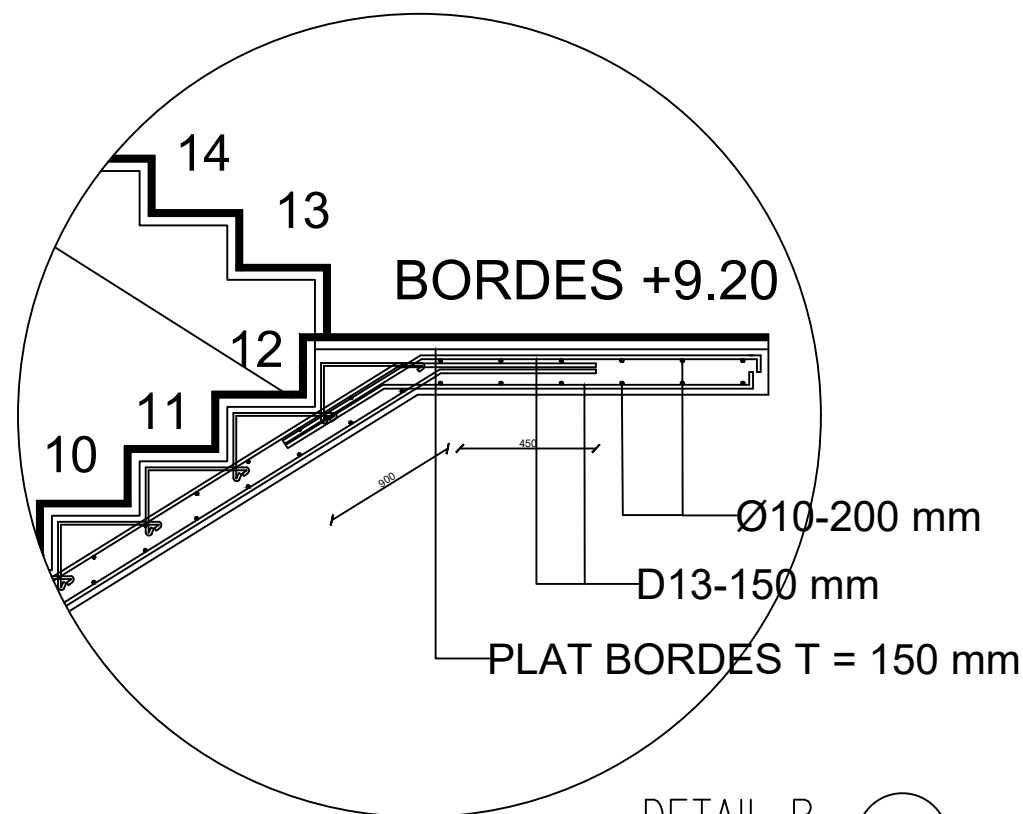


DETAIL A

DETAIL B

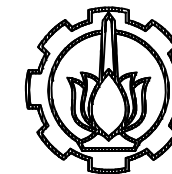


DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25

POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 3
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

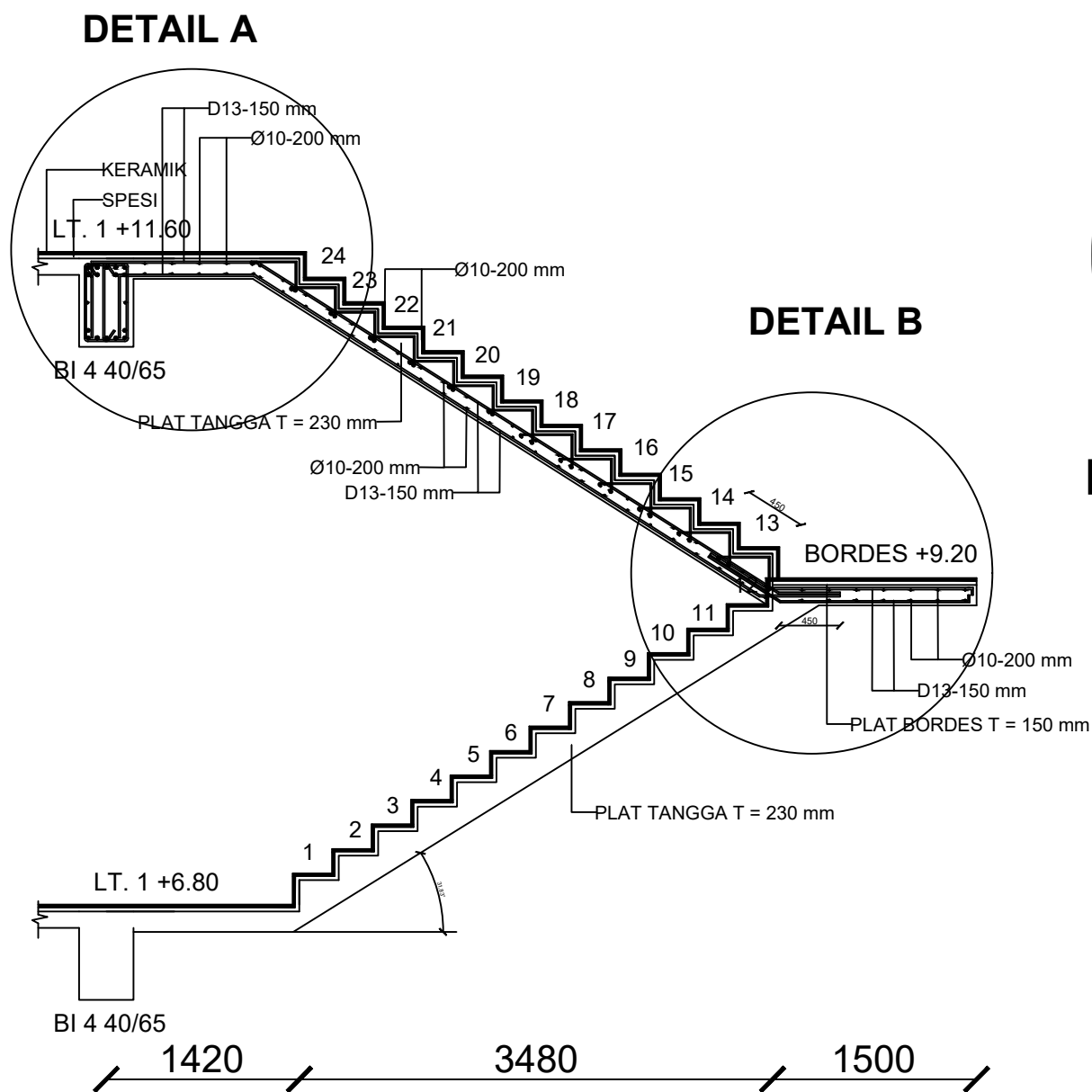
POTONGAN B-B PENULANGAN
 TANGGA TIPE 3

KODE GAMBAR SKALA

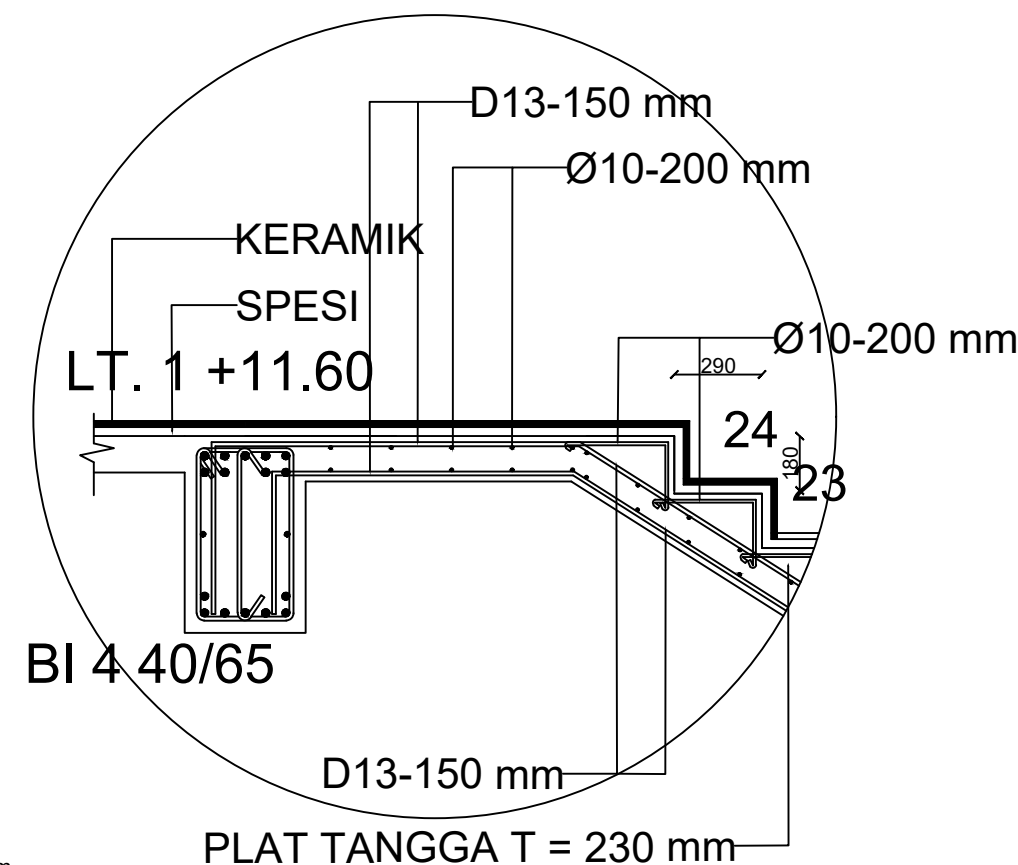
STR 1:50

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

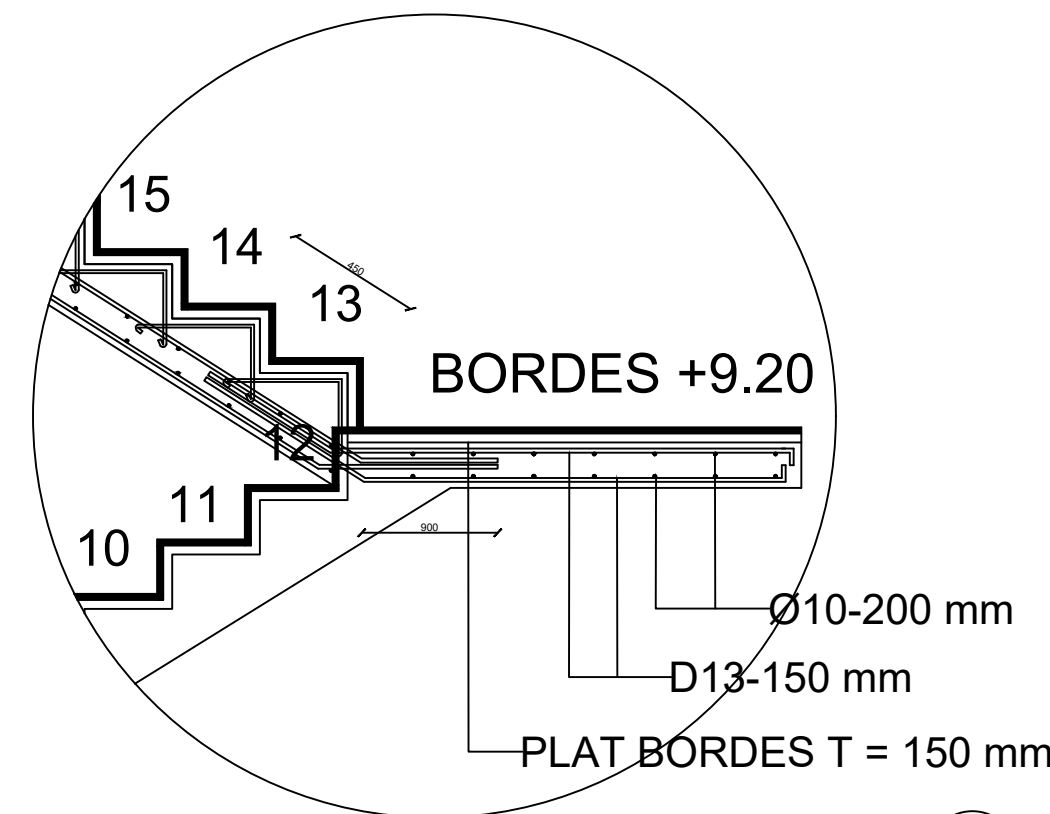
28 66



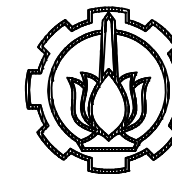
POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 3
 SKALA 1 : 50



DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

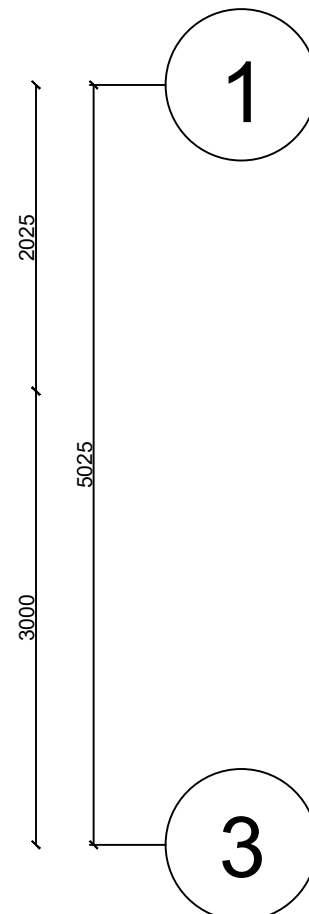
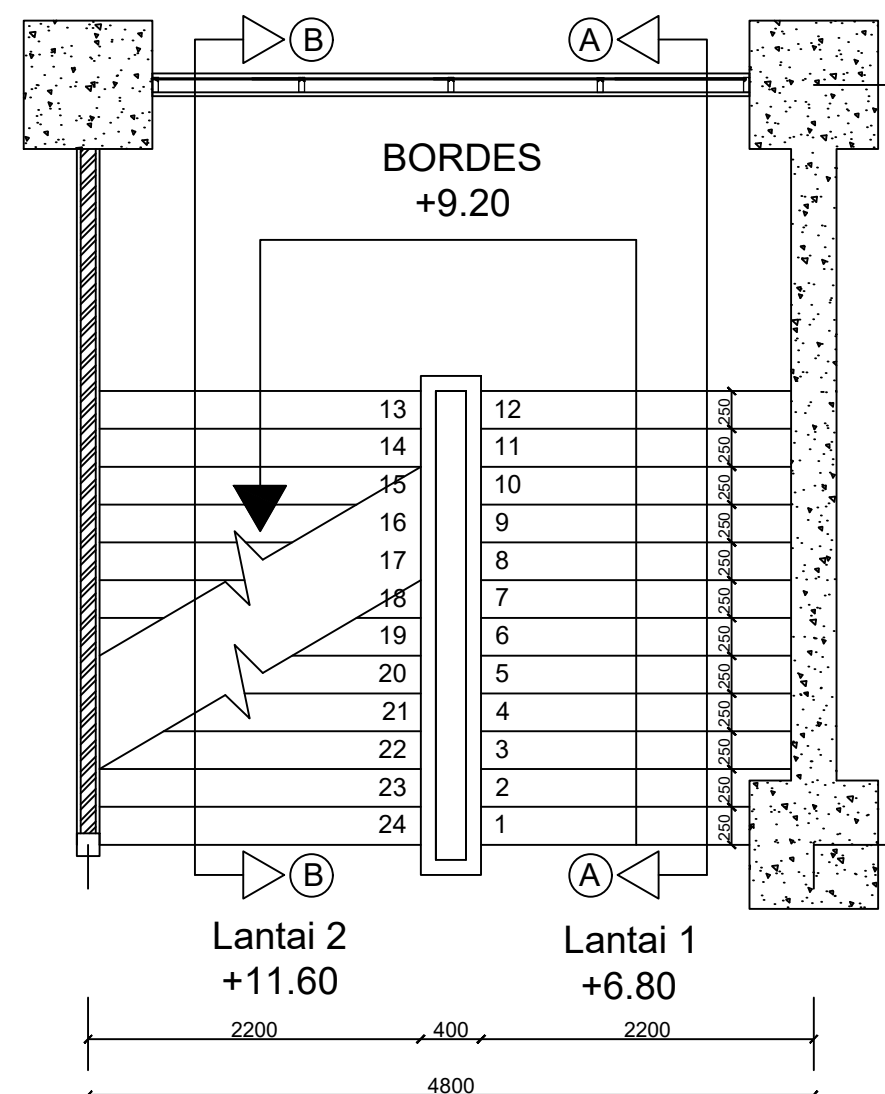
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

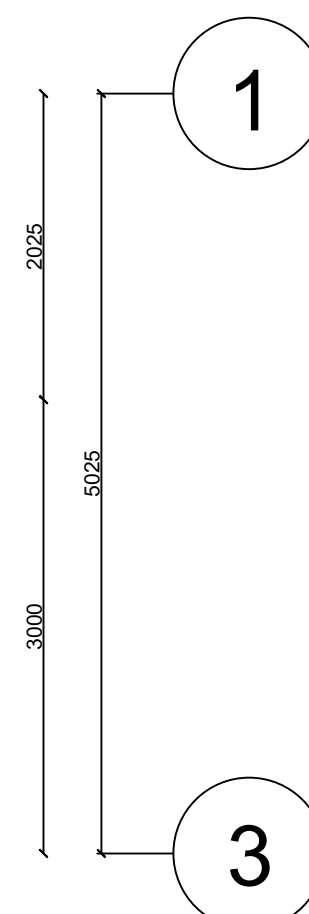
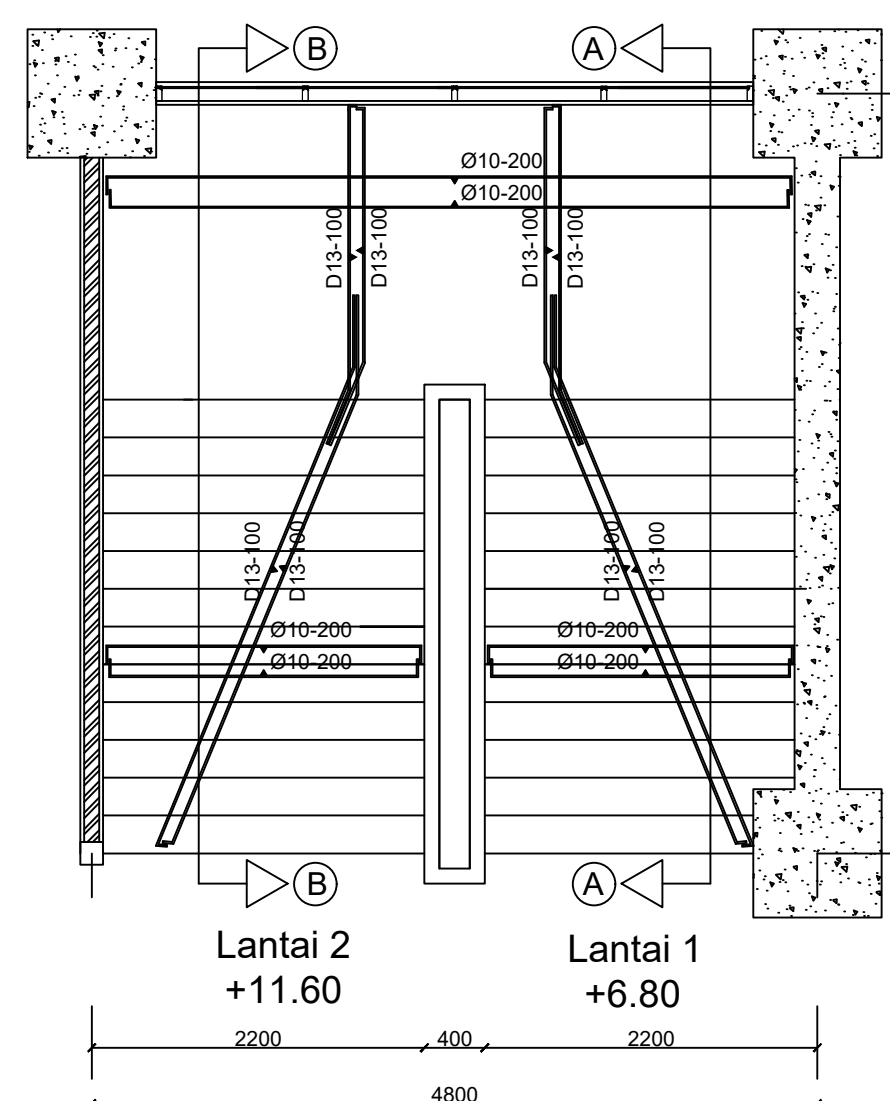
DENAH RENCANA &
 PENULANGAN TANGGA TIPE 4

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
29	66



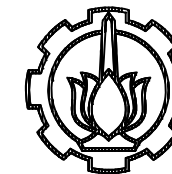
B **A**

DENAH RENCANA TANGGA TIPE 4
 SKALA 1 : 50



B **A**

PENULANGAN TANGGA TIPE 4
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

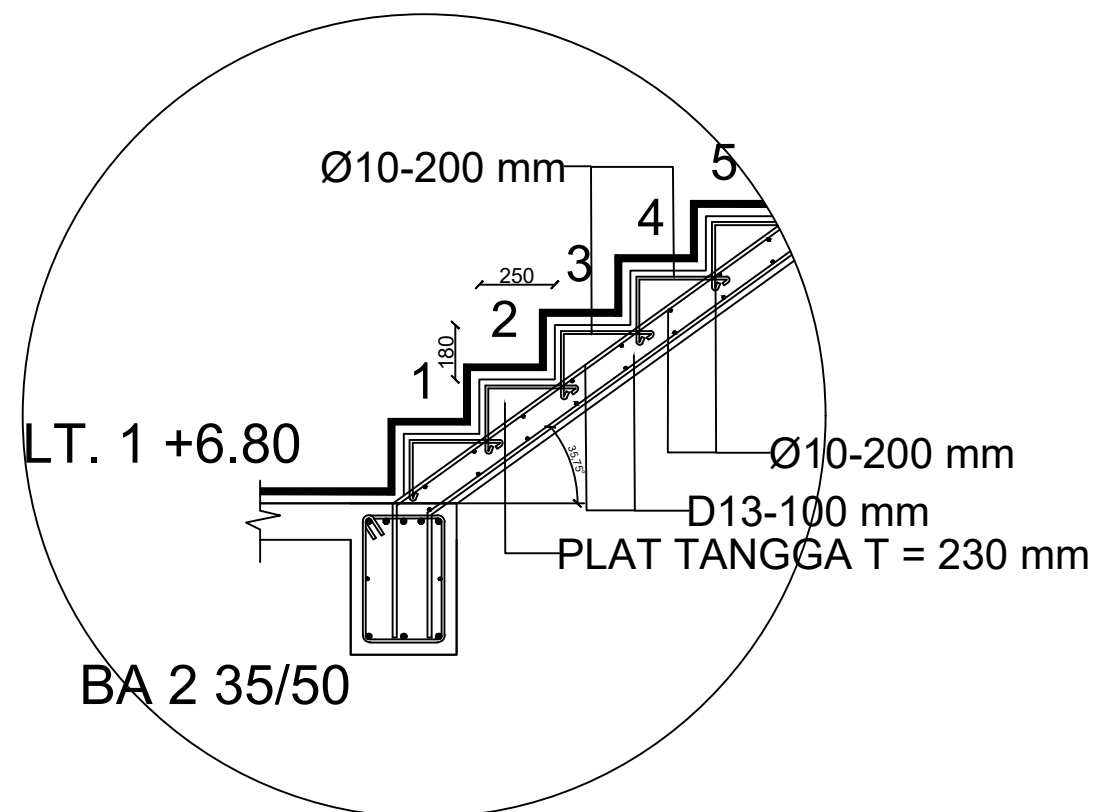
POTONGAN A-A PENULANGAN
 TANGGA TIPE 4

KODE GAMBAR SKALA

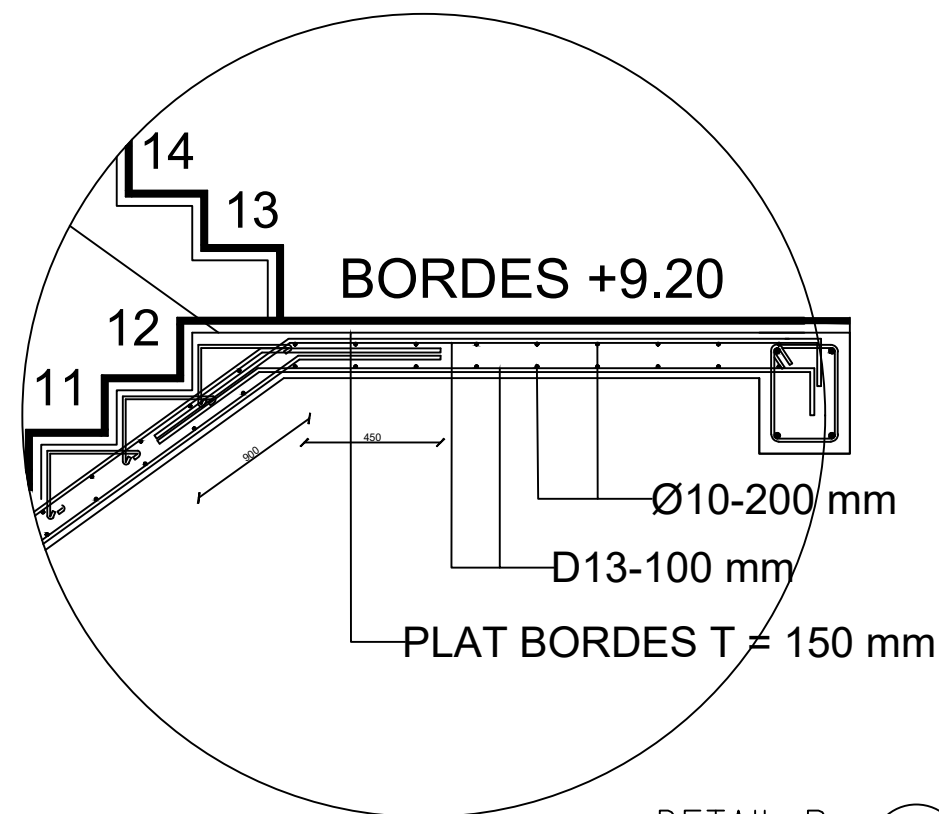
STR 1:50

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

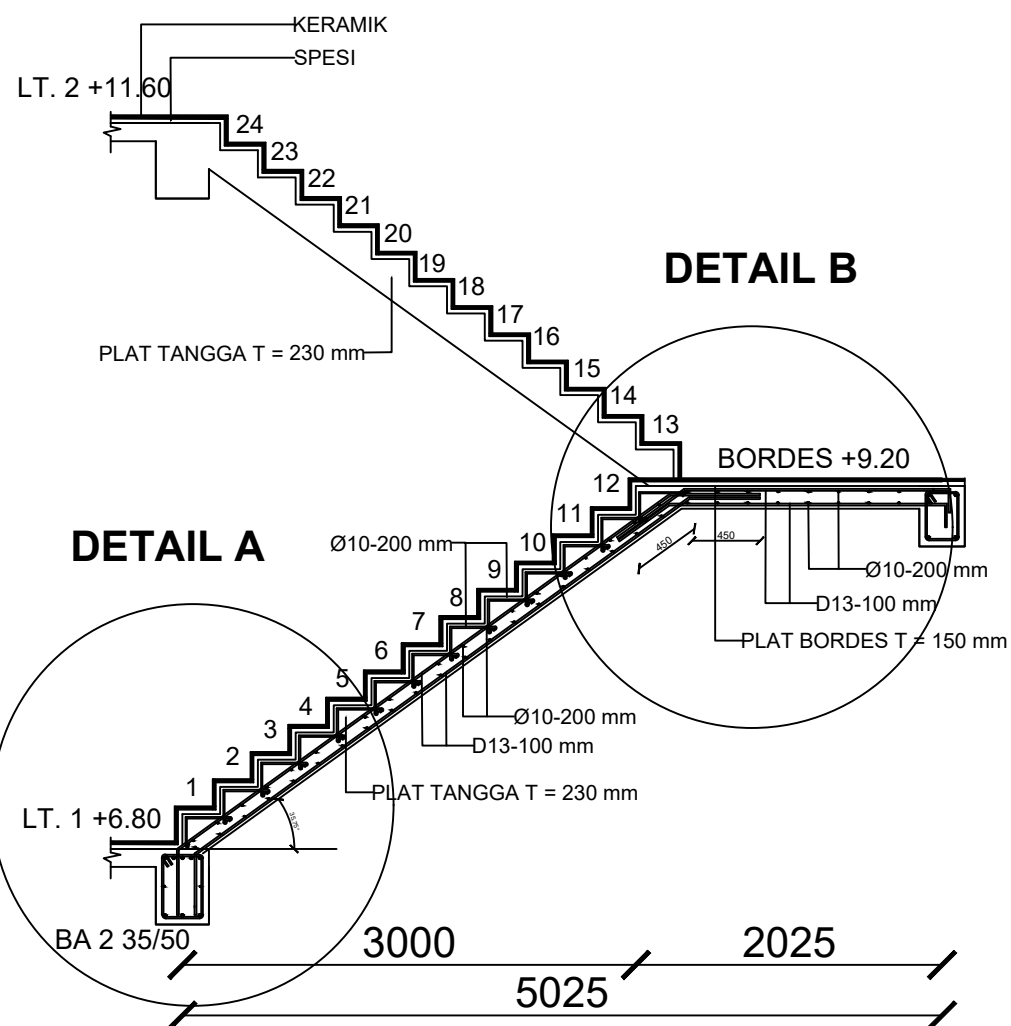
30 66



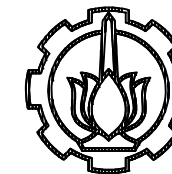
DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 4
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

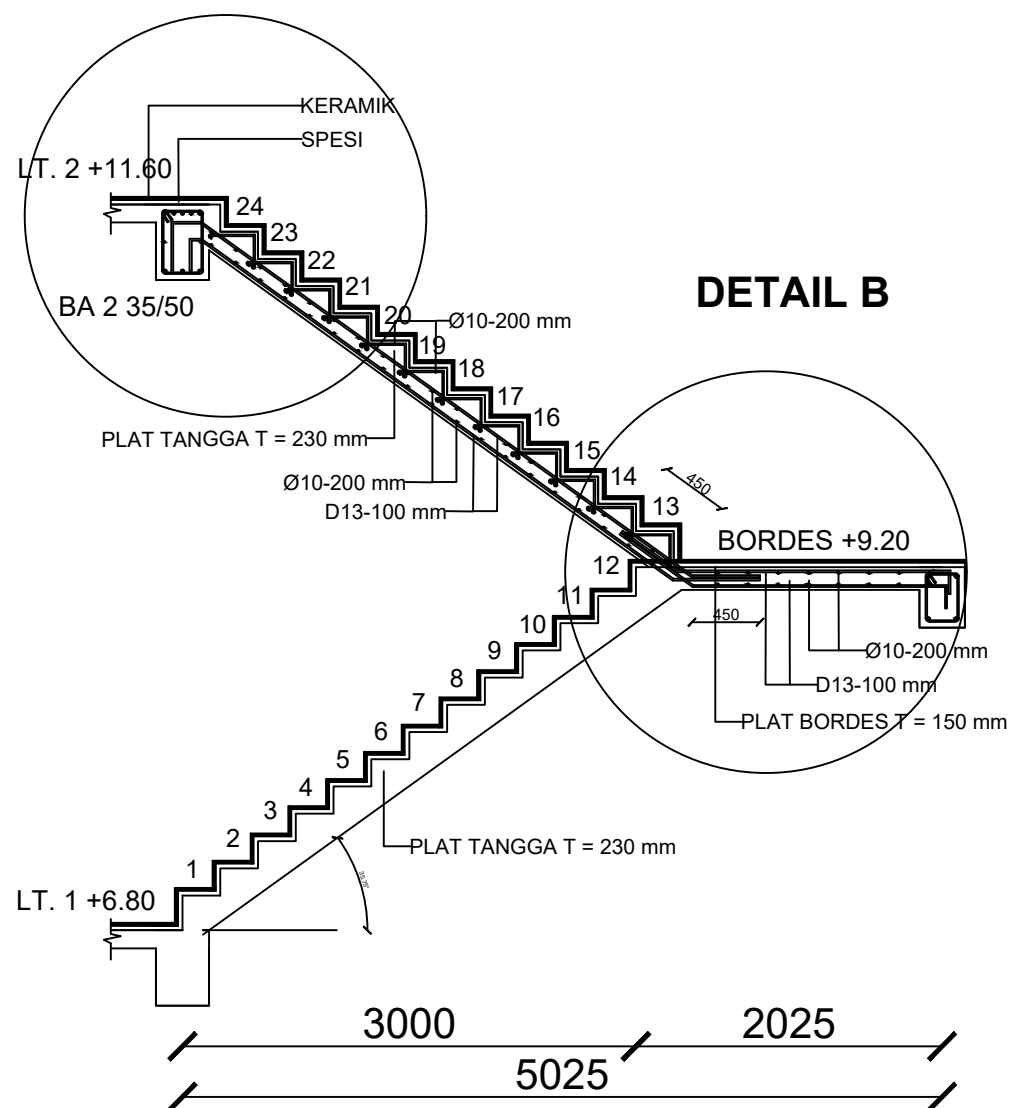
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B PENULANGAN
 TANGGA TIPE 4

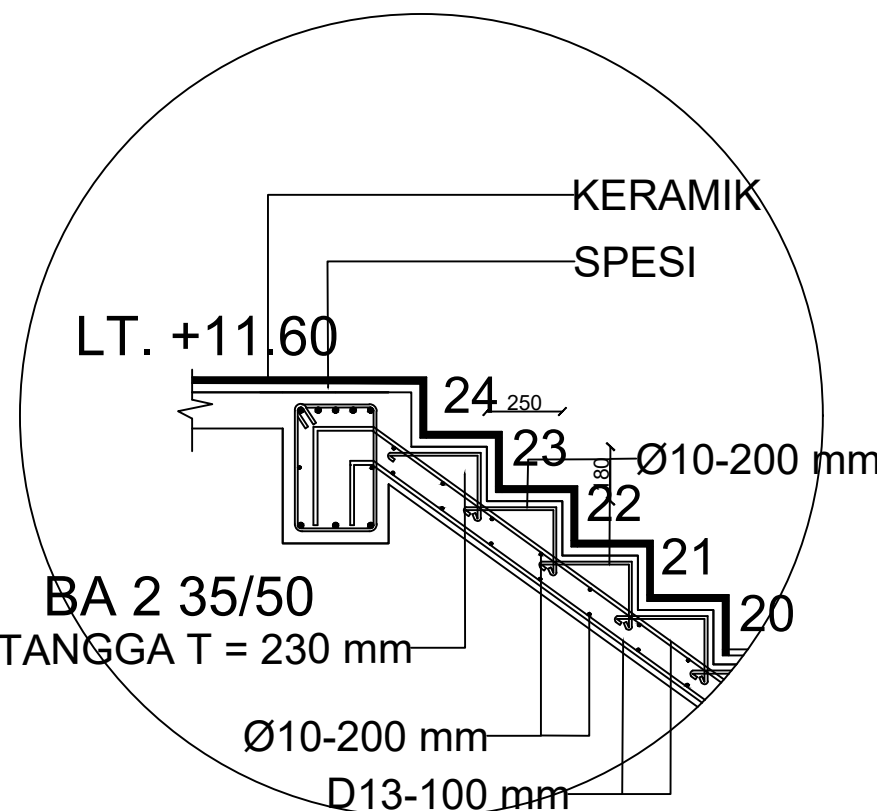
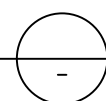
KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
31	66

DETAIL A



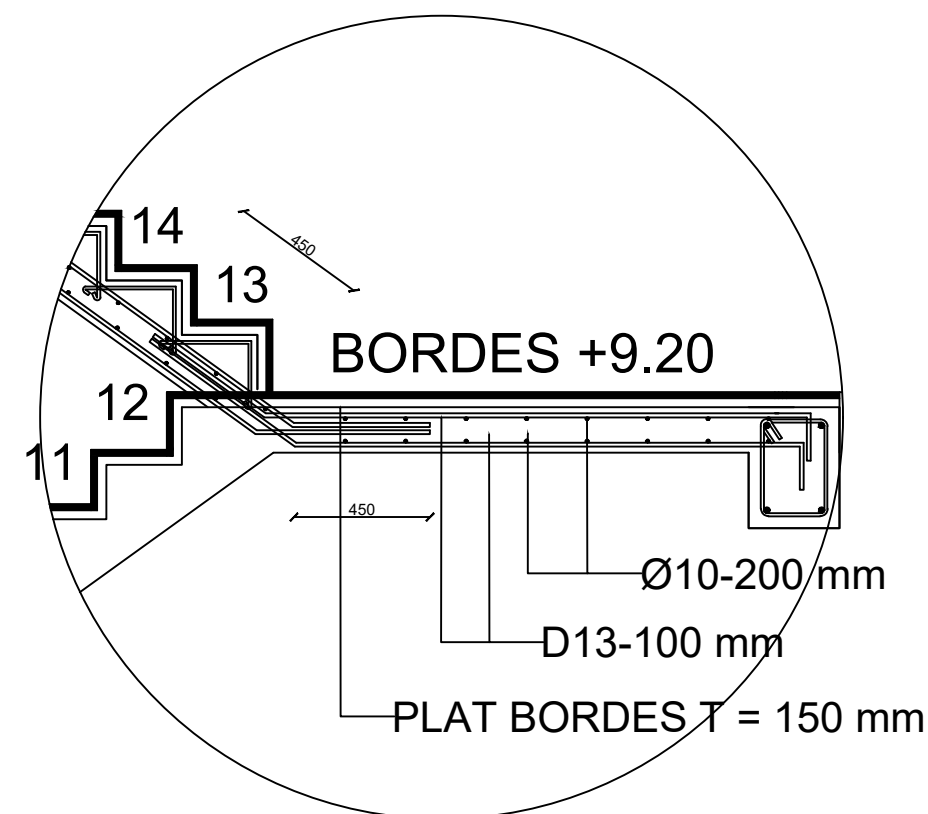
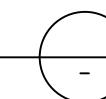
POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 4

SKALA 1 : 50



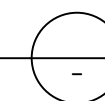
DETAIL A

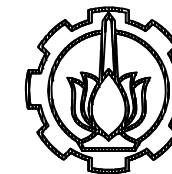
SKALA 1 : 25



DETAIL B

SKALA 1 : 25





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

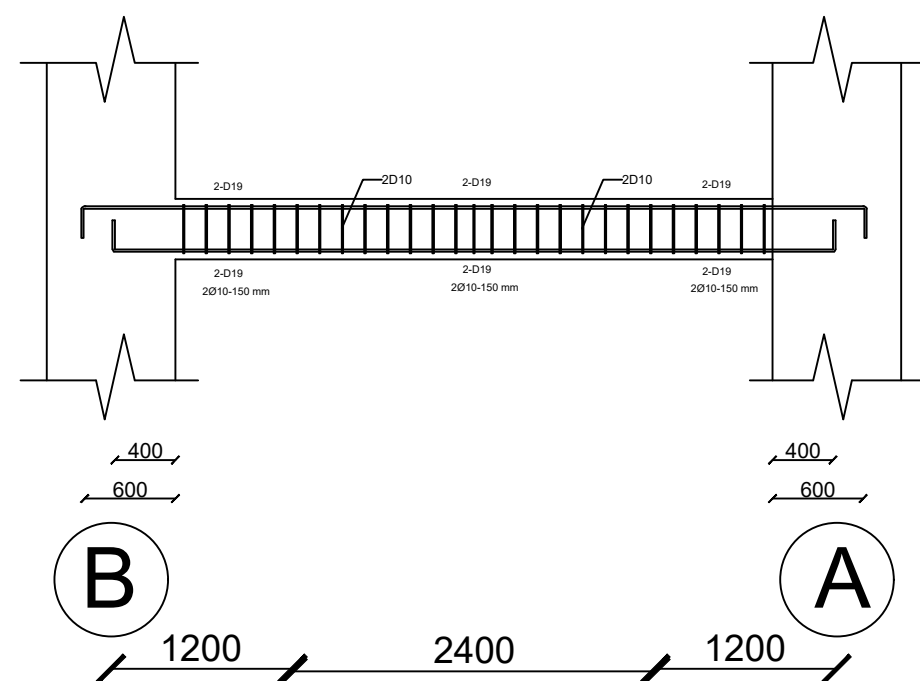
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN BALOK
 BORDES**

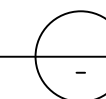
KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
32	66

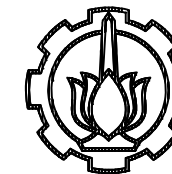


KODE	BB 1 (BALOK BORDES 1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	2 D16	2 D16
TULANGAN SAMPING	-	-
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	2Ø10-150 mm	2Ø10-150 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK BORDES

SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

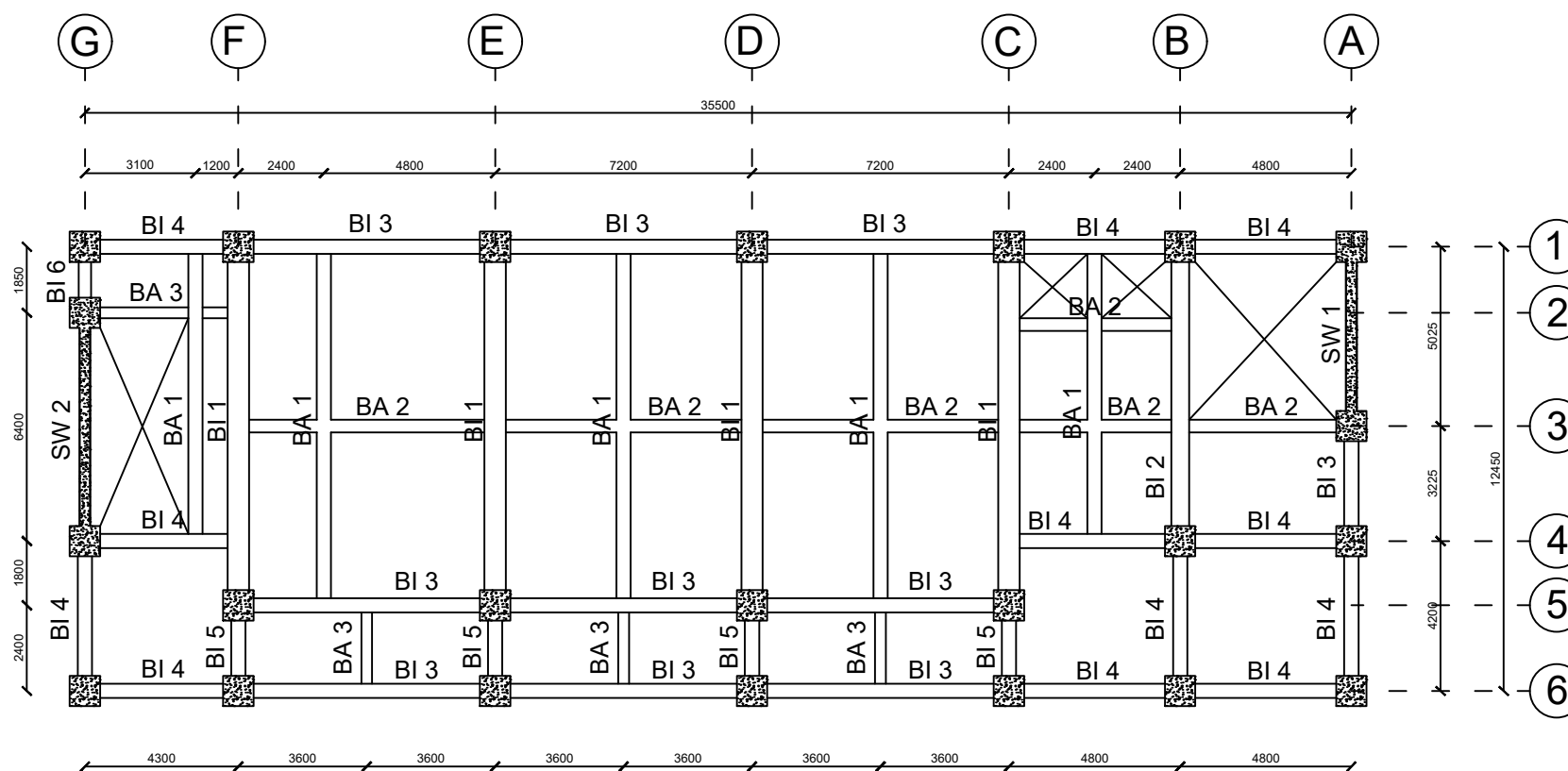
DENAH PEMBALOKAN LT.1 -
 LT ATAP

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:200

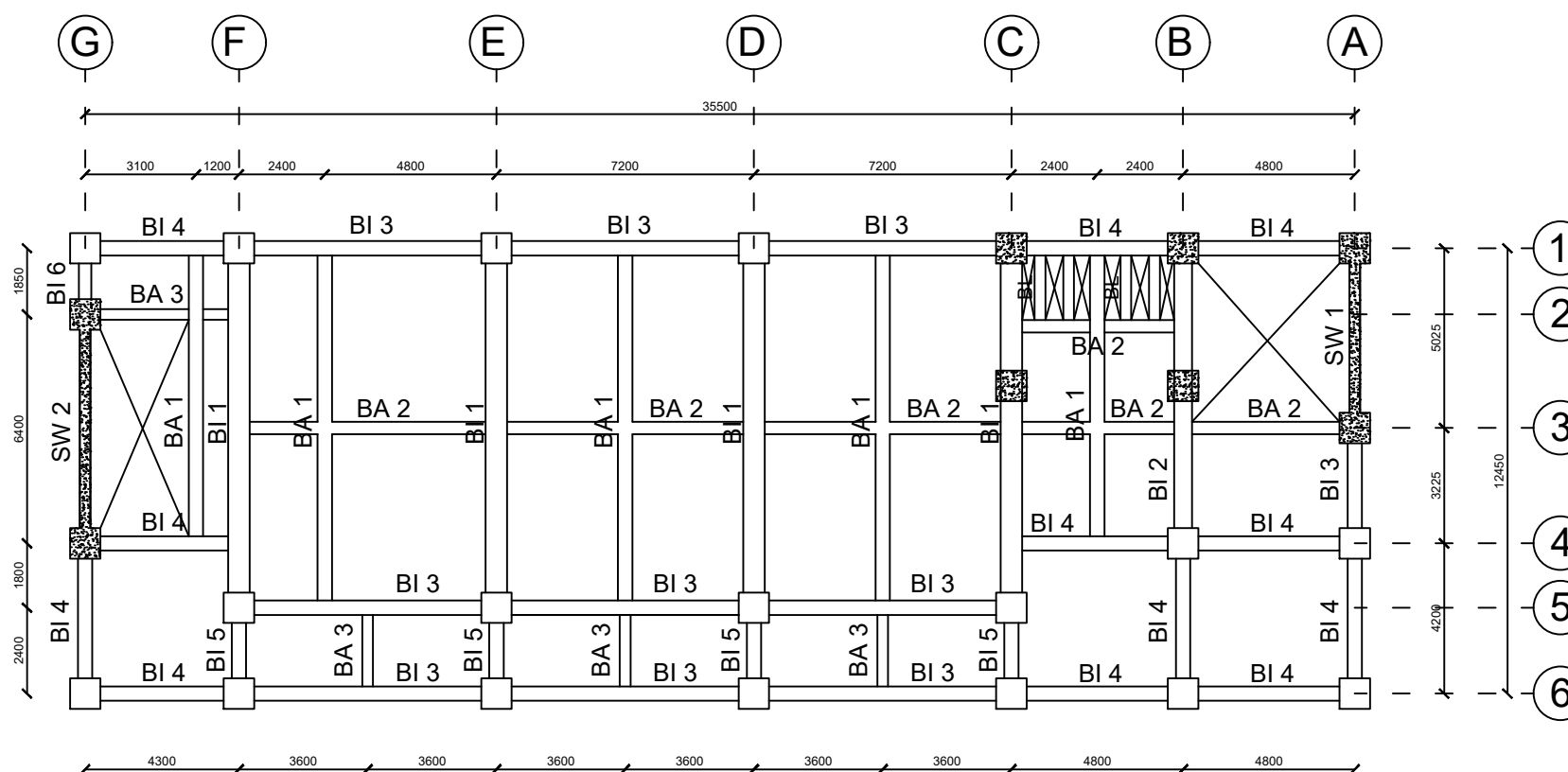
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

33 66



DENAH PEMBALOKAN LT.1 - LT. 8

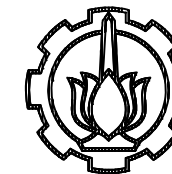
SKALA 1 : 200



DENAH PEMBALOKAN LT. ATAP

SKALA 1 : 200

TIPE	DIMENSI
BI 1	600x850
BI 2	500x750
BI 3	400x650
BI 4	400x650
BI 5	400x650
BI 6	350x500
BA 1	400x600
BA 2	350x500
BA 3	300x400
BL	300x400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 BALOK BI 1

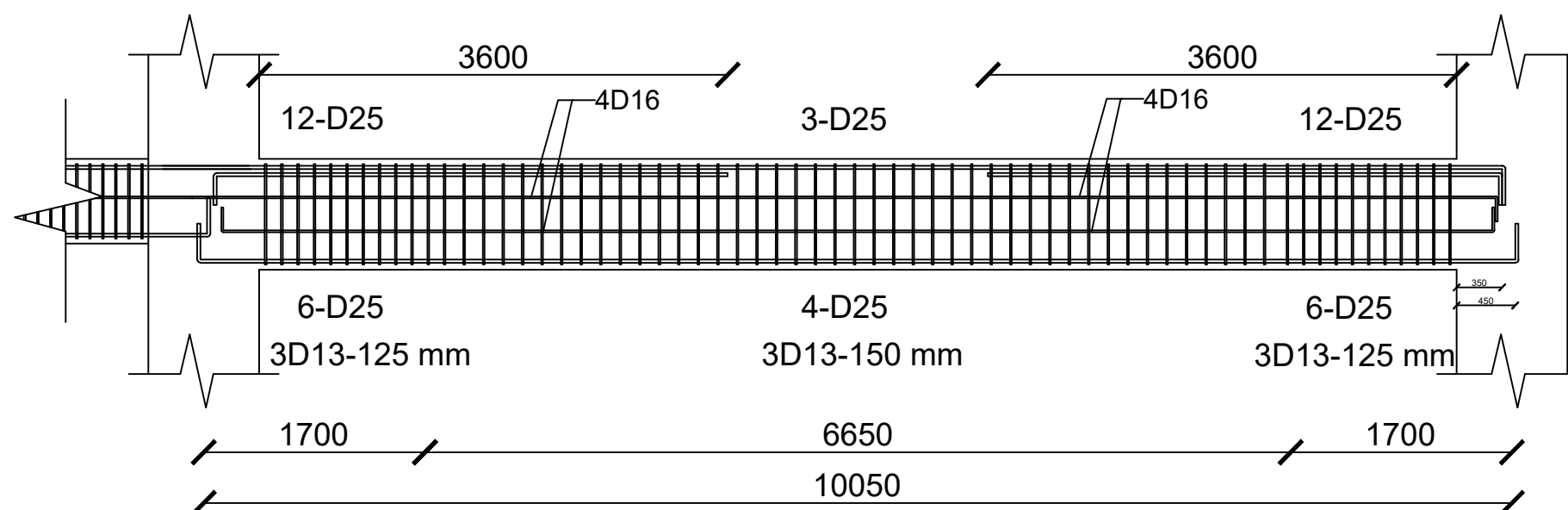
KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

34 66

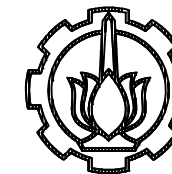
KODE	BI 1 (BALOK INDUK 1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	600 x 850	600 x 850
TULANGAN ATAS	12 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	4 D16	4 D16
TULANGAN BAWAH	6 D25	4 D25
SENGKANG	3D13-125 mm	3D13-150 mm



5

1

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BI 1
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 BALOK BI 2 & BI 3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

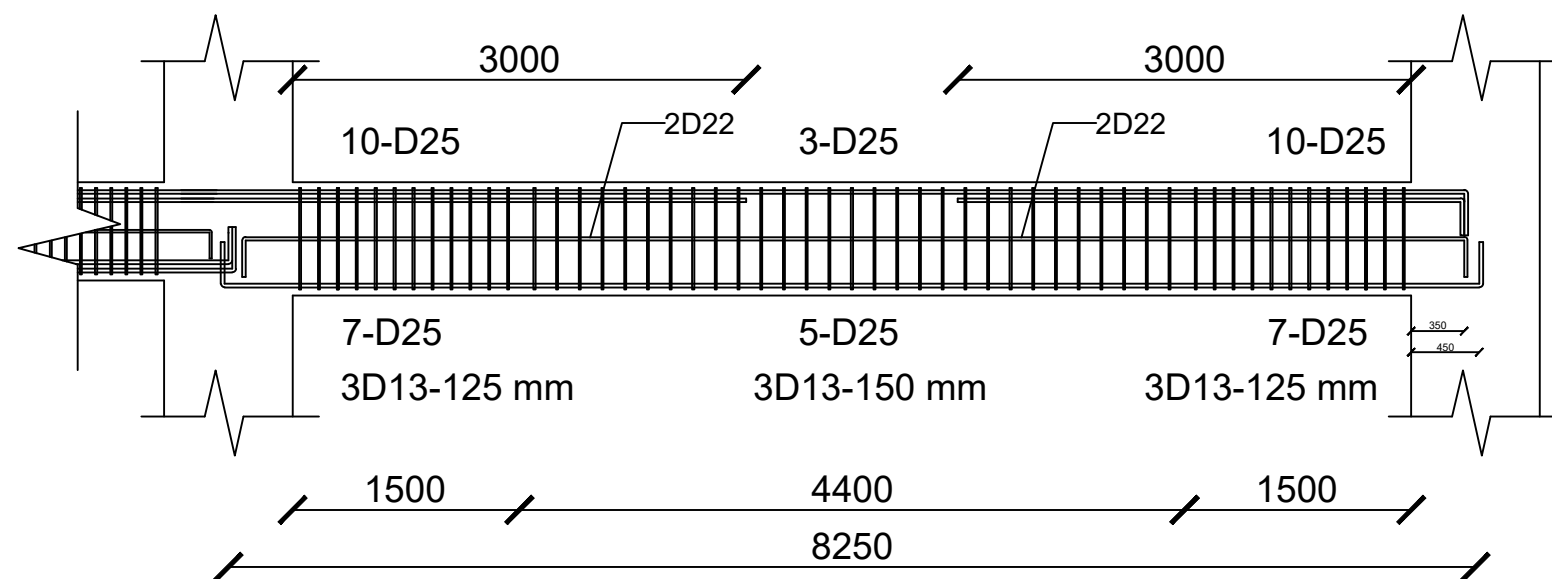
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

35

66



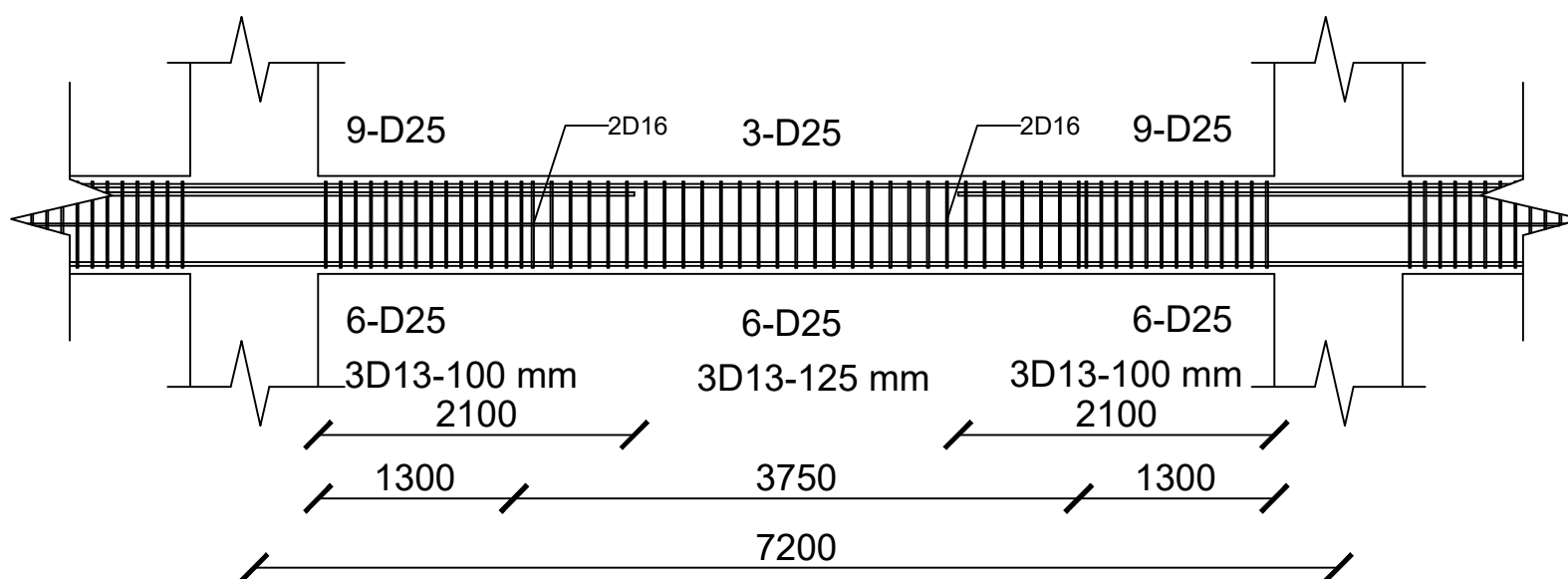
KODE	BI 2 (BALOK INDUK 2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	500 x 750	500 x 750
TULANGAN ATAS	10 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D22	2 D22
TULANGAN BAWAH	7 D25	5 D25
SENGKANG	3D13-125 mm	3D13-150 mm

4

1

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BI 2

SKALA 1 : 50



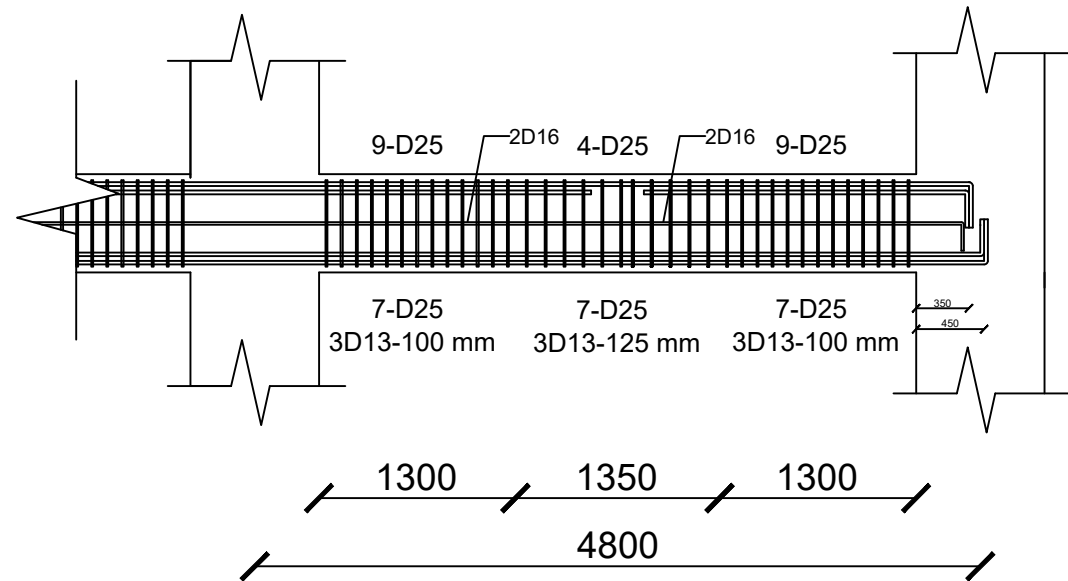
KODE	BI 3 (BALOK INDUK 3)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	400 x 650	400 x 650
TULANGAN ATAS	9 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	6 D25	6 D25
SENGKANG	3D13-100 mm	3D13-125 mm

F

E

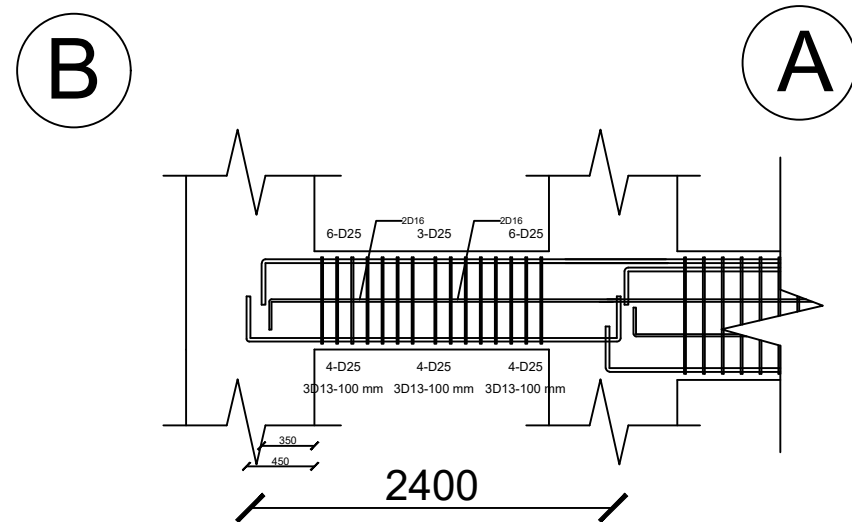
DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BI 3

SKALA 1 : 50



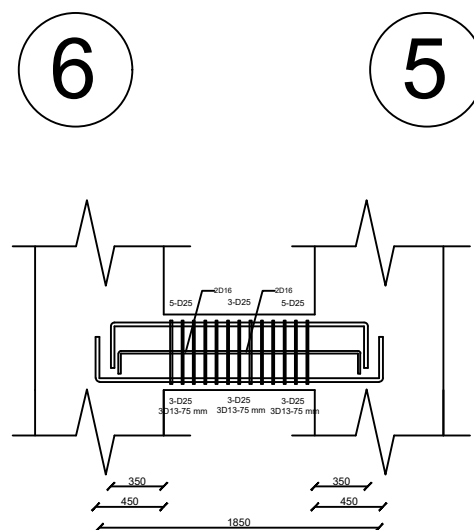
KODE	BI 4 (BALOK INDUK 4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	400 x 650	400 x 650
TULANGAN ATAS	9 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	7 D25	7 D25
SENGKANG	3D13-100 mm	3D13-125 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BI 4
SKALA 1 : 50



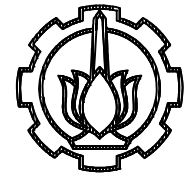
KODE	BI 5 (BALOK INDUK 5)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	400 x 650	400 x 650
TULANGAN ATAS	6 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25
SENGKANG	3D13-100 mm	3D13-100 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BI 5
SKALA 1 : 50



KODE	BI 6 (BALOK INDUK 6)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	5 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25
SENGKANG	3D13-75 mm	3D13-75 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BI 6
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
BI 4, BI 5, BI 6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

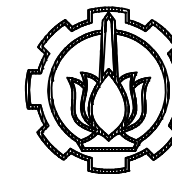
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

36

66



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 BALOK BA 1

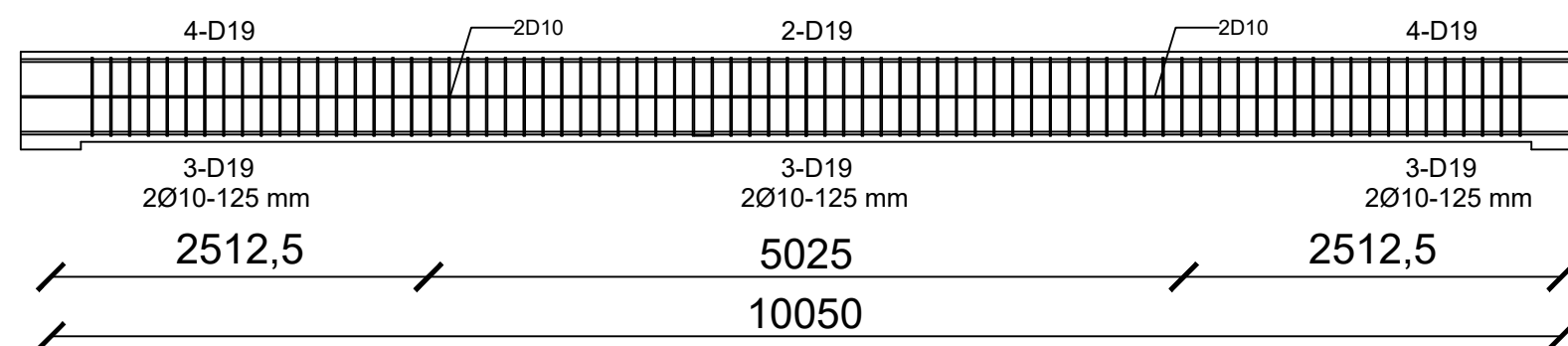
KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

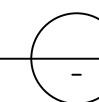
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

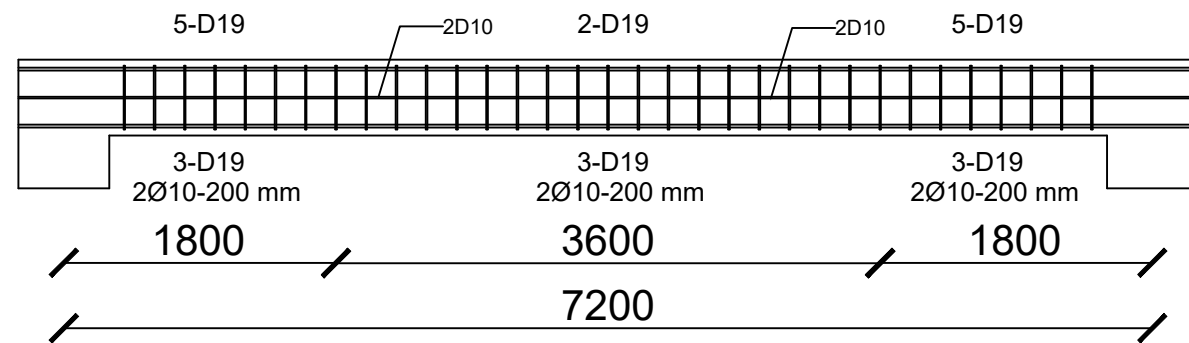
37 66

KODE	BA 1 (BALOK ANAK 1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	400 x 600	400 x 600
TULANGAN ATAS	4 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	2Ø10-125 mm	2Ø10-125 mm



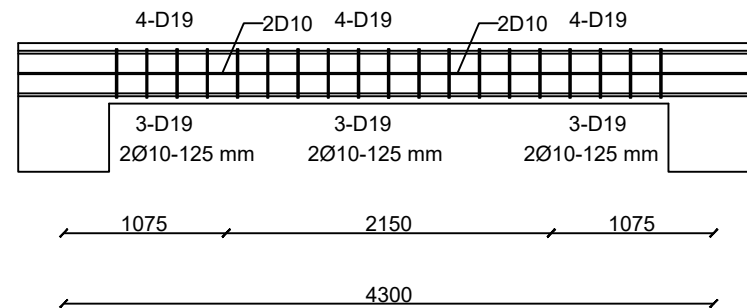
DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BA 1
 SKALA 1 : 50





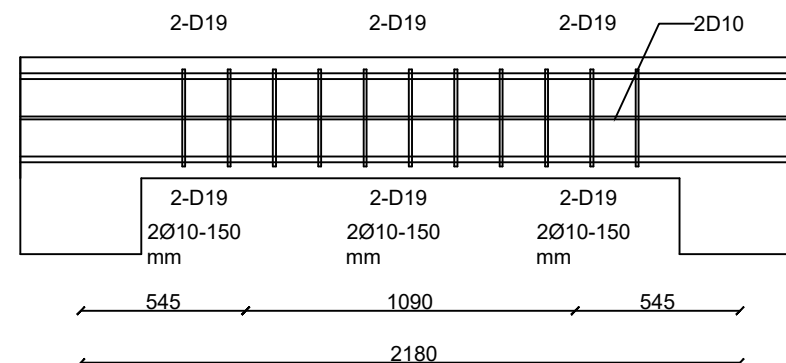
KODE	BA 2 (BALOK ANAK 2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	5 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	2Ø10-200 mm	2Ø10-200 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BA 2
SKALA 1 : 50



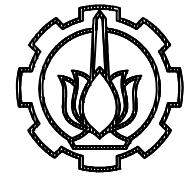
KODE	BA 3 (BALOK ANAK 3)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	2Ø10-200 mm	2Ø10-200 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BA 3
SKALA 1 : 50



KODE	BL (BALOK PENGGANTUNG LIFT)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	2 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	2Ø10-150 mm	2Ø10-150 mm

DETAIL PENULANGAN BALOK TIPE BL
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
BA 2, BA 3, BL

KODE GAMBAR

SKALA

STR

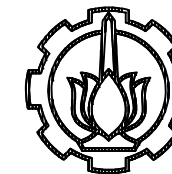
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

38

66



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

REKAP PENULANGAN BALOK

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:50

NO. LEMBAR

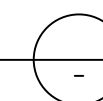
JUMLAH LEMBAR

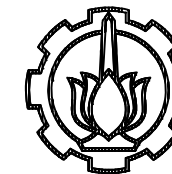
39

66

KODE	BI 1 (BALOK INDUK 1)		BI 2 (BALOK INDUK 2)		BI 3 (BALOK INDUK 3)		BI 4 (BALOK INDUK 4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN								
DIMENSI (MM)	600 x 850	600 x 850	500 x 750	500 x 750	400 x 650	400 x 650	400 x 650	400 x 650
TULANGAN ATAS	12 D25	3 D25	10 D25	3 D25	9 D25	3 D25	9 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	4 D16	4 D16	2 D22	2 D22	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	6 D25	4 D25	7 D25	5 D25	6 D25	6 D25	7 D25	7 D25
SENGKANG	3D13-125 mm	3D13-150 mm	3D13-125 mm	3D13-150 mm	3D13-100 mm	3D13-125 mm	3D13-100 mm	3D13-125 mm
KODE	BI 5 (BALOK INDUK 5)		BI 6 (BALOK INDUK 6)		BA 1 (BALOK ANAK 1)		BA 2 (BALOK ANAK 2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN								
DIMENSI (MM)	400 x 650	400 x 650	350 x 500	350 x 500	400 x 600	400 x 600	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D19	2 D19	5 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25	3 D25	3 D25	3 D19	3 D19	3 D19	3 D19
SENGKANG	3D13-100 mm	3D13-100 mm	3D13-75 mm	3D13-75 mm	2Ø10-125 mm	2Ø10-125 mm	2Ø10-200 mm	2Ø10-200 mm
KODE	BA 3 (BALOK ANAK 3)		BL (BALOK PENGGANTUNG LIFT)					
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN				
POTONGAN								
DIMENSI (MM)	300 x 400	300 x 400	300 x 400	300 x 400				
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	2 D19	2 D19				
TULANGAN SAMPING	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10				
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19				
SENGKANG	2Ø10-200 mm	2Ø10-200 mm	2Ø10-150 mm	2Ø10-150 mm				

REKAP PENULANGAN BALOK
SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA KOLOM
 LANTAI 1 - LANTAI 8

KODE GAMBAR

SKALA

STR

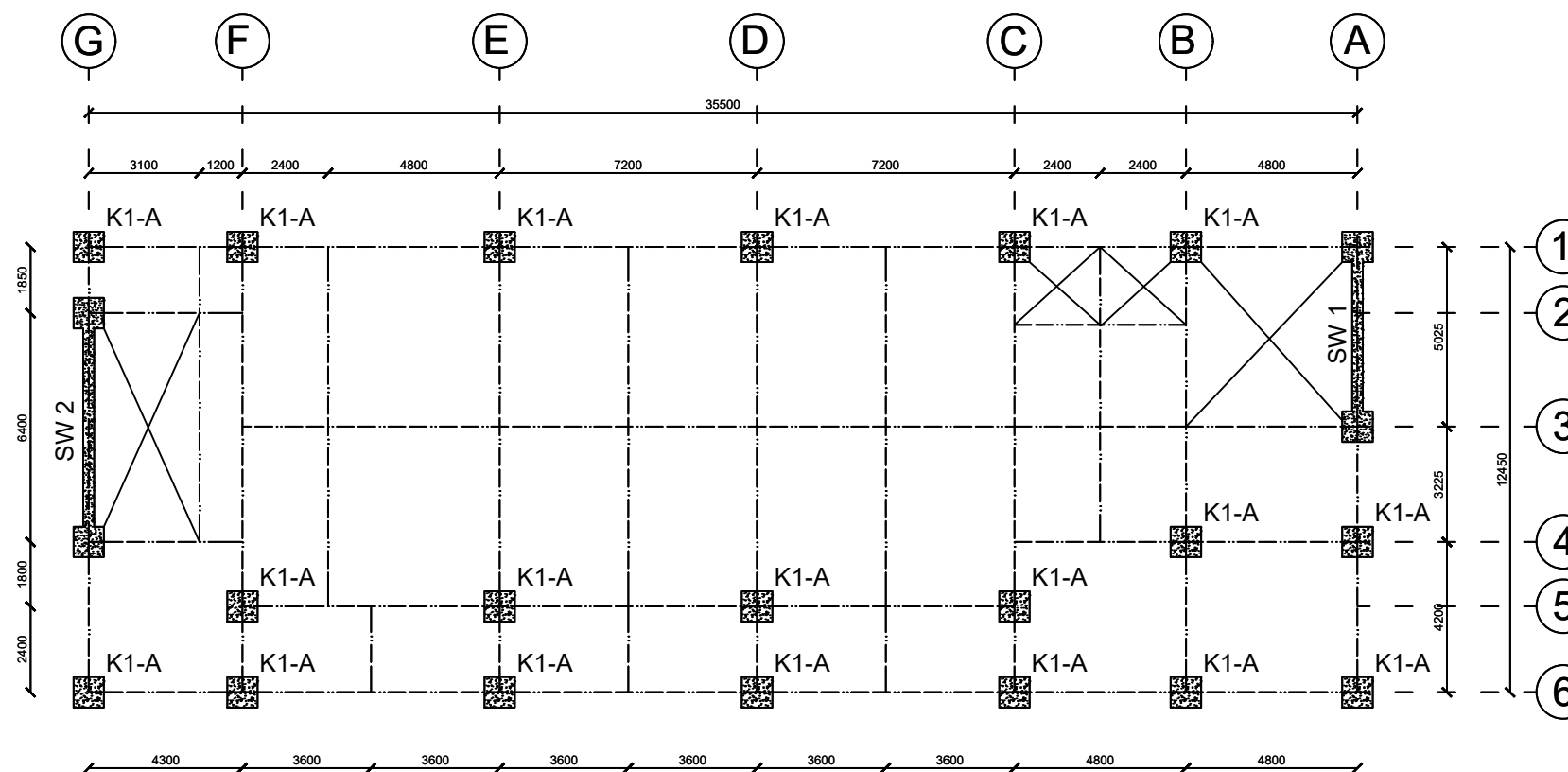
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

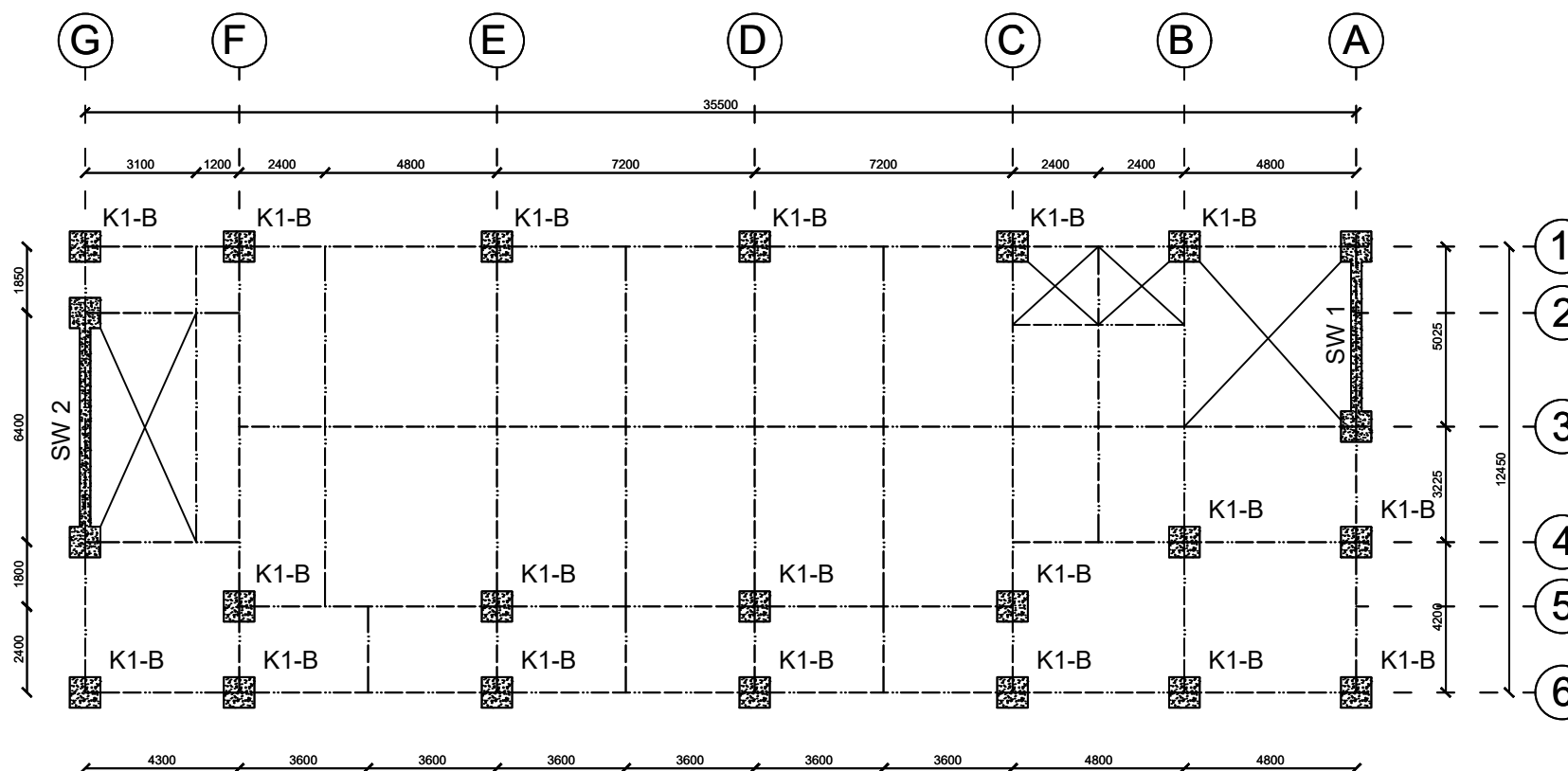
40

66



DENAH RENCANA KOLOM LT. DASAR – LT. 3

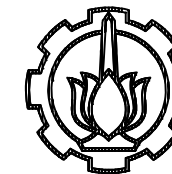
SKALA 1 : 200



DENAH RENCANA KOLOM LT. 4 – LT. 8

SKALA 1 : 200

TIPE	DIMENSI
K1-A	850x850
K1-B	850x850
SW 1	300X4175
SW 2	300X5550



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

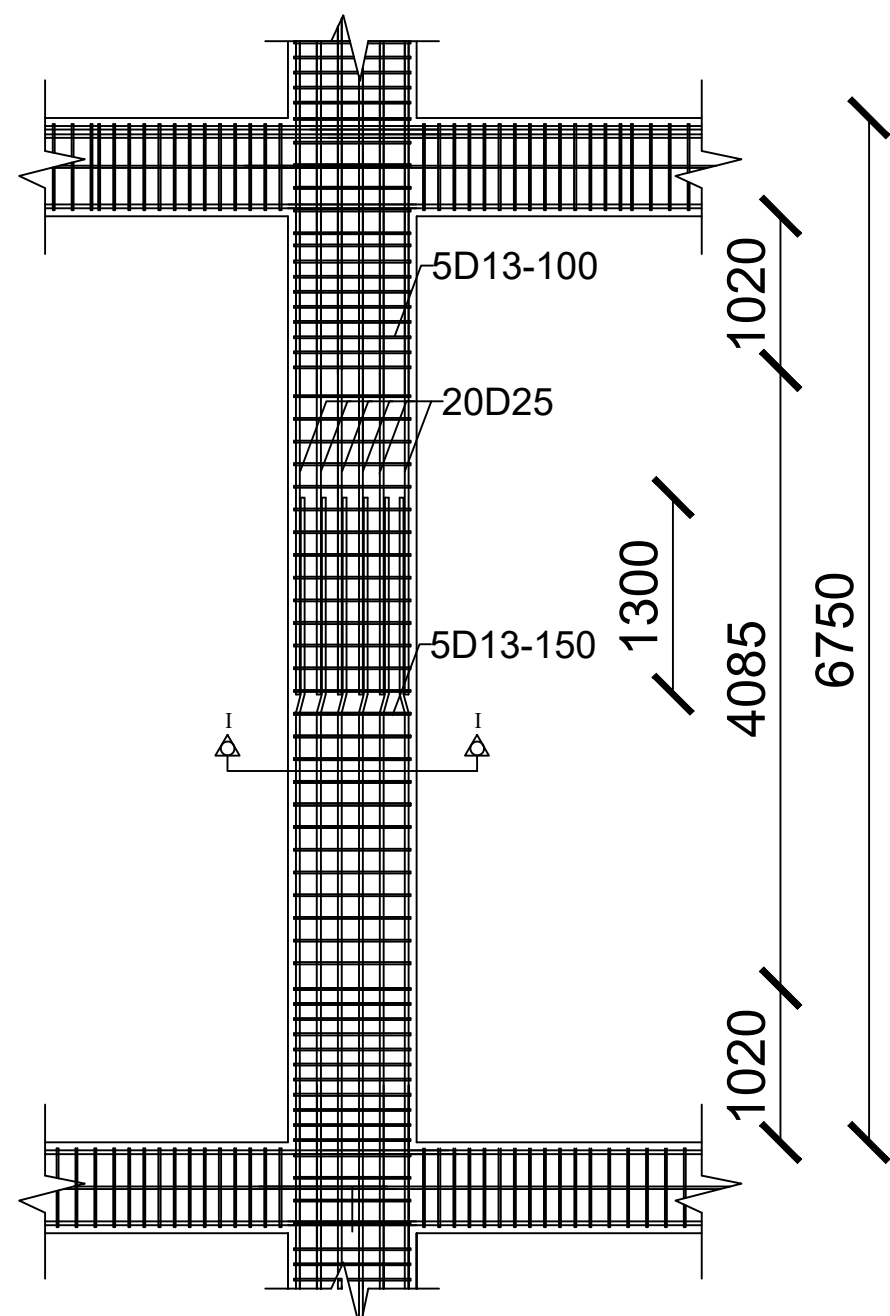
DETAIL PENULANGAN KOLOM
 TIPE K1-A (+0.00 - +6.75)

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

41 66

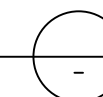


+6.75

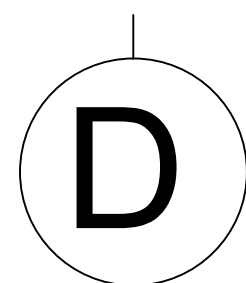
+0.00

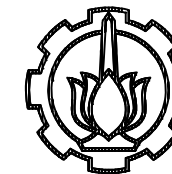
DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-A (+0.00 - +6.75)

SKALA 1 : 50



KODE	K1-A	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POTONGAN I-I		
DIMENSI (MM)	850 x 850	850 x 850
TULANGAN UTAMA	20 D25	20 D25
SENGKANG	5D13-100 mm	5D13-150 mm





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM
TIPE K1-A (+11.55 - +16.35)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

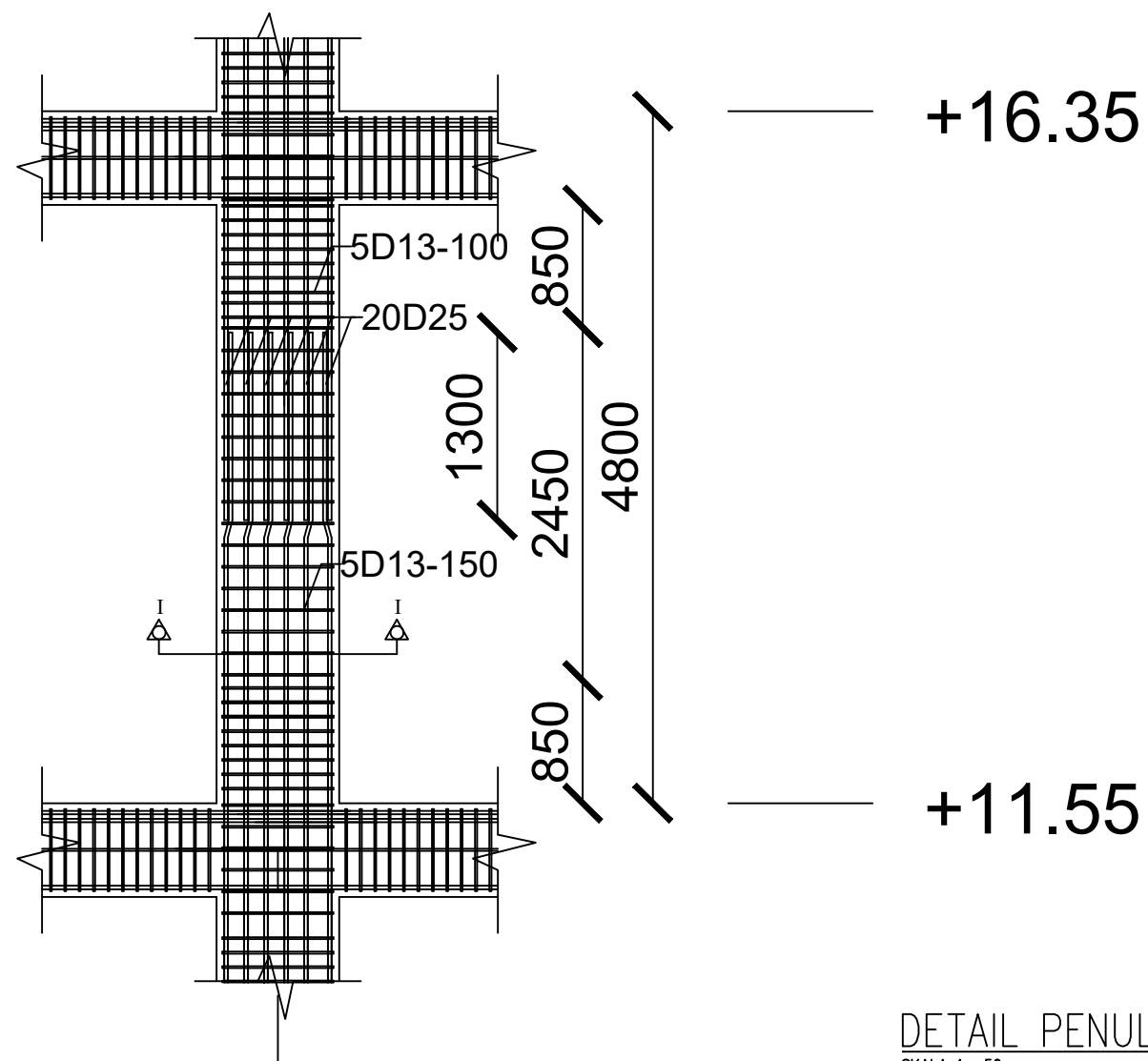
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

42

66

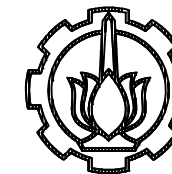


KODE	K1-A	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POTONGAN I-I		
DIMENSI (MM)	850 x 850	850 x 850
TULANGAN UTAMA	20 D25	20 D25
SENGKANG	5D13-100 mm	5D13-150 mm

DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-A (+11.55 - +16.35)

SKALA 1 : 50

D



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

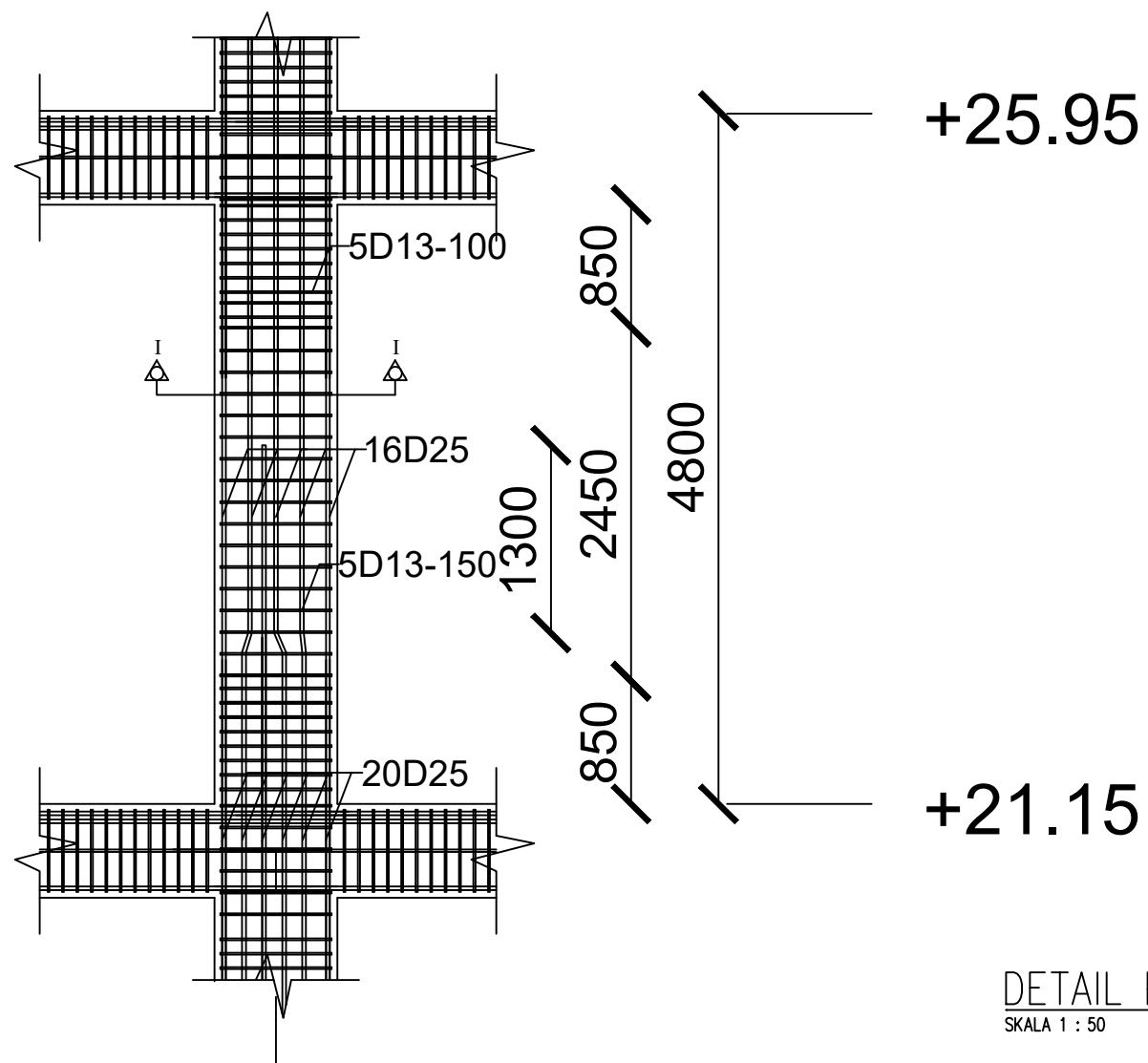
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM
 TIPE K1-B (+21.15 - +25.95)

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
43	66

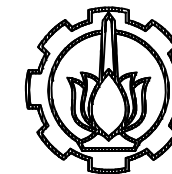


KODE	K1-B	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POTONGAN I-I		
DIMENSI (MM)	850 x 850	850 x 850
TULANGAN UTAMA	16 D25	16 D25
SENGKANG	5D13-100 mm	5D13-150 mm

DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-B (+21.15 - +25.95)

SKALA 1 : 50

D



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM
 TIPE K1-B (+30.75 - +35.15)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

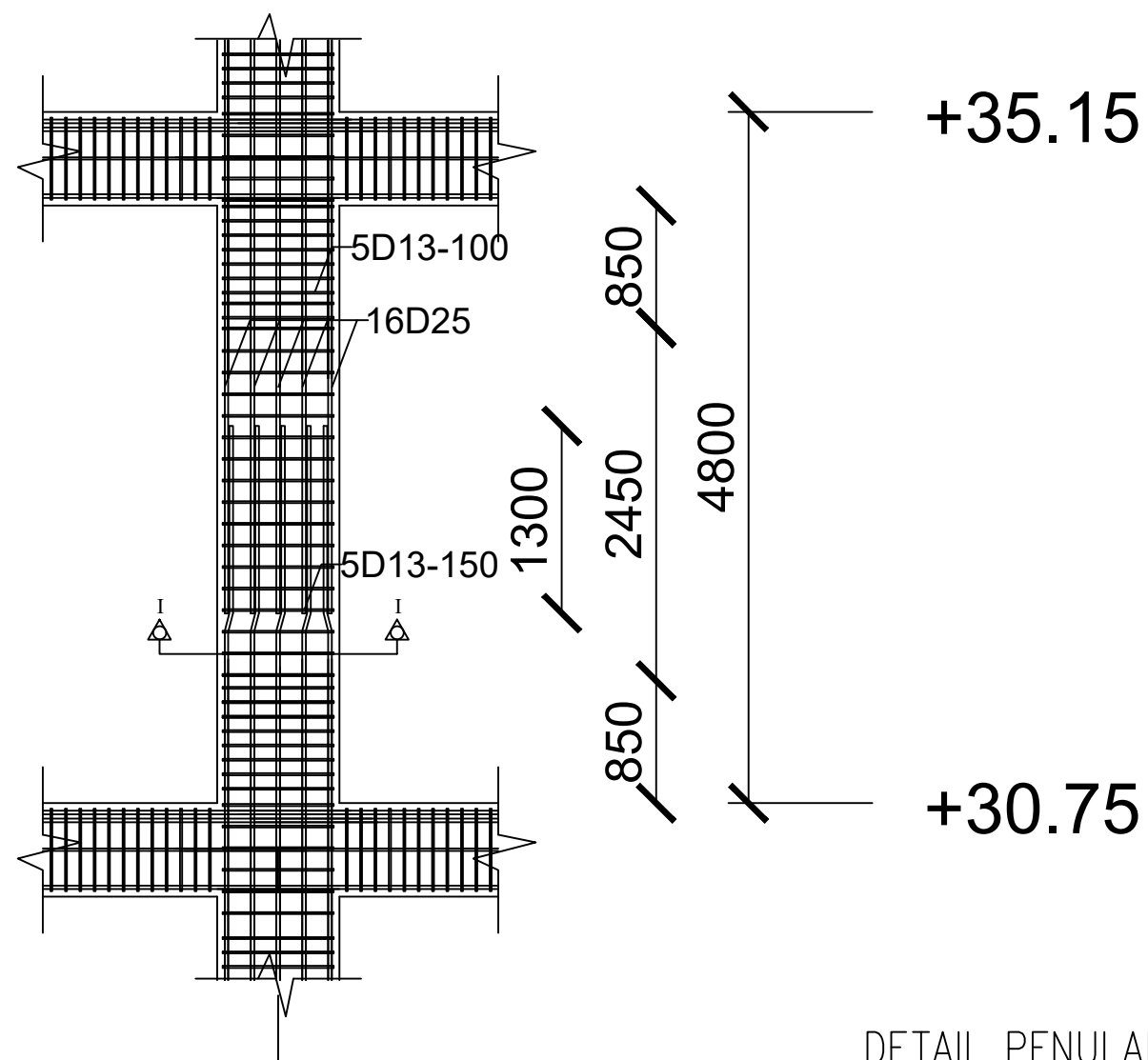
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

44

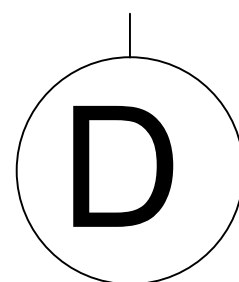
66

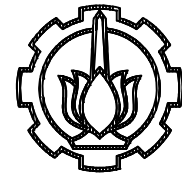


KODE	K1-B	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN I-I		
DIMENSI (MM)	850 x 850	850 x 850
TULANGAN UTAMA	16 D25	16 D25
SENGKANG	5D13-100 mm	5D13-150 mm

DETAIL PENULANGAN KOLOM TIPE K1-B (+30.75 - +35.15)

SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

REKAP PENULANGAN KOLOM

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:25

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

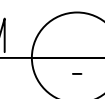
45

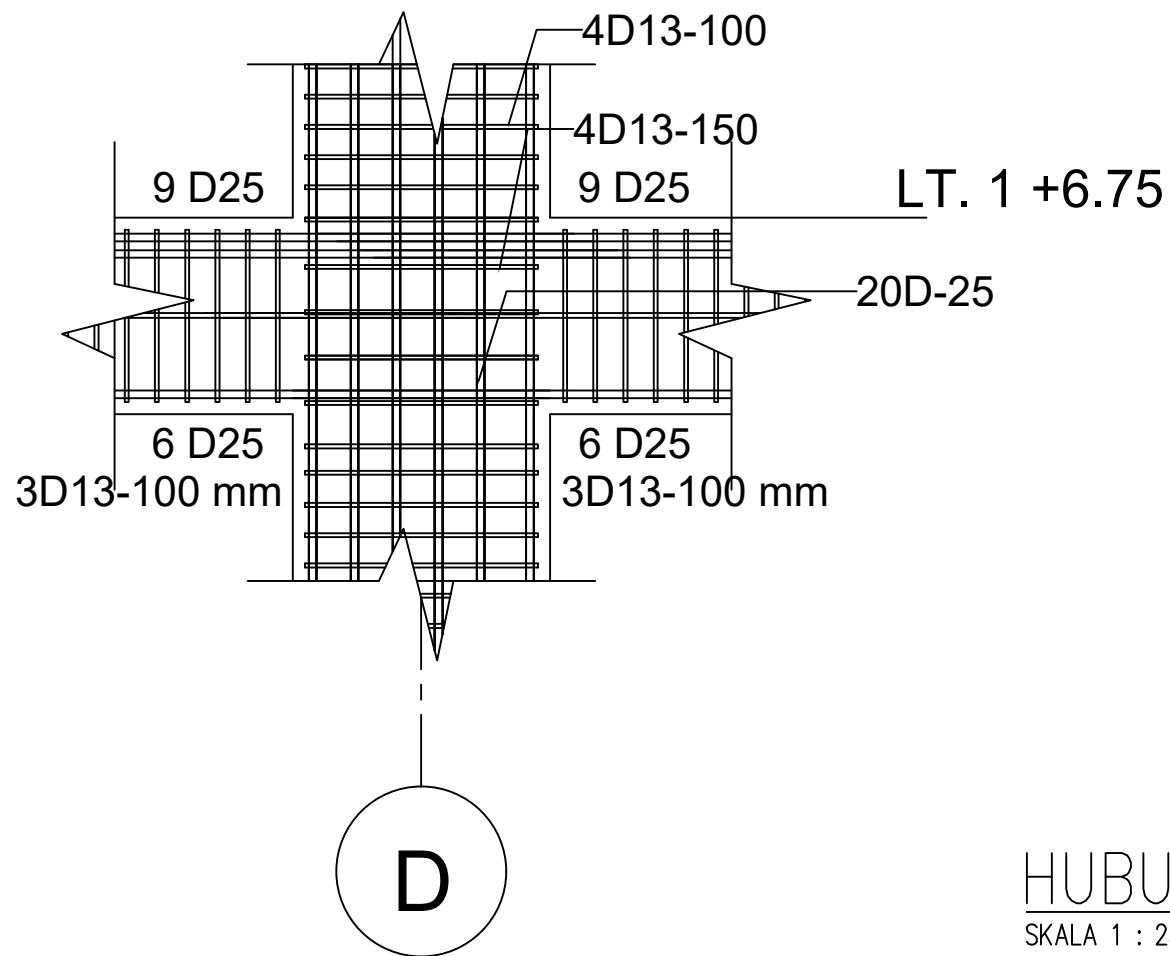
66

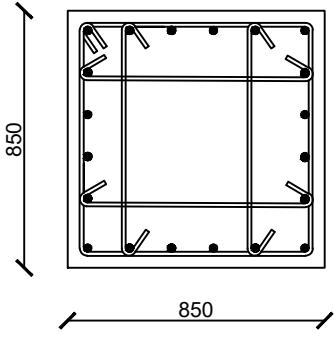
KODE	K1-A		K1-B	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN I-I				
DIMENSI (MM)	850 x 850	850 x 850	850 x 850	850 x 850
TULANGAN UTAMA	20 D25	20 D25	16 D25	16 D25
SENGKANG	5D13-100 mm	5D13-150 mm	5D13-100 mm	5D13-150 mm

REKAP PENULANGAN KOLOM

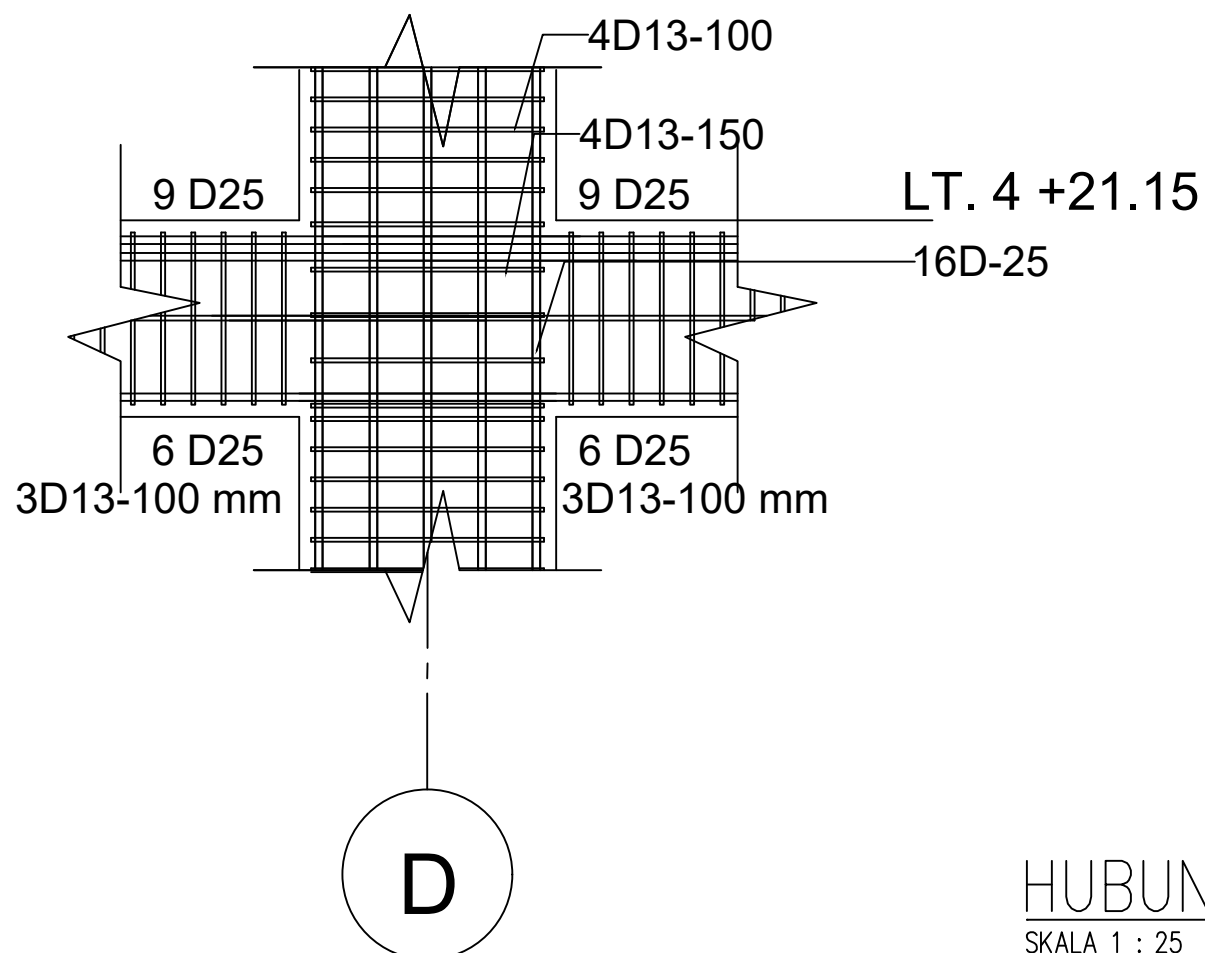
SKALA 1 : 25

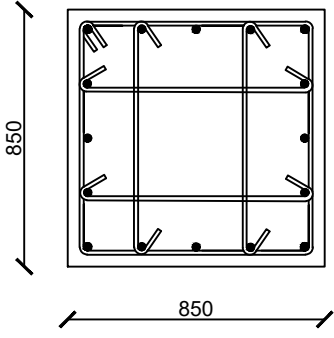




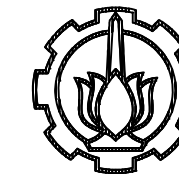
KODE	HBK K1-A
POTONGAN I-I	
DIMENSI (MM)	850 x 850
TULANGAN UTAMA	20 D25
SENGKANG	4D13-150 mm

HUBUNGAN BALOK KOLOM K1-A 
SKALA 1 : 25



KODE	HBK K1-B
POTONGAN I-I	
DIMENSI (MM)	850 x 850
TULANGAN UTAMA	16 D25
SENGKANG	4D13-150 mm

HUBUNGAN BALOK KOLOM K1-B 
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL HUBUNGAN BALOK
KOLOM

KODE GAMBAR

SKALA

STR

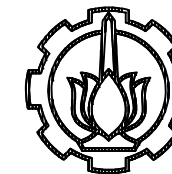
1:25

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

46

66



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

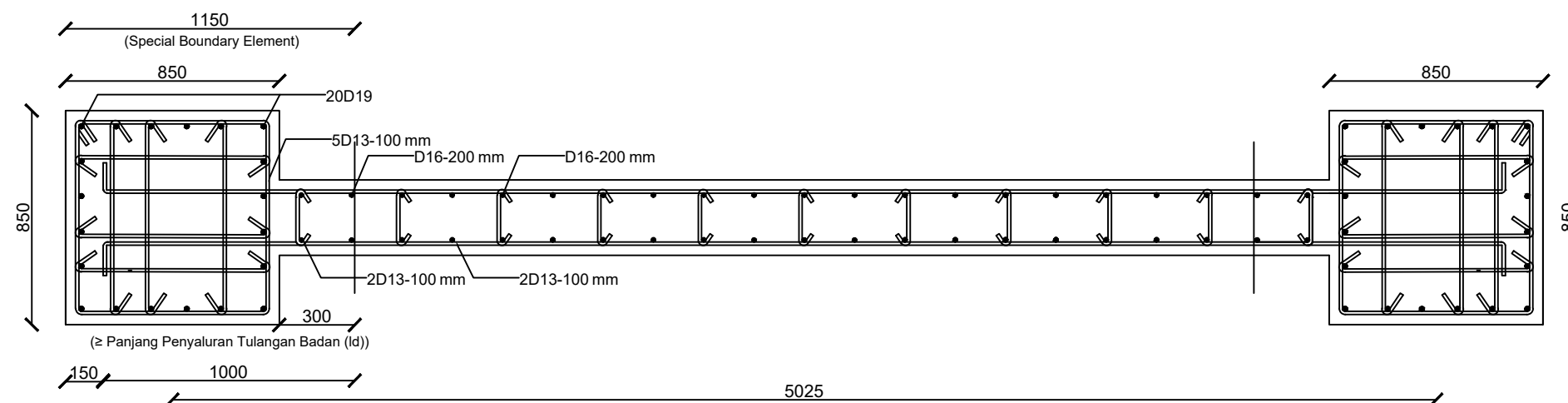
DETAIL PENULANGAN
 SHEARWALL

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

STR	1:25
-----	------

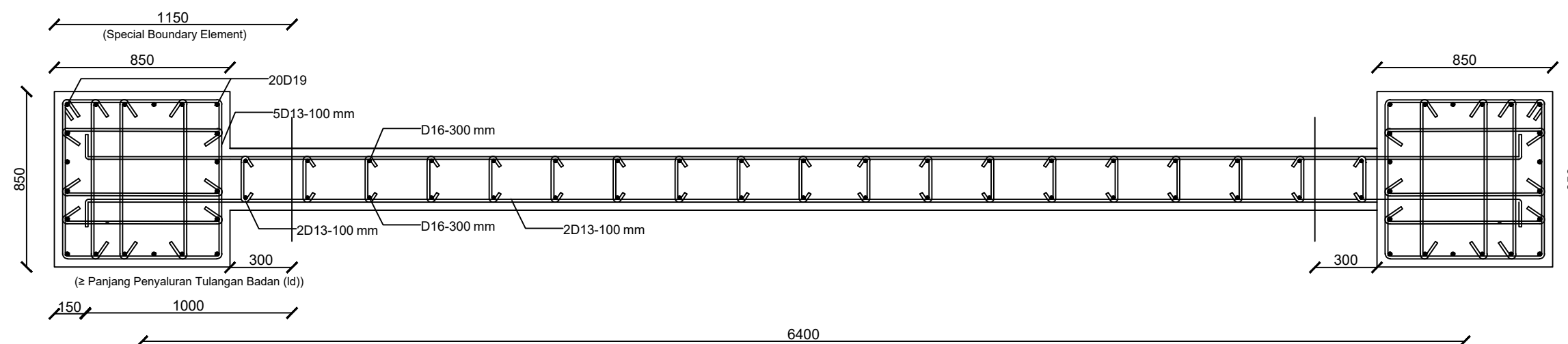
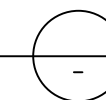
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

47	66
----	----



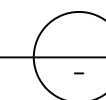
DETAIL PENULANGAN SHEARWALL TIPE 1

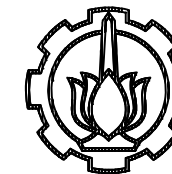
SKALA 1 : 25



DETAIL PENULANGAN SHEARWALL TIPE 2

SKALA 1 : 25





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

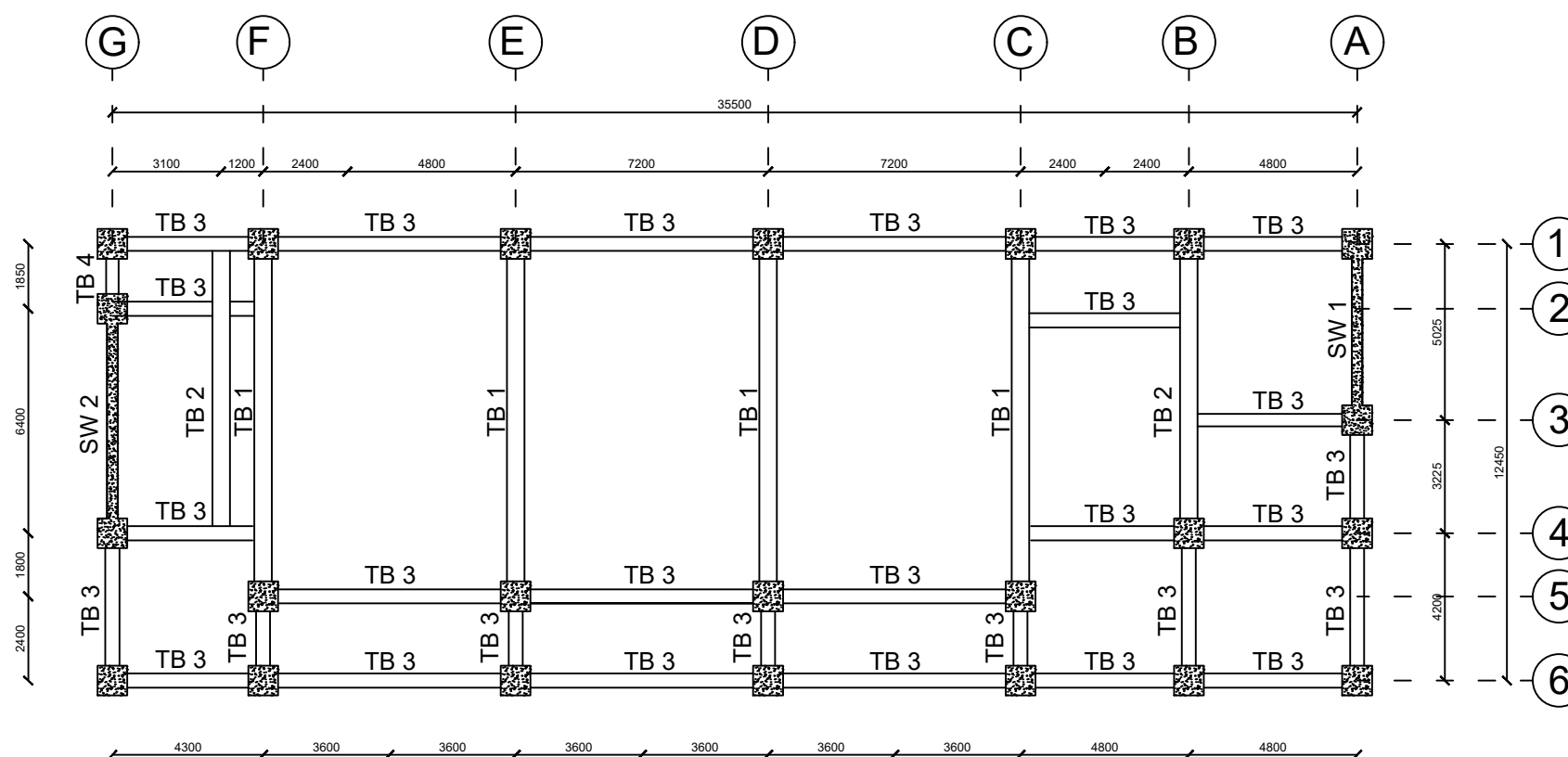
DENAH SLOOF

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:200

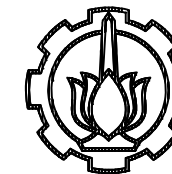
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

48 66



DENAH SLOOF
 SKALA 1 : 200

TIPE	DIMENSI
TB 1	500x750
TB 2	500x750
TB 3	400x600
TB 4	350x500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

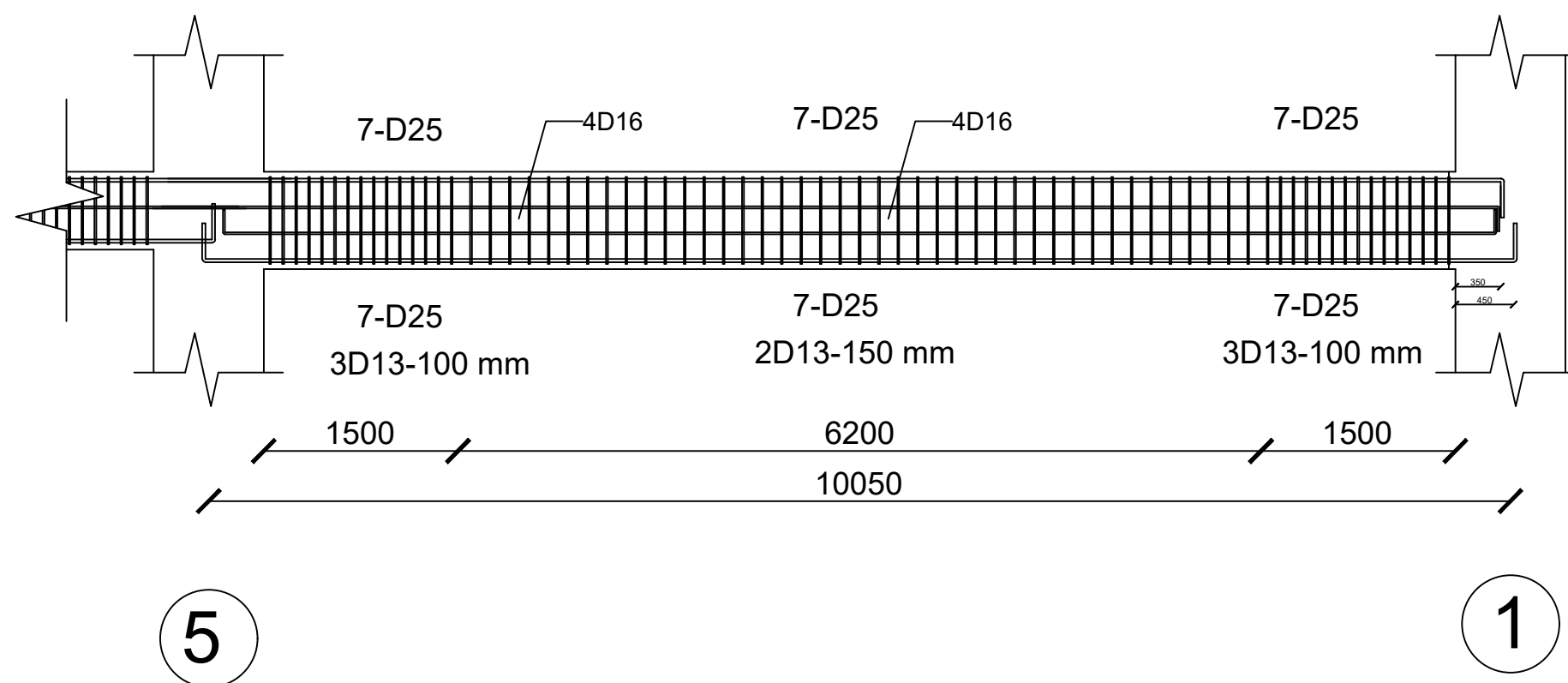
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

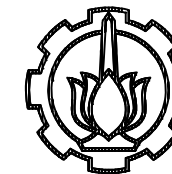
DETAIL PENULANGAN SLOOF
 TB 1

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:50
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
49	66

KODE	TB 1 (SLOOF 1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	500 x 750	500 x 750
TULANGAN ATAS	7 D25	7 D25
TULANGAN SAMPING	4 D16	4 D16
TULANGAN BAWAH	7 D25	7 D25
SENGKANG	3D13-100 mm	2D13-150 mm



DETAIL PENULANGAN SLOOF TIPE TB1
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN SLOOF
 TB 2, TB 3, TB 4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

50

66

KODE	TB 2 (SLOOF 2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	500 x 750	500 x 750
TULANGAN ATAS	4 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25
SENGKANG	2D13-100 mm	2D13-125 mm

DETAIL PENULANGAN SLOOF TIPE TB2

SKALA 1 : 50

KODE	TB 3 (SLOOF 3)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	400 x 600	400 x 600
TULANGAN ATAS	3 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25
SENGKANG	2D13-100 mm	2D13-125 mm

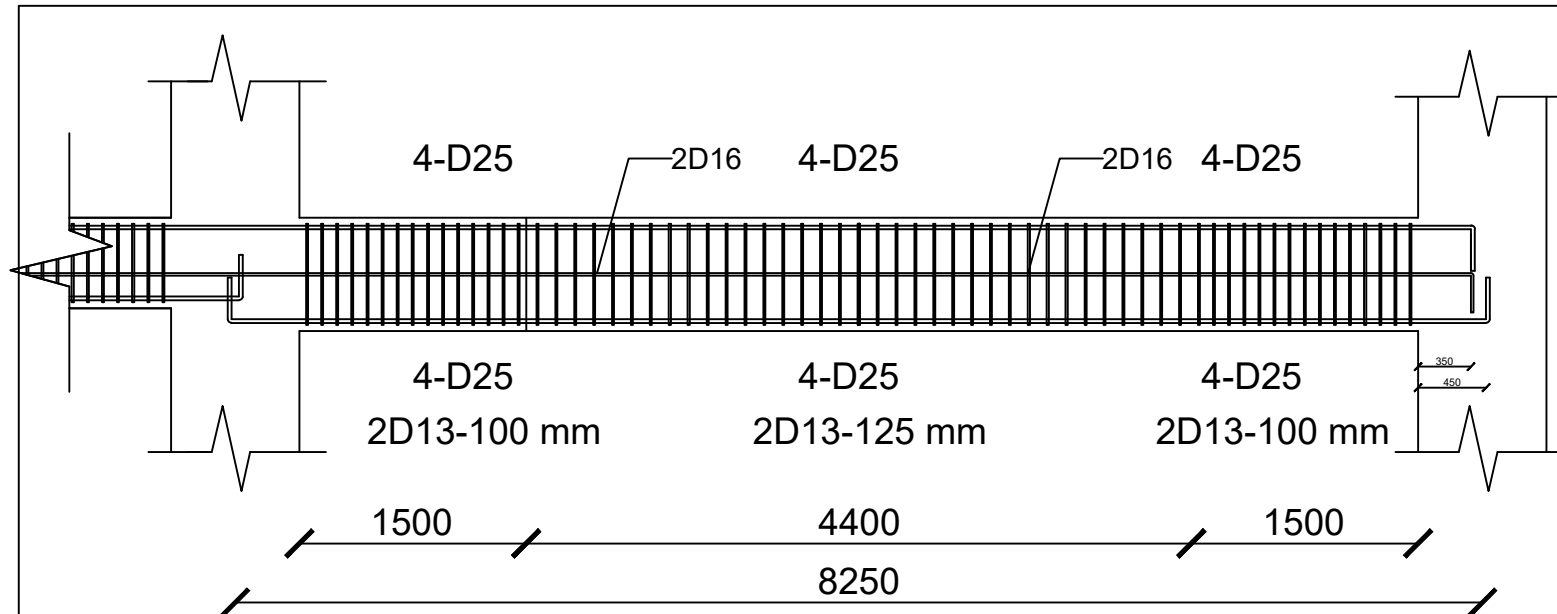
DETAIL PENULANGAN SLOOF TIPE TB3

SKALA 1 : 50

KODE	TB 4 (SLOOF 4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (MM)	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25
SENGKANG	2D13-75mm	2D13-75 mm

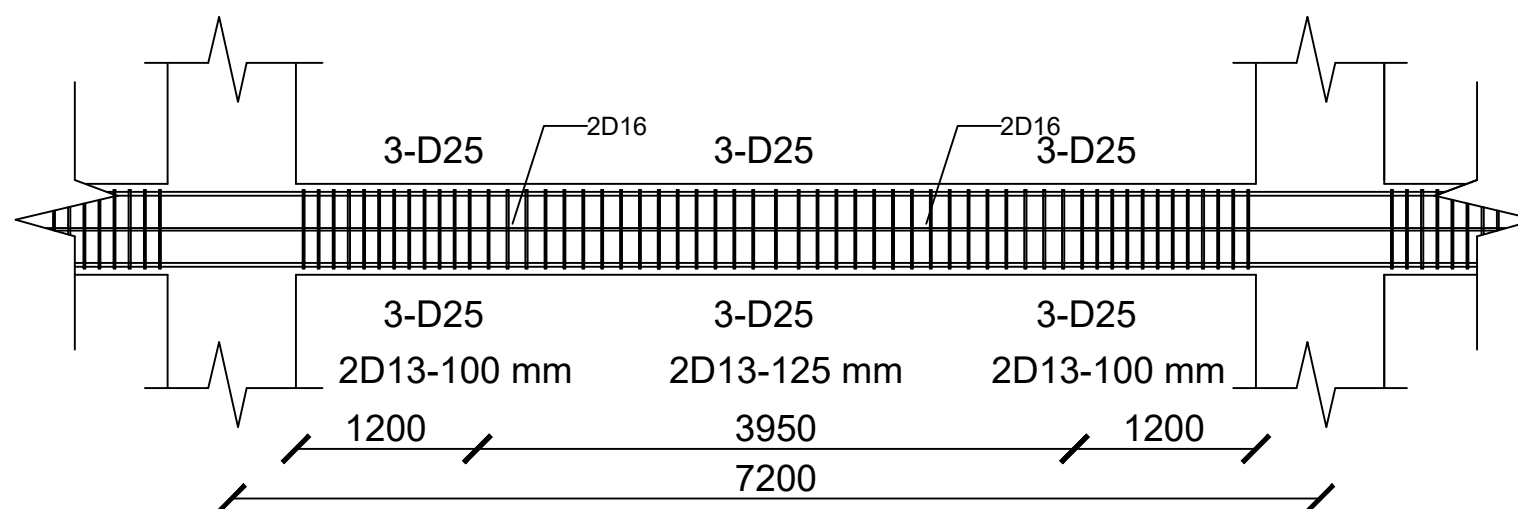
DETAIL PENULANGAN SLOOF TIPE TB4

SKALA 1 : 50



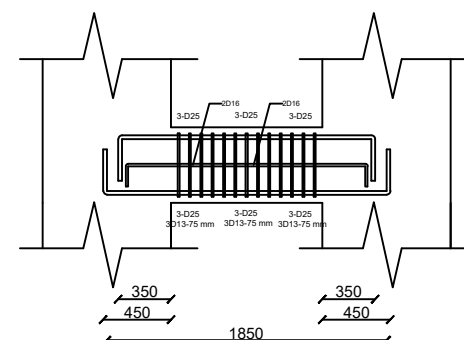
4

1



F

E

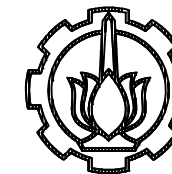


2

1

DETAIL PENULANGAN SLOOF TIPE TB4

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

REKAP PENULANGAN SLOOF

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

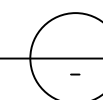
51

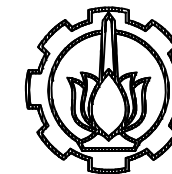
66

KODE	TB 1 (SLOOF 1)		TB 2 (SLOOF 2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
DIMENSI (MM)	500 x 750	500 x 750	500 x 750	500 x 750
TULANGAN ATAS	7 D25	7 D25	4 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	4 D16	4 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	7 D25	7 D25	4 D25	4 D25
SENGKANG	3D13-100 mm	2D13-150 mm	2D13-100 mm	2D13-125 mm
KODE	TB 3 (SLOOF 3)		TB 4 (SLOOF 4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
DIMENSI (MM)	400 x 600	400 x 600	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
TULANGAN SAMPING	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
SENGKANG	2D13-100 mm	2D13-125 mm	2D13-75mm	2D13-75 mm

REKAP PENULANGAN SLOOF

SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

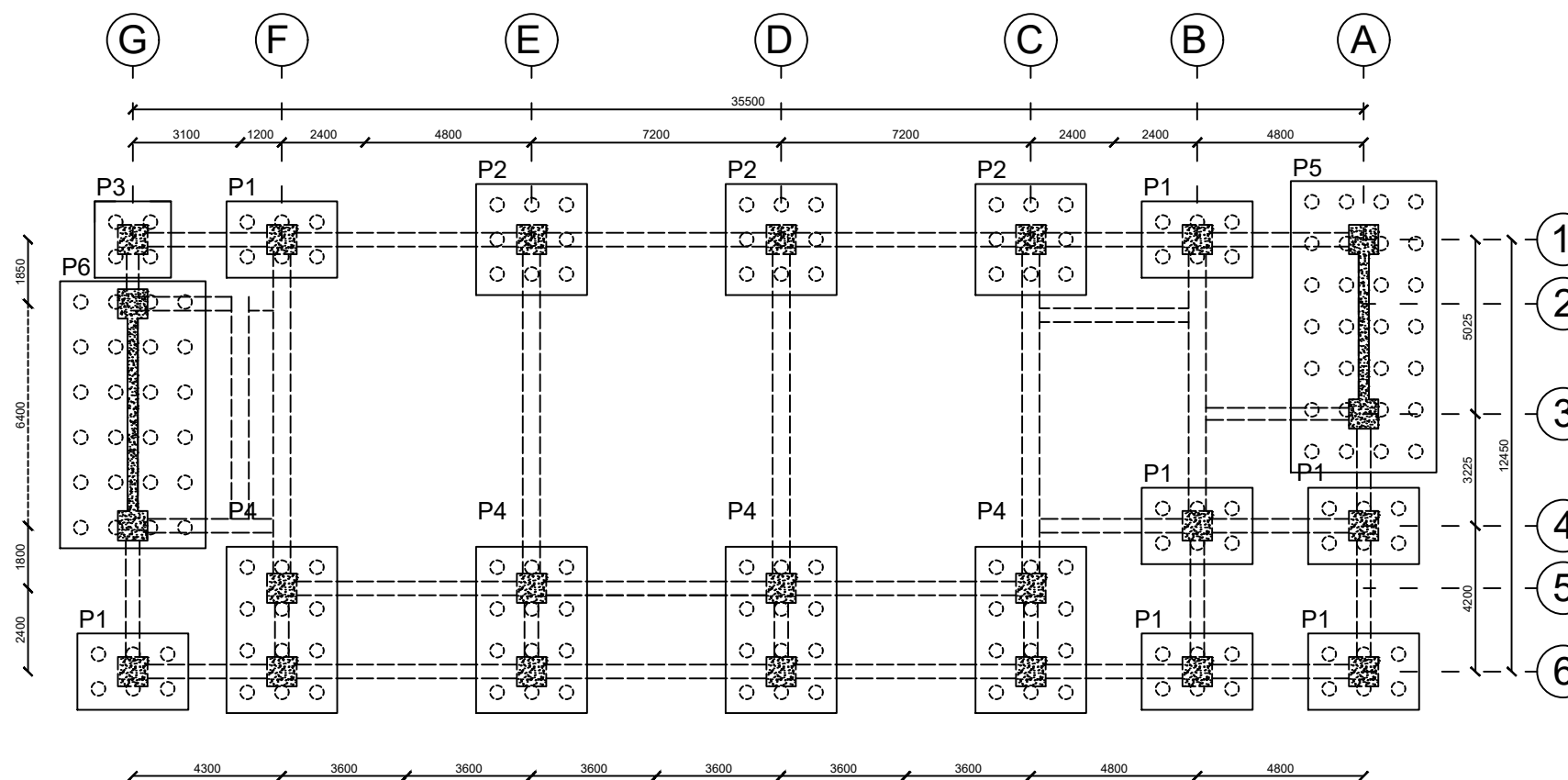
DENAH RENCANA PONDASI

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:200

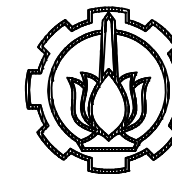
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

52 66



DENAH RENCANA PONDASI
 SKALA 1 : 200

TIPE	DIMENSI
P1	3200x2200x750
P2	3200x3200x750
P3	2200x2200x600
P4	4200x8400x1500
P5	4200x7700x1500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

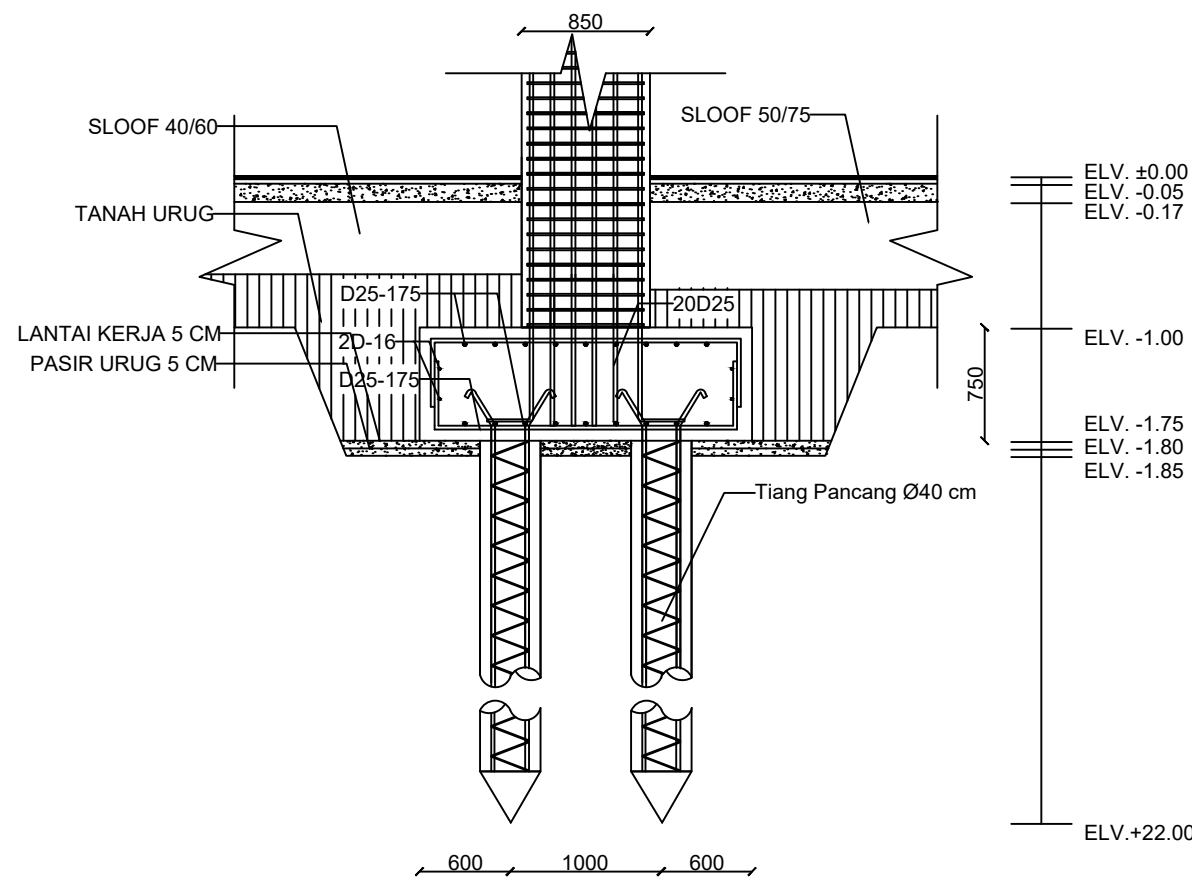
DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE P1

KODE GAMBAR SKALA

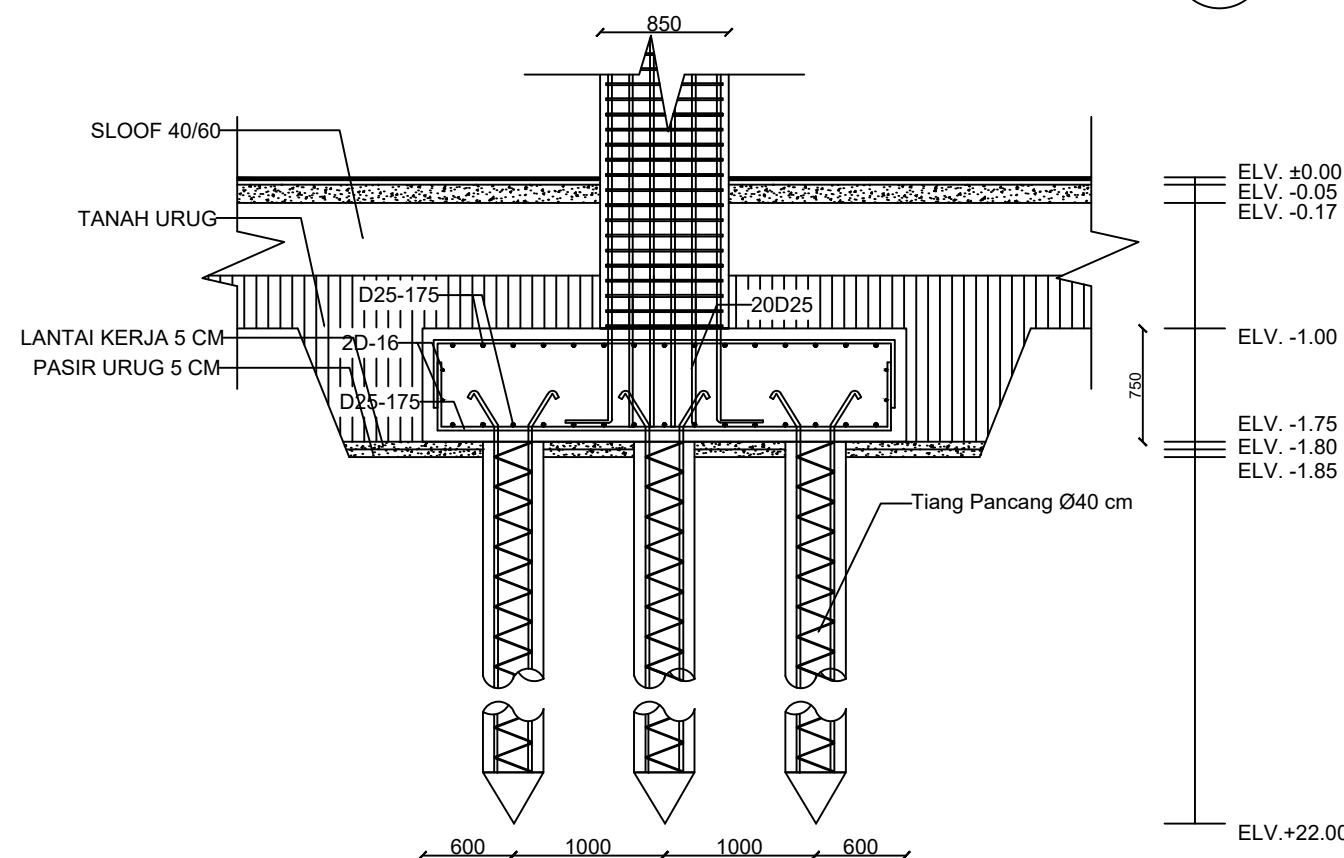
STR 1:50

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

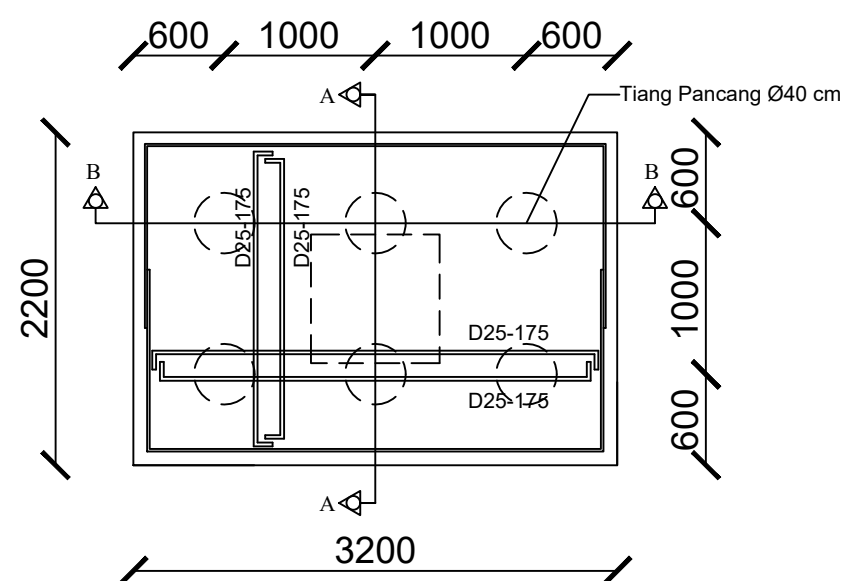
53 66



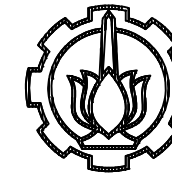
POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 50



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 1
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE P2 & TIPE P3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

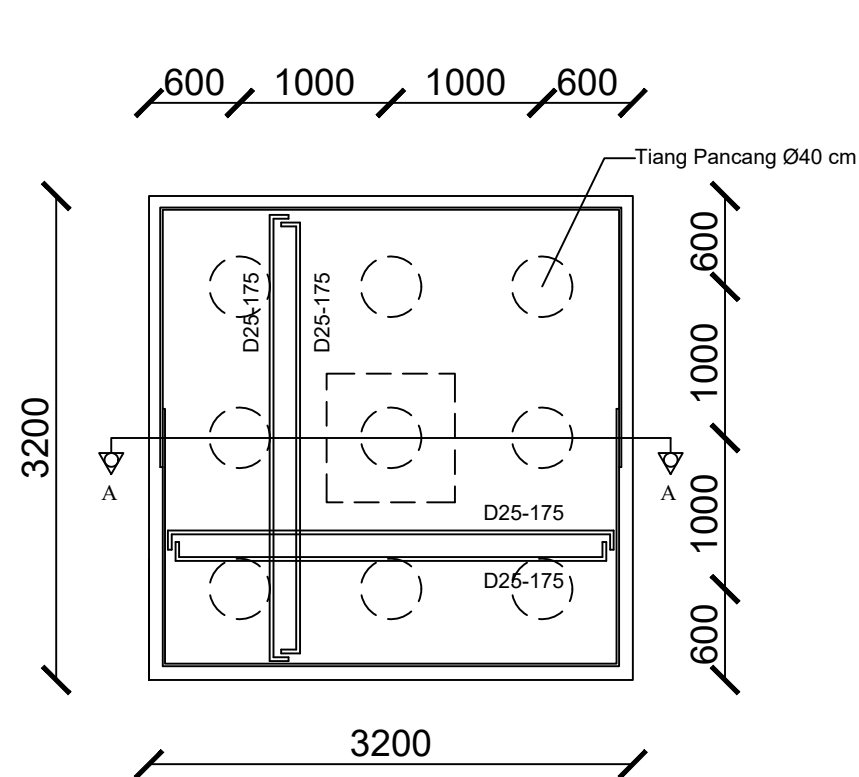
1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

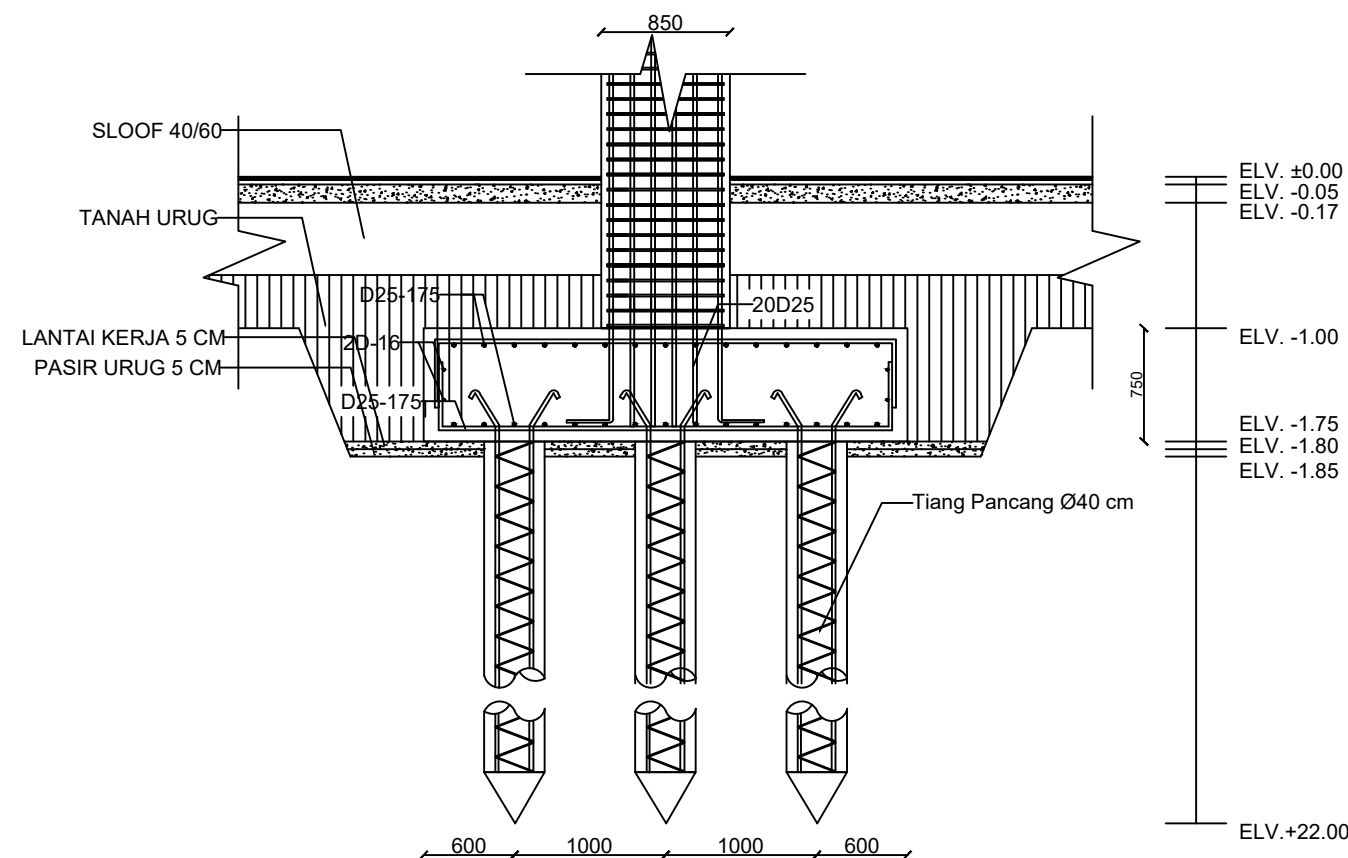
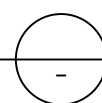
54

66



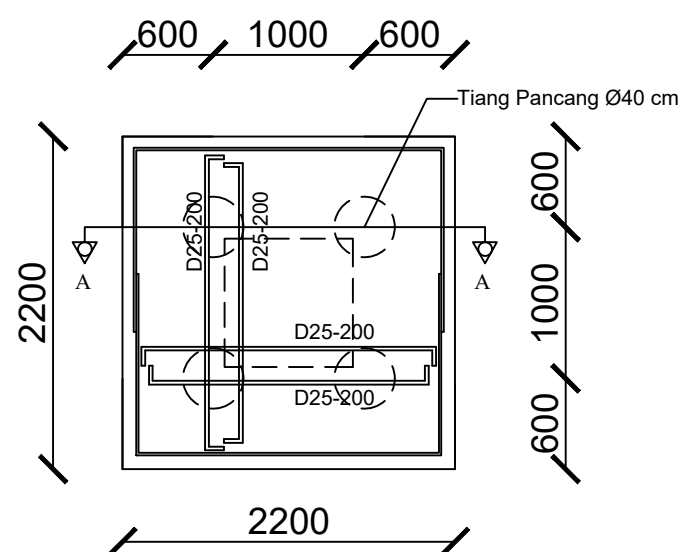
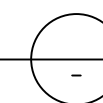
DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 2

SKALA 1 : 50



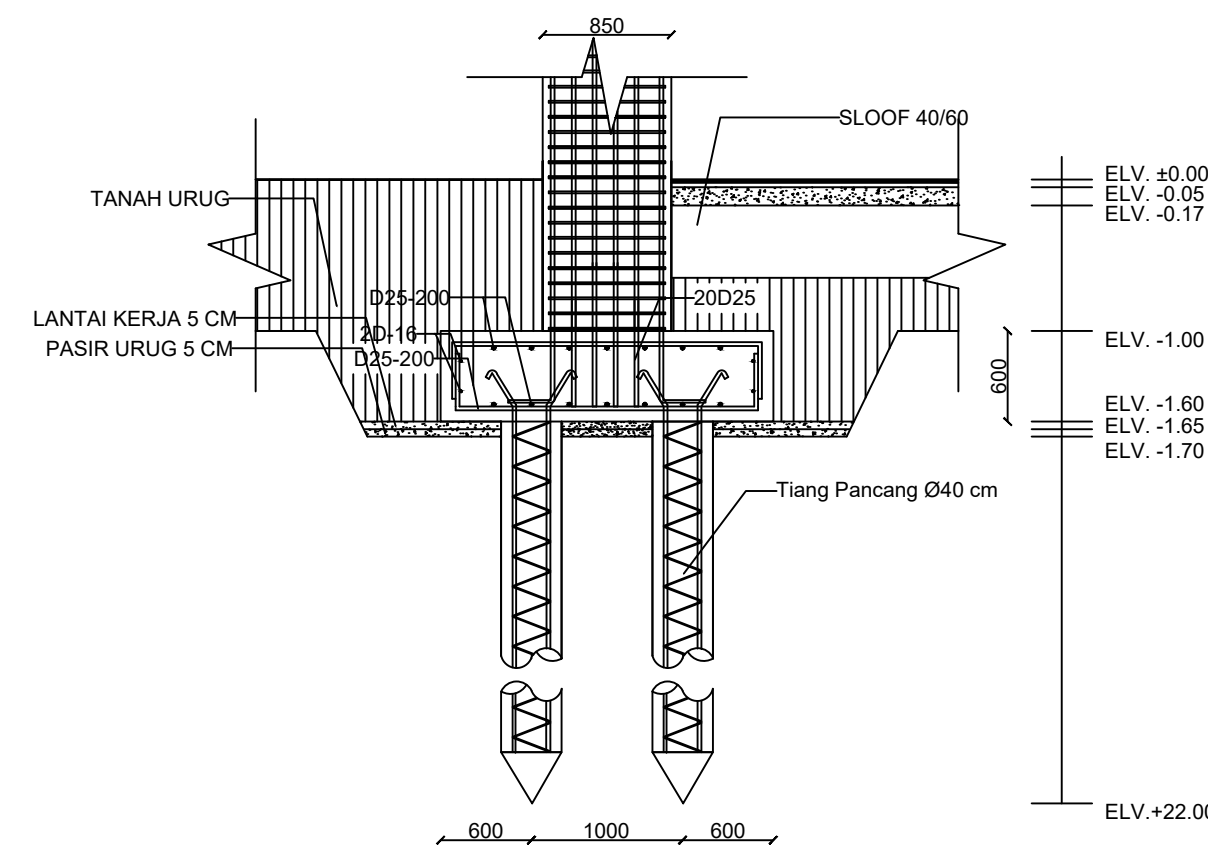
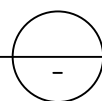
POTONGAN A-A

SKALA 1 : 50



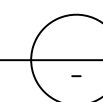
DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 3

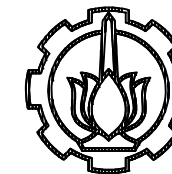
SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

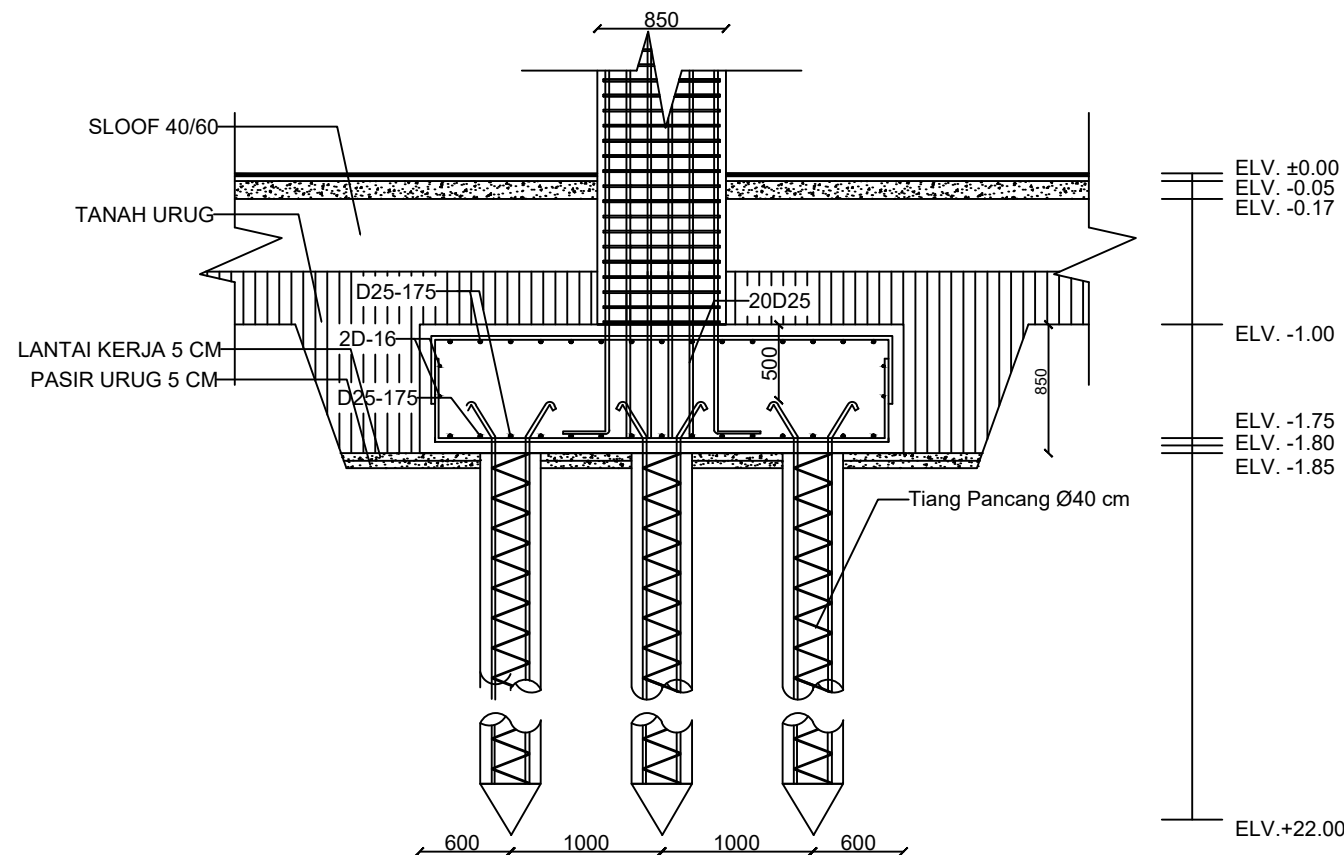
DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE P4

KODE GAMBAR SKALA

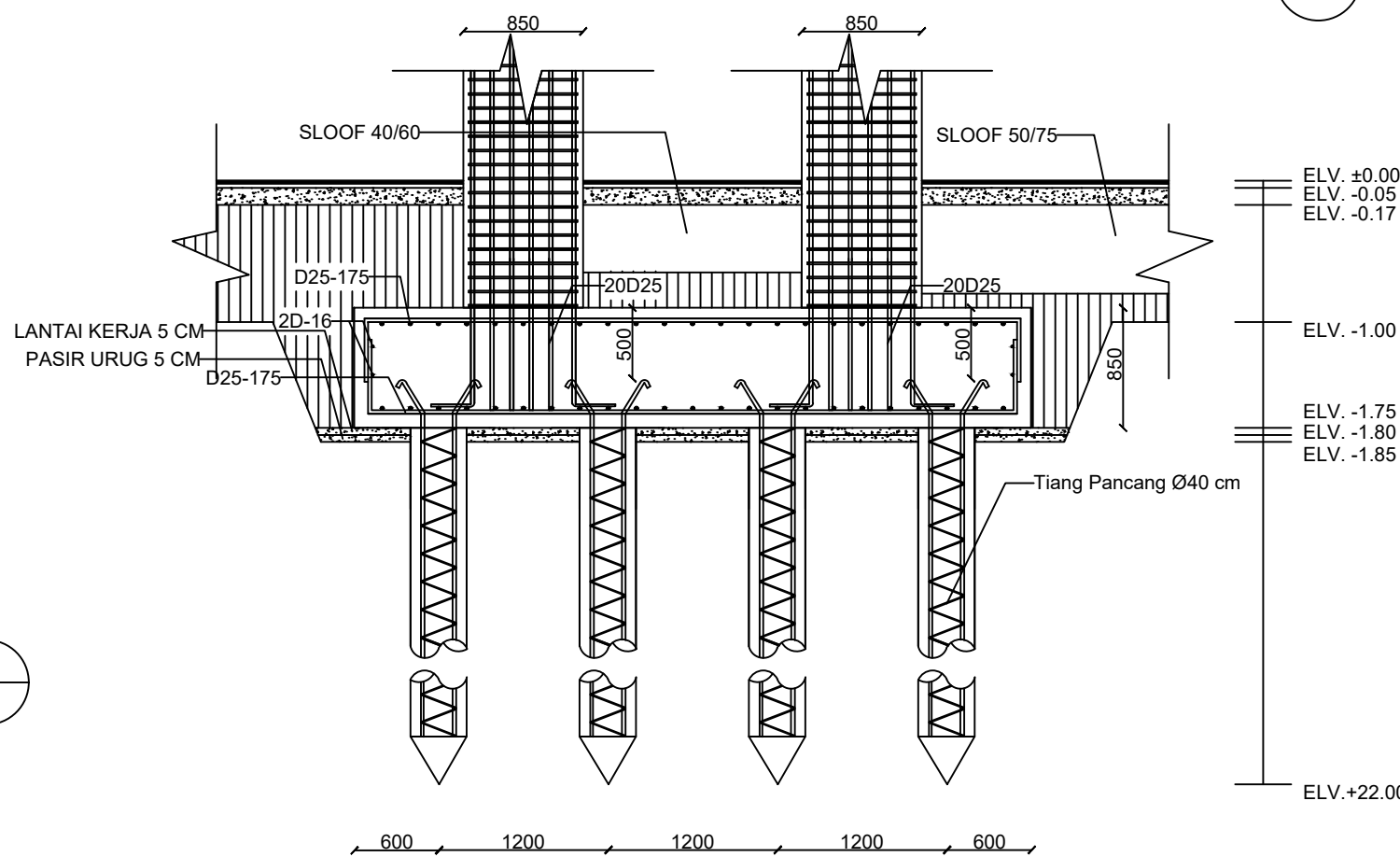
STR 1:50

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

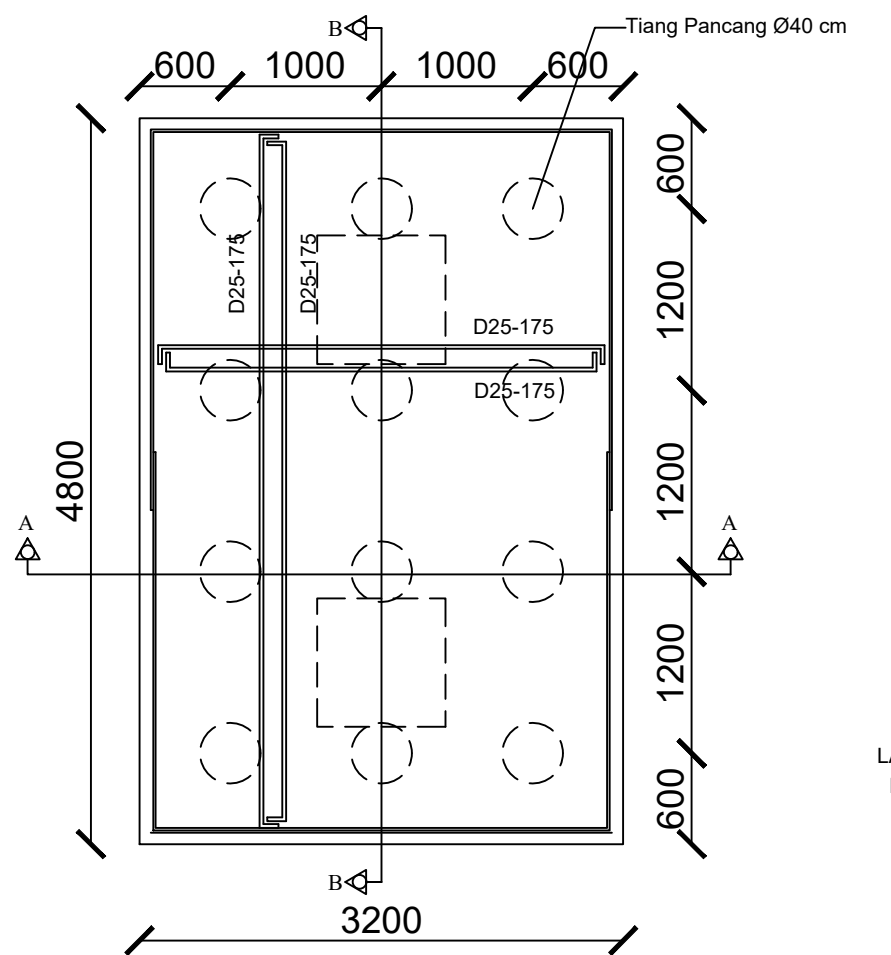
55 66



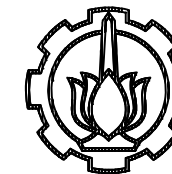
POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 50



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 4
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

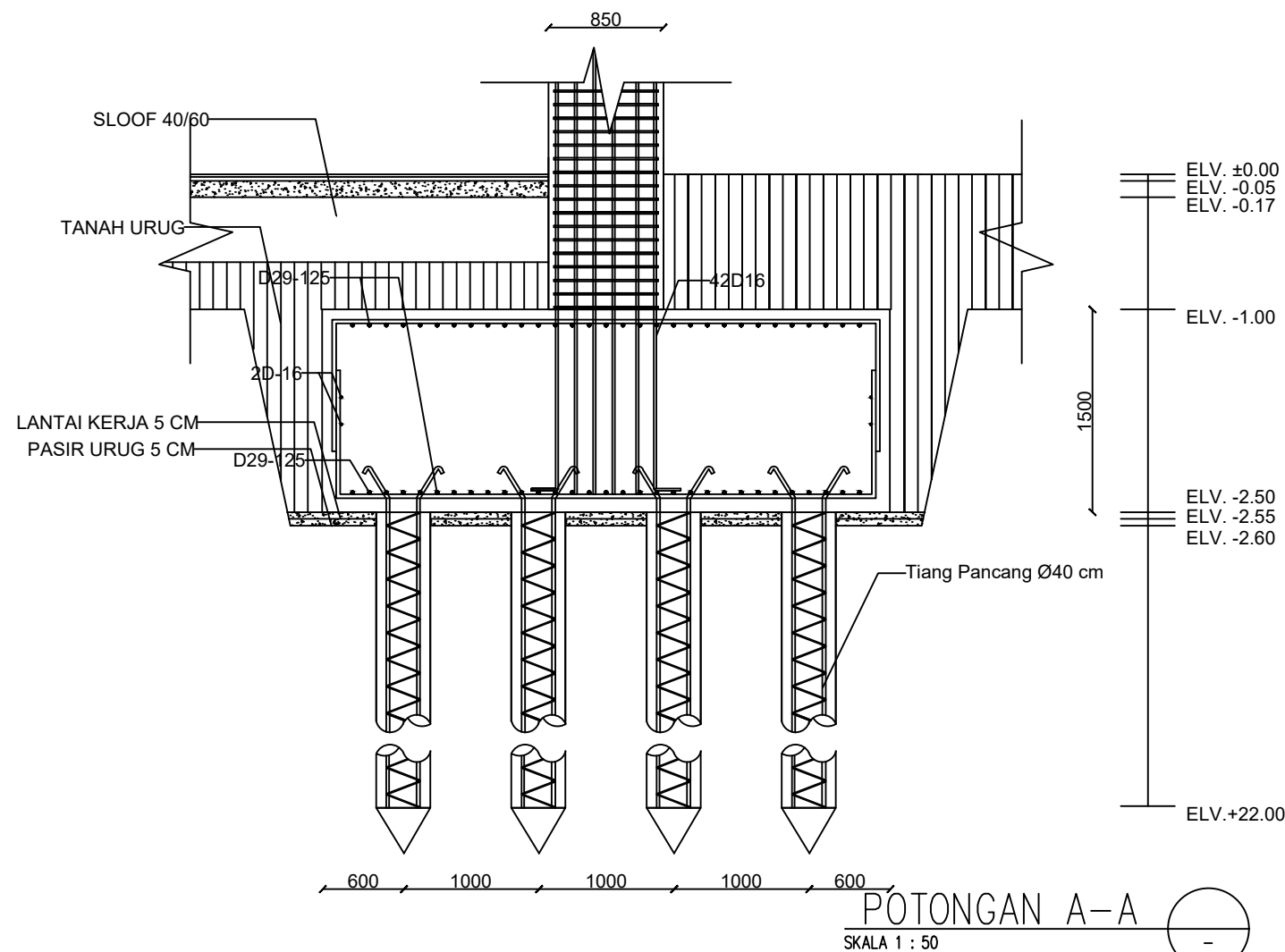
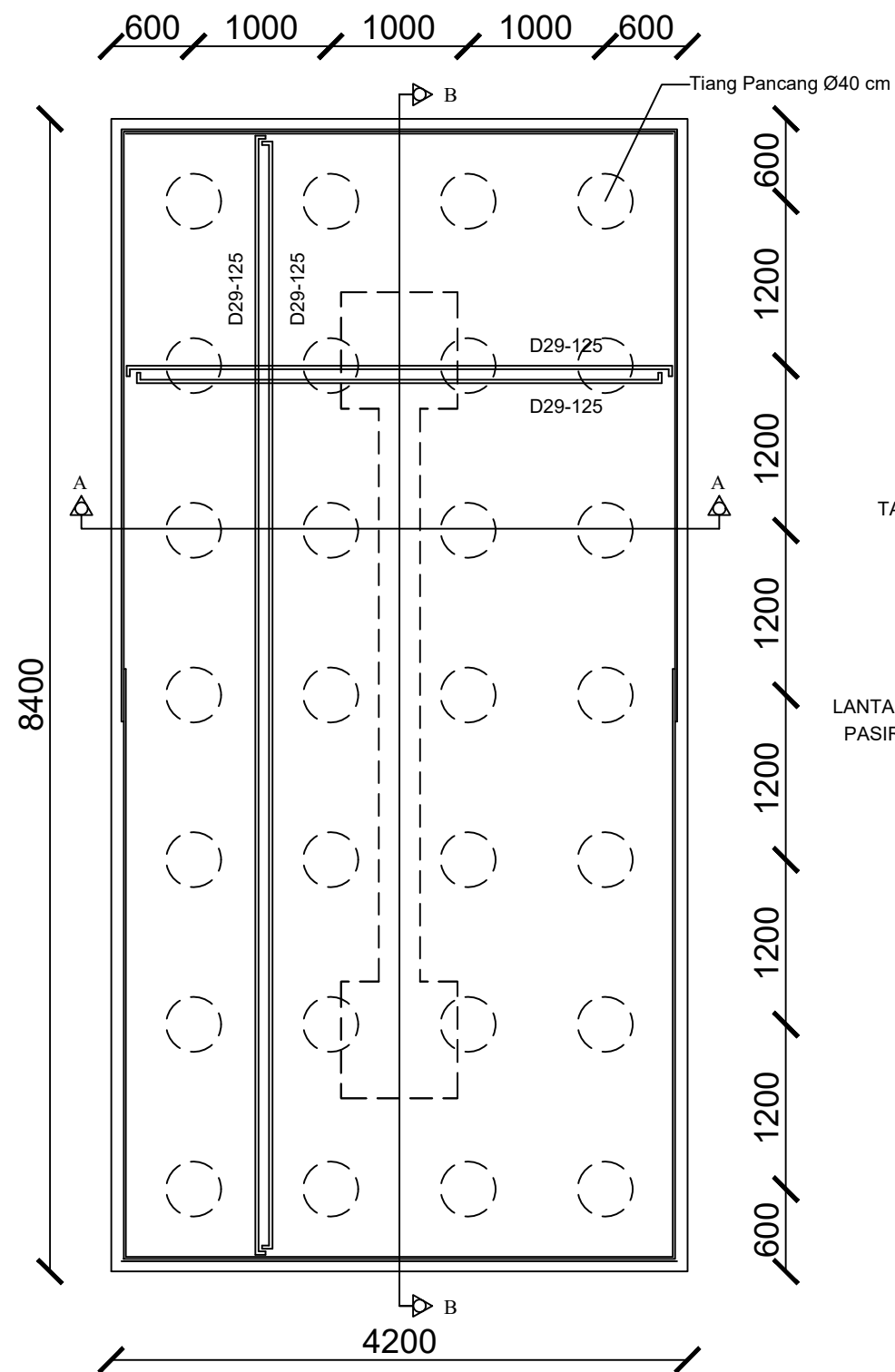
DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE P5

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

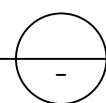
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

56 66



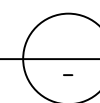
DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 5

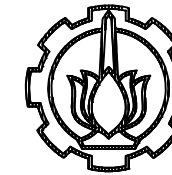
SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

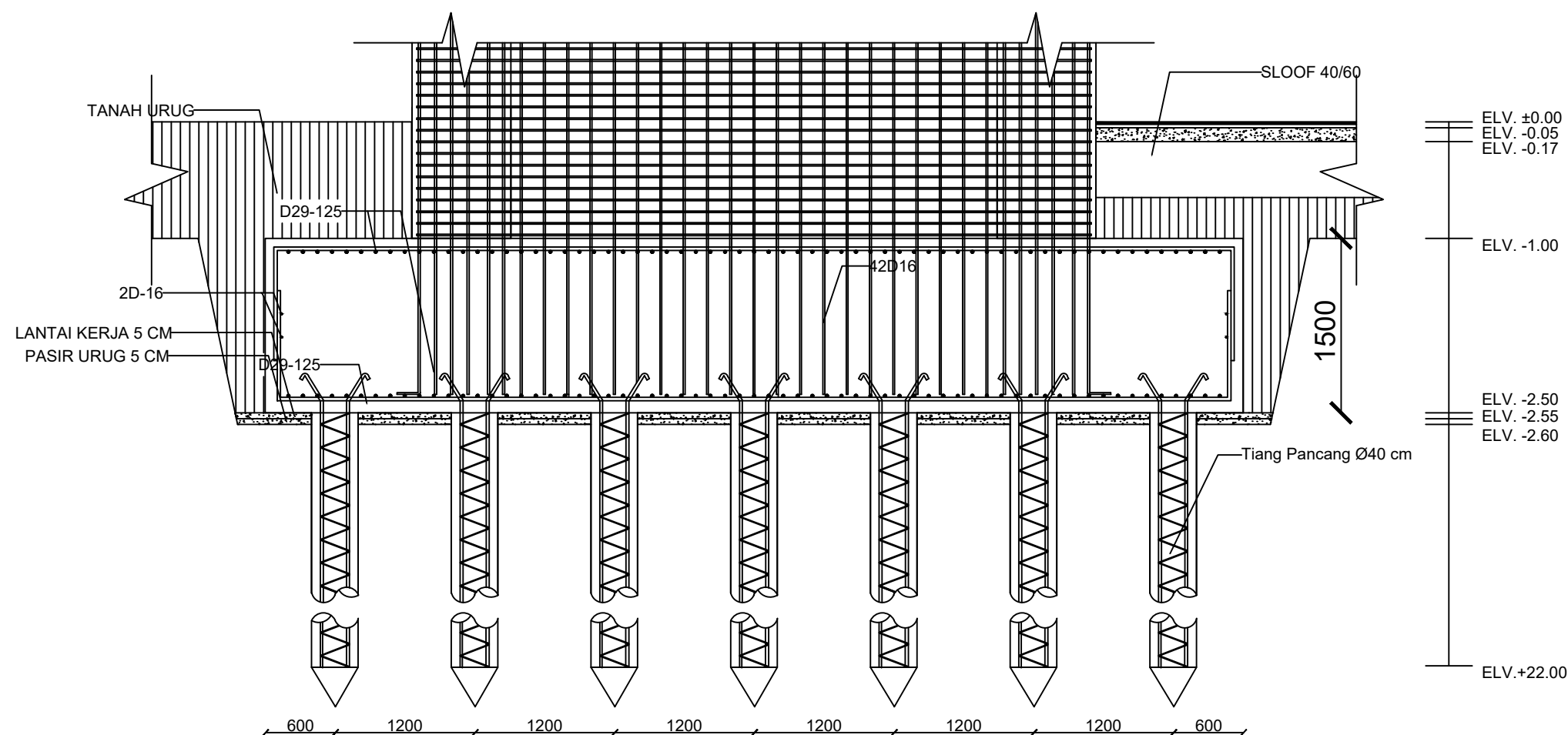
DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE P5

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

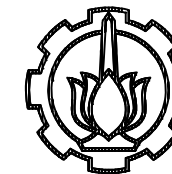
STR	1:50
-----	------

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

57	66
----	----



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

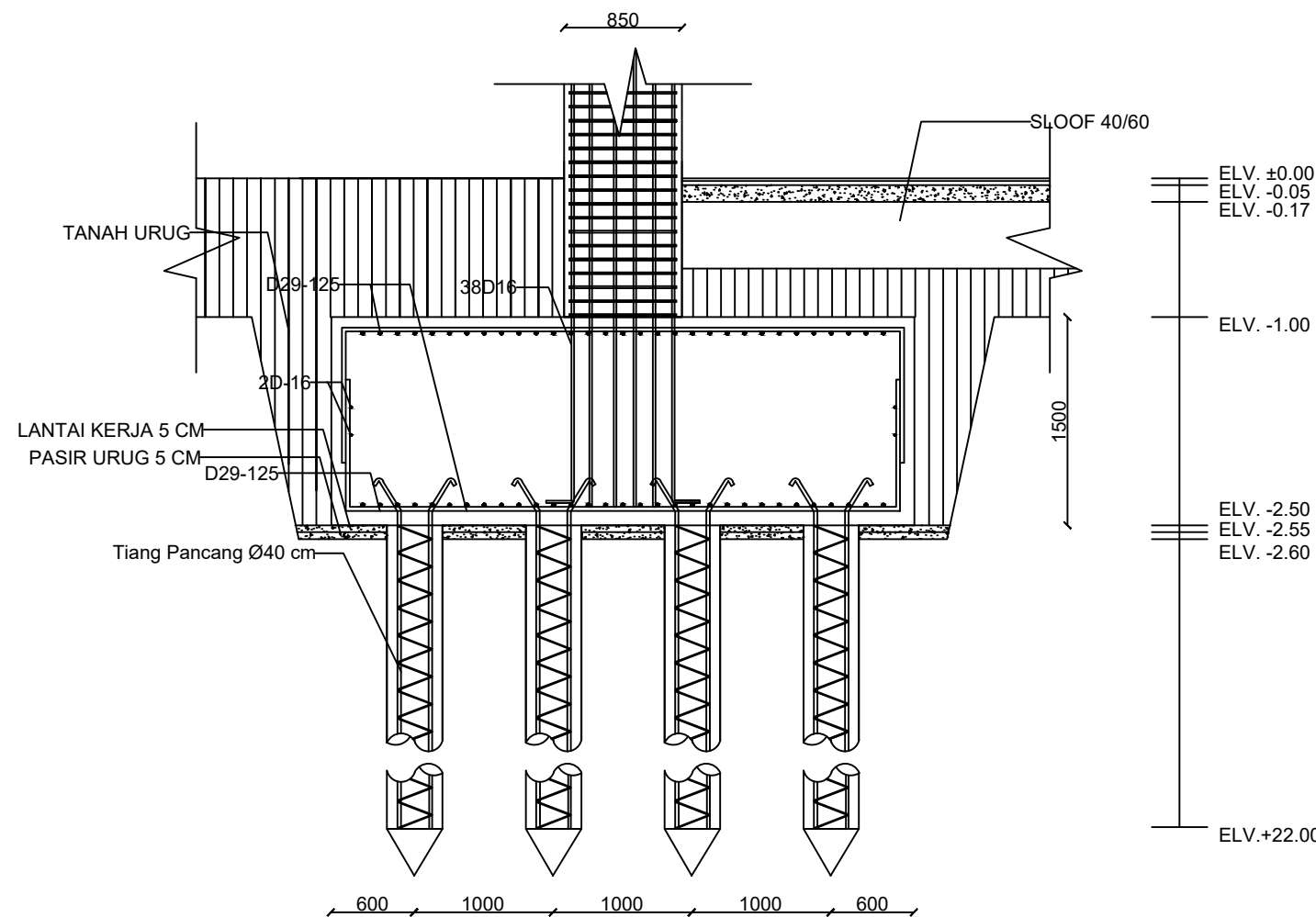
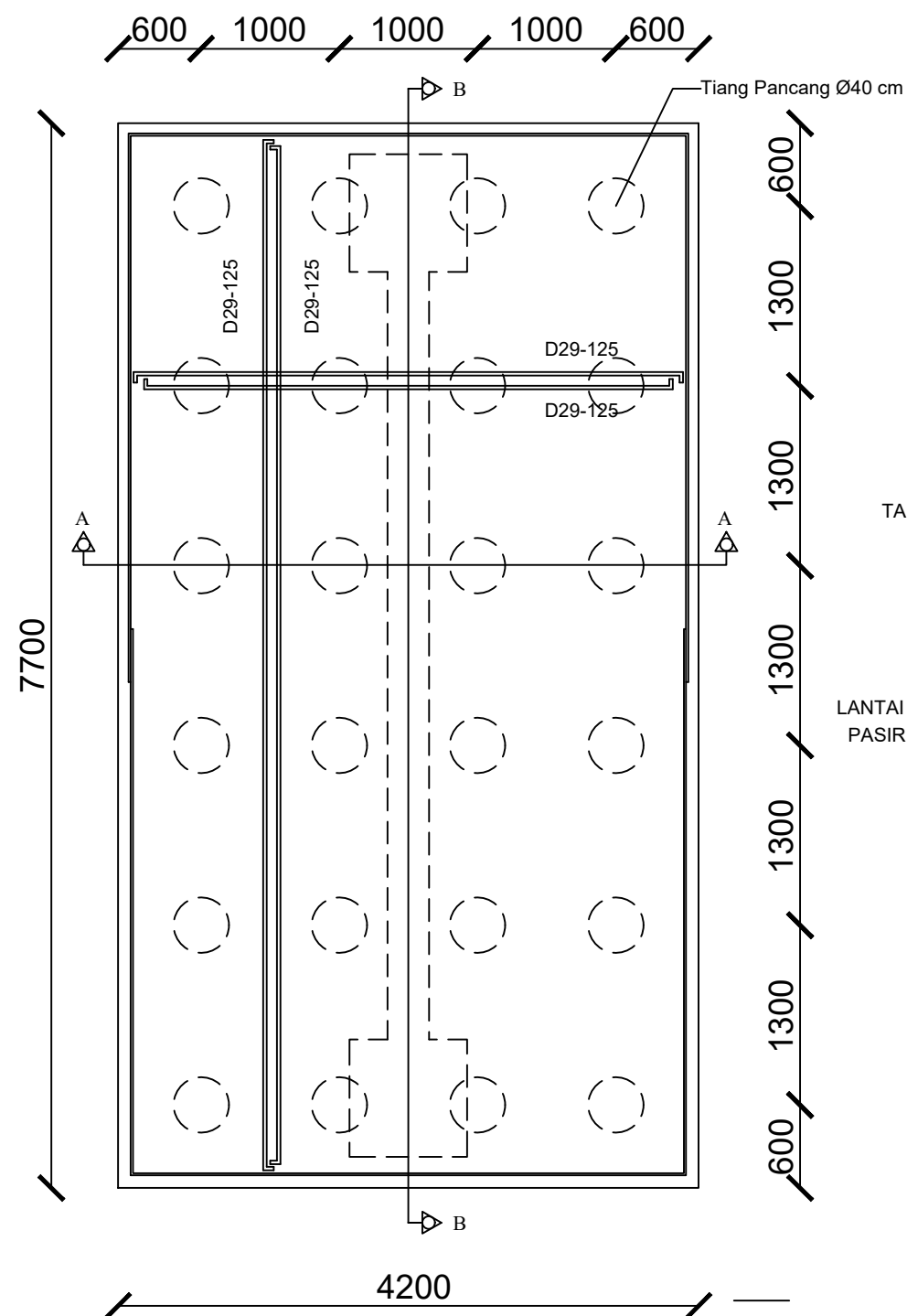
DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE P6

KODE GAMBAR SKALA

STR 1:50

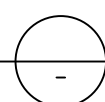
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

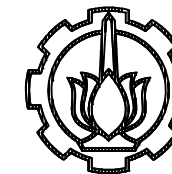
58 66



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 50

DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 6
 SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

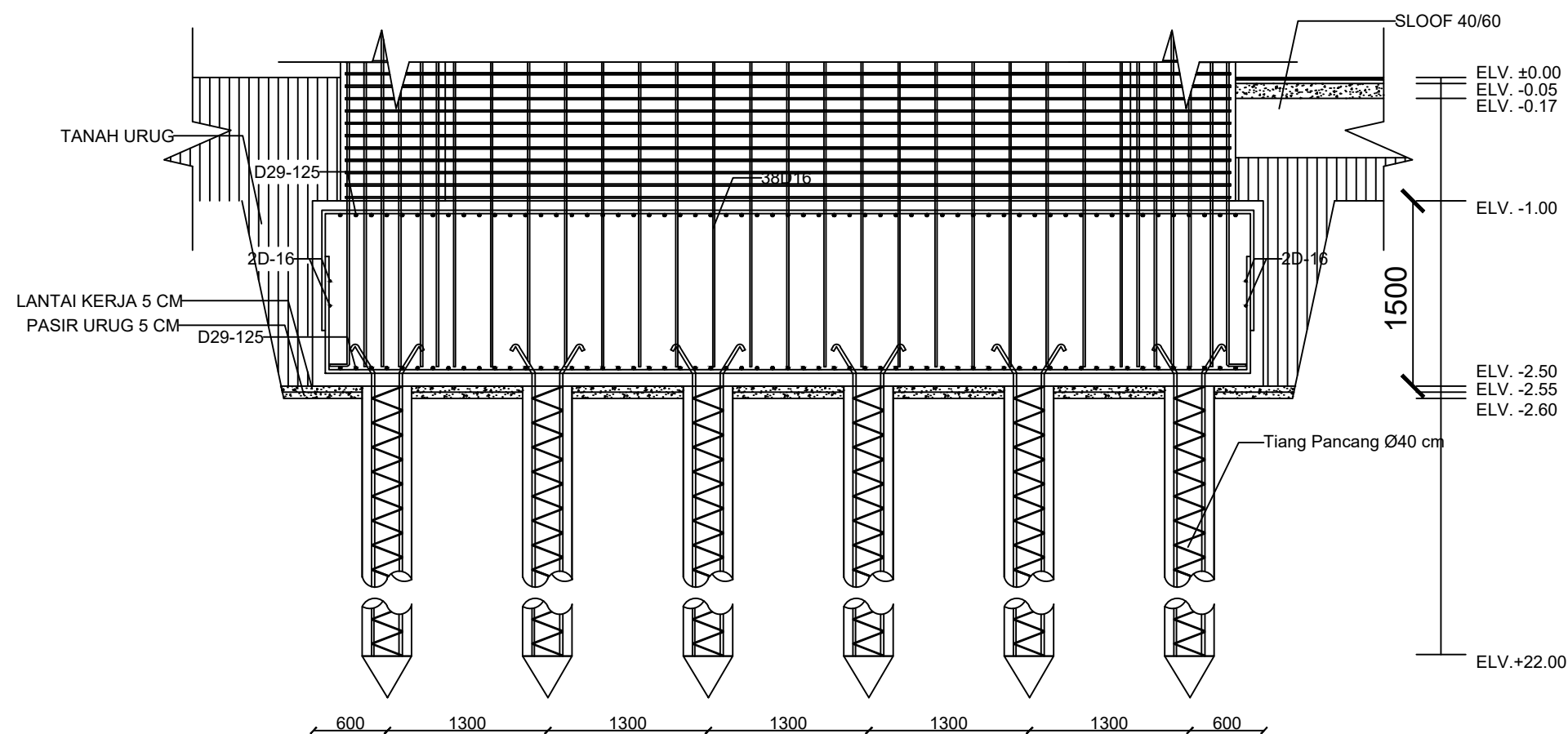
DETAIL PENULANGAN PONDASI
 TIPE 6

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

STR	1:50
-----	------

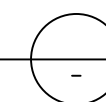
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

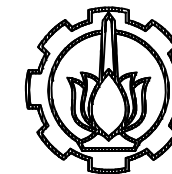
59	66
----	----



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

PORTAL MEMANJANG
 AS 6-6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

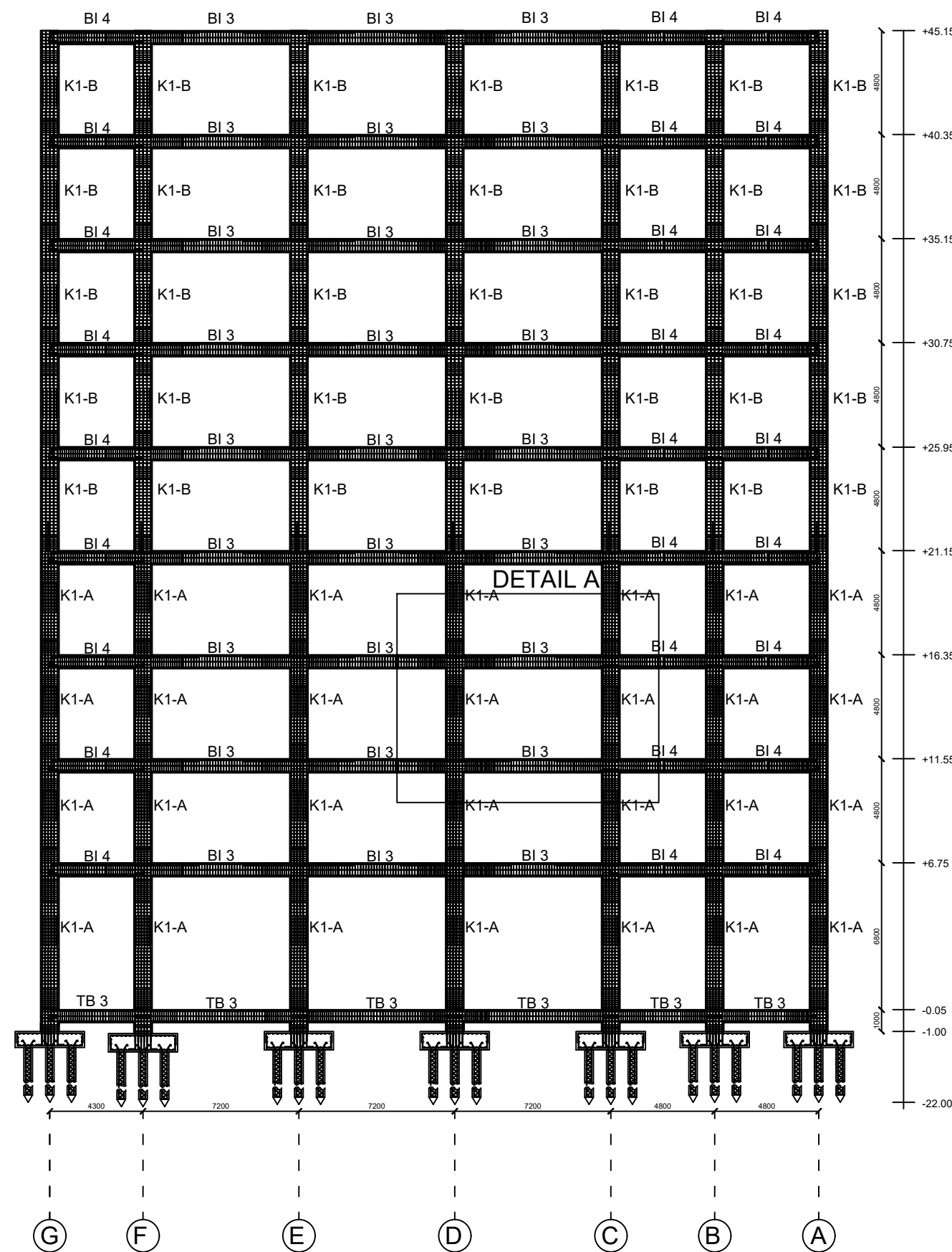
1:250

NO.LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

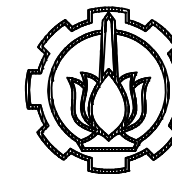
60

66



PORTAL MEMANJANG AS 6-6
 SKALA 1 : 250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

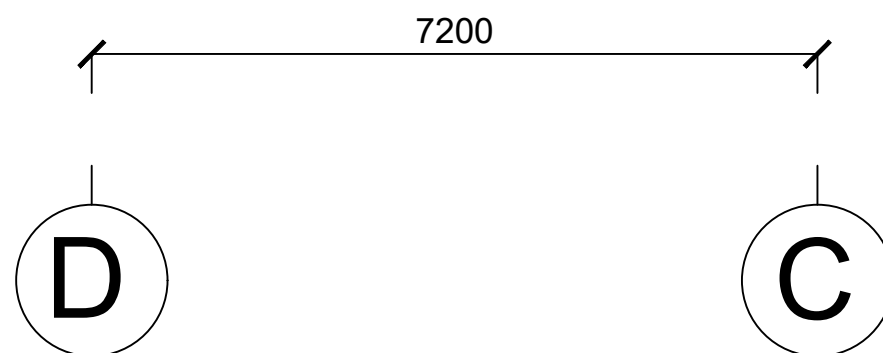
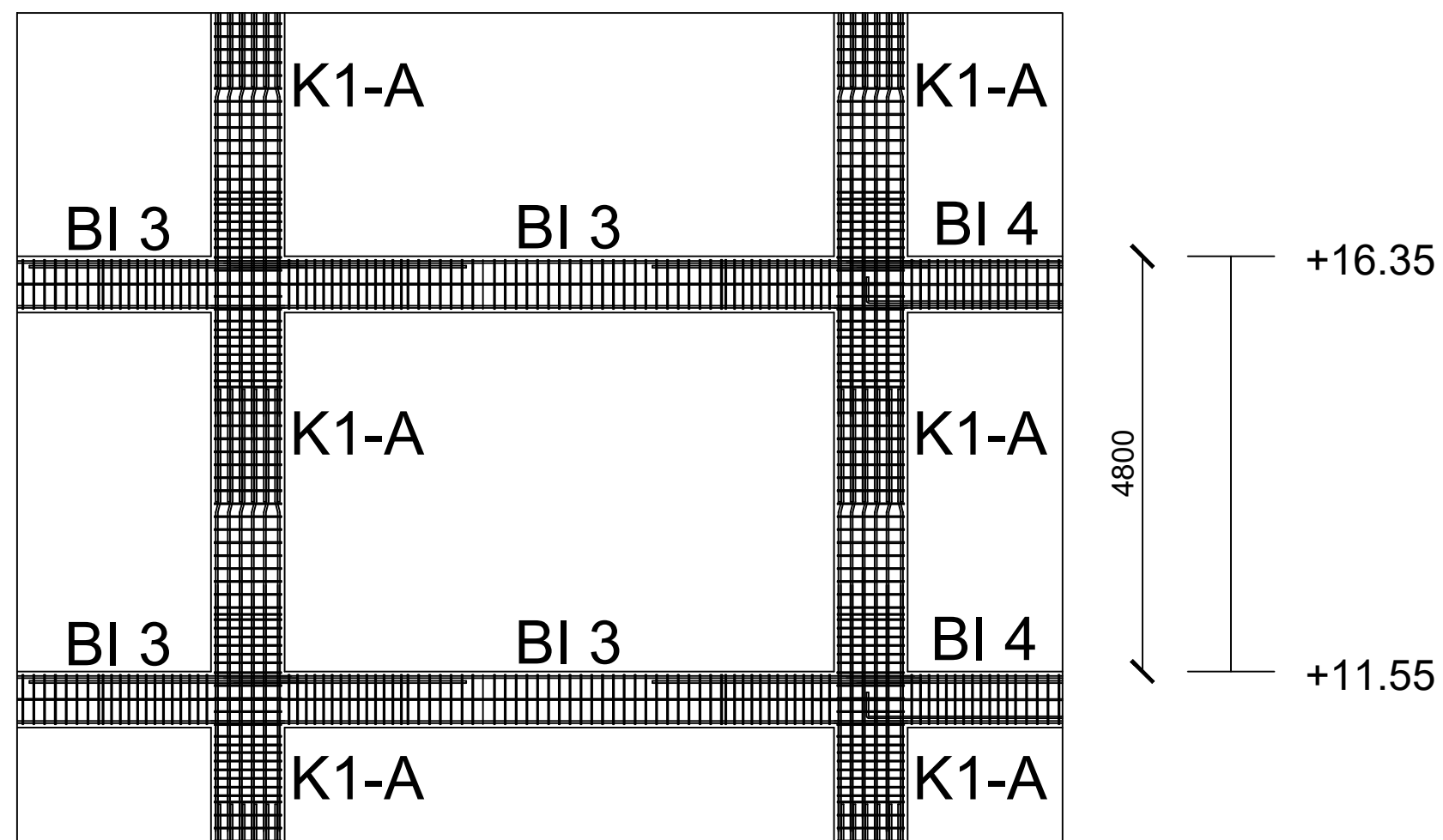
DETAIL A PORTAL
MEMANJANG AS 6-6

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

STR	1:75
-----	------

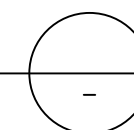
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

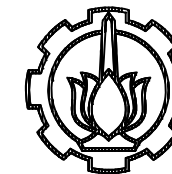
61	66
----	----



DETAIL A PORTAL MEMANJANG AS 6-6

SKALA 1 : 75





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

PORTAL MELINTANG AS G-G &
 PORTAL MELINTANG AS A-A

KODE GAMBAR

SKALA

STR

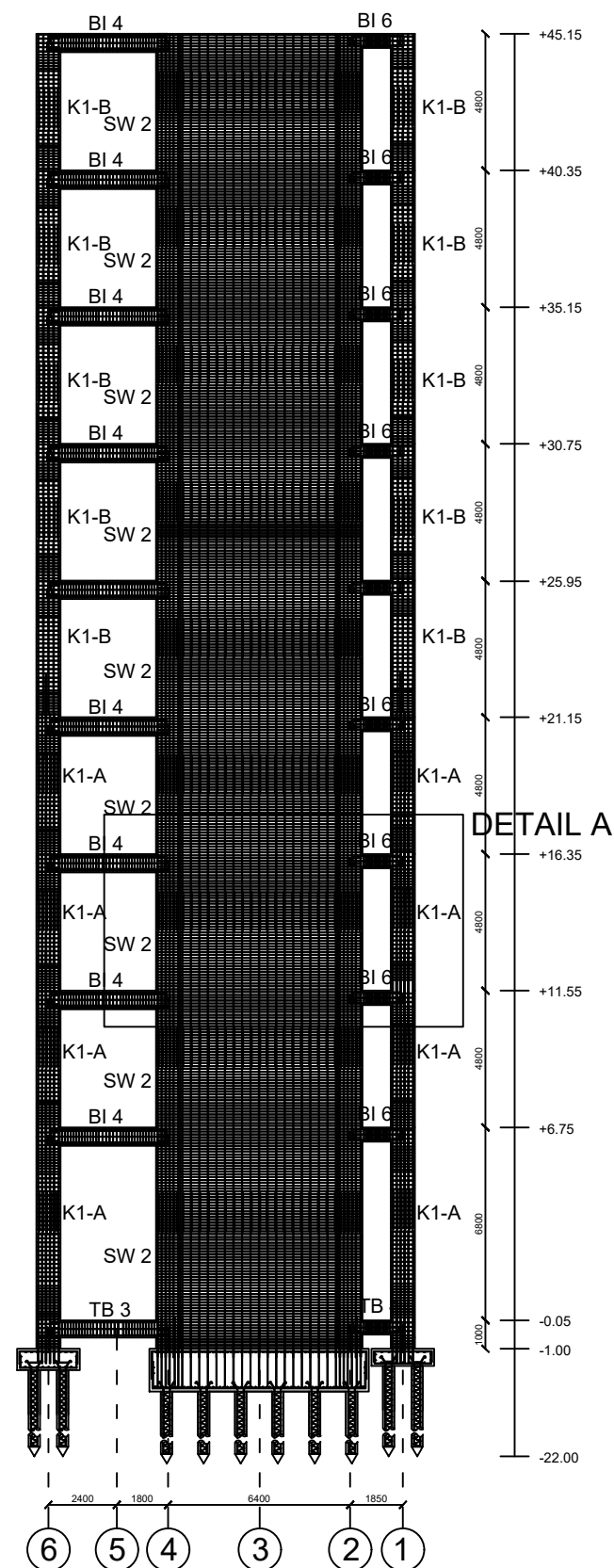
1:250

NO.LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

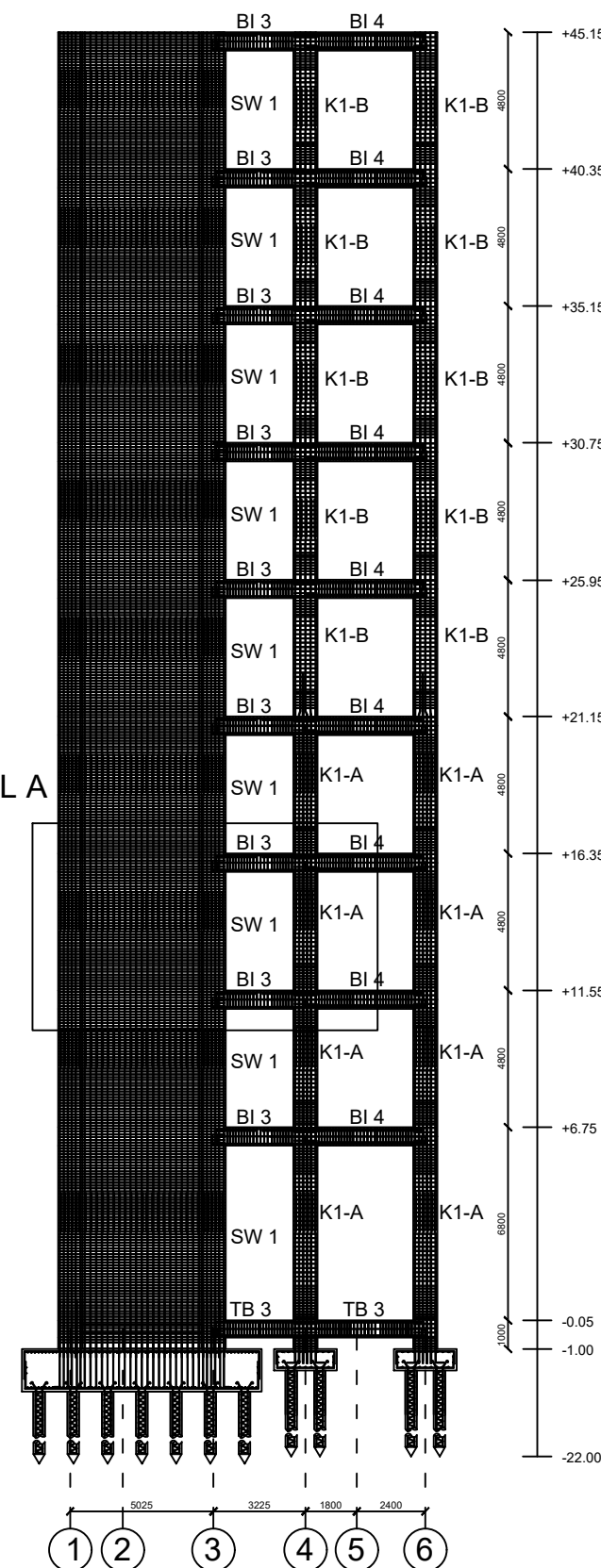
62

66

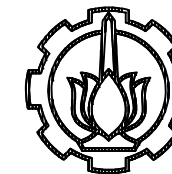


PORTAL MELINTANG AS G-G
 SKALA 1 : 250

DETAIL A



PORTAL MELINTANG AS A-A
 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

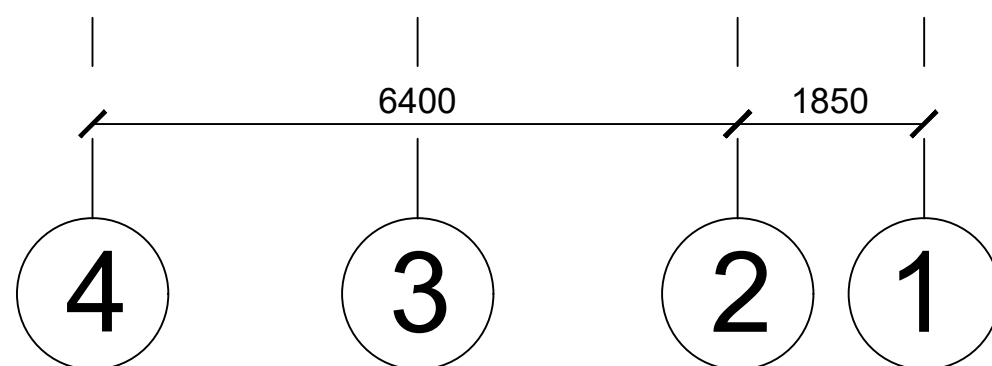
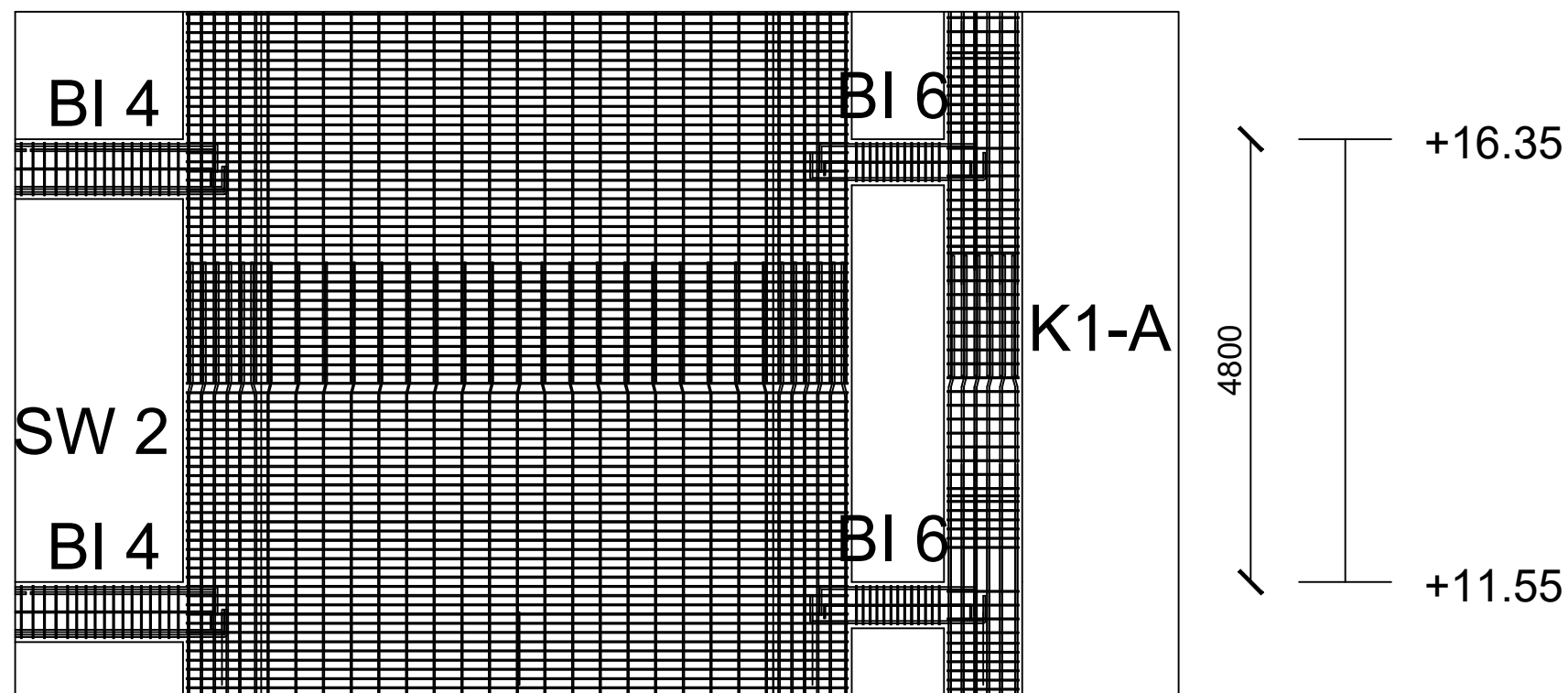
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

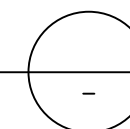
DETAIL PORTAL MELINTANG
 AS G-G

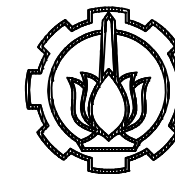
KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:75
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
63	66



DETAIL A PORTAL MELINTANG AS G-G

SKALA 1 : 75





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
SURABAYA
MENGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
NRP . 1011141000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
= 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL MELINTANG
AS A-A

KODE GAMBAR

SKALA

STR

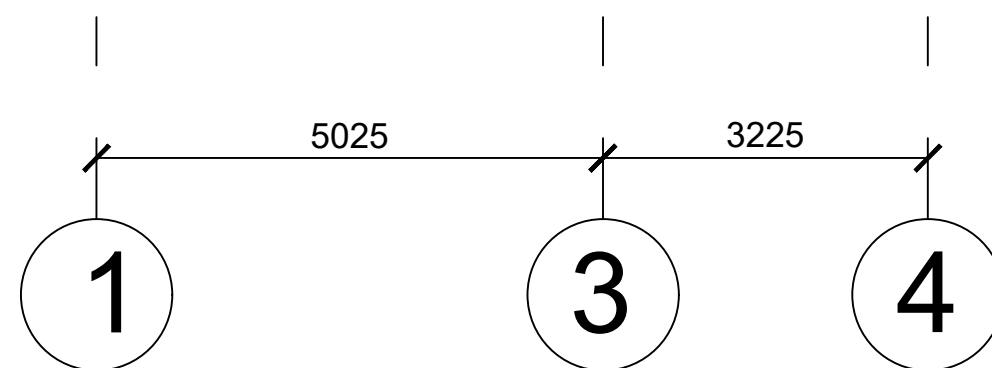
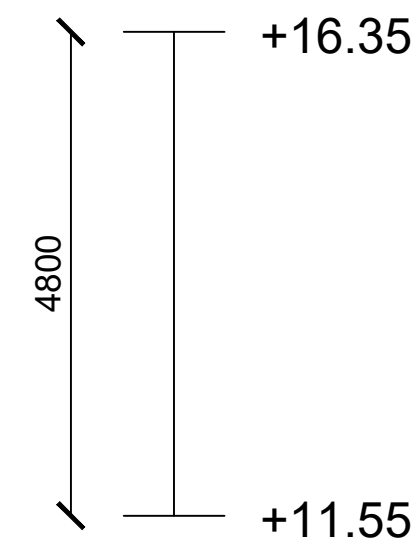
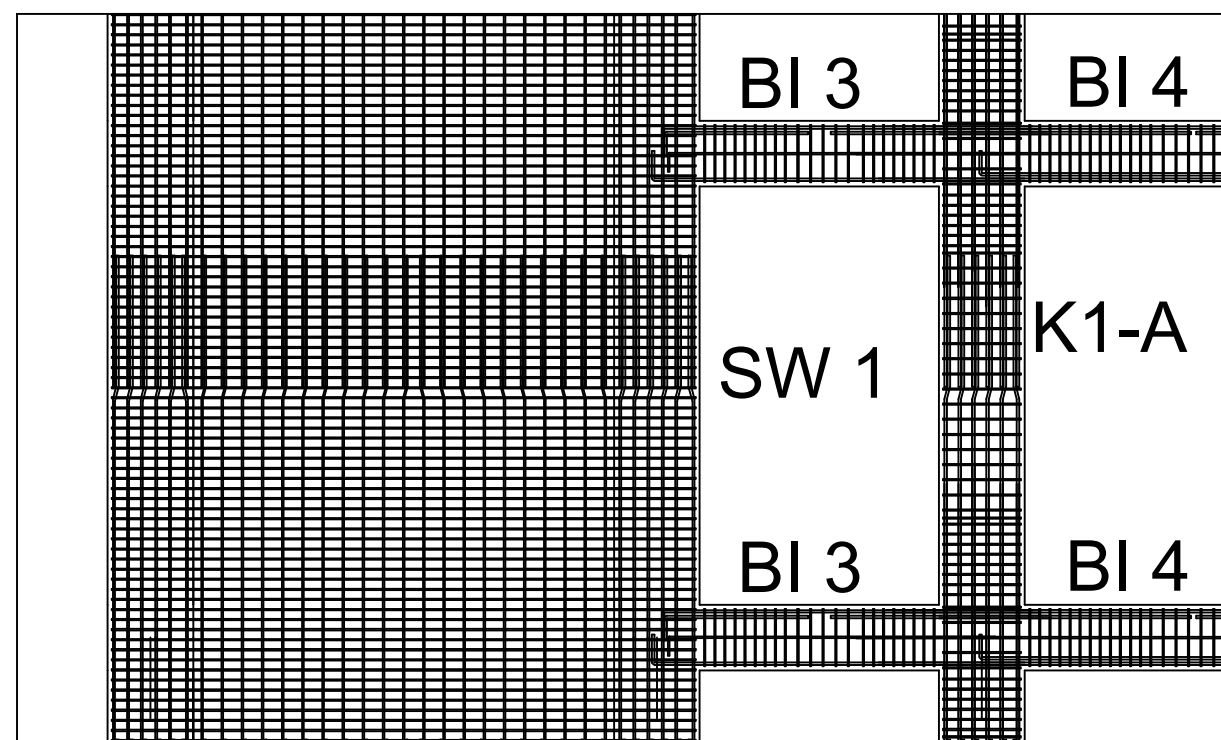
1:75

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

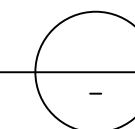
64

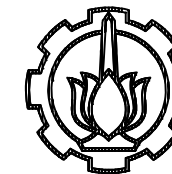
66



DETAIL A PORTAL MELINTANG AS A-A

SKALA 1 : 75





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN
 PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

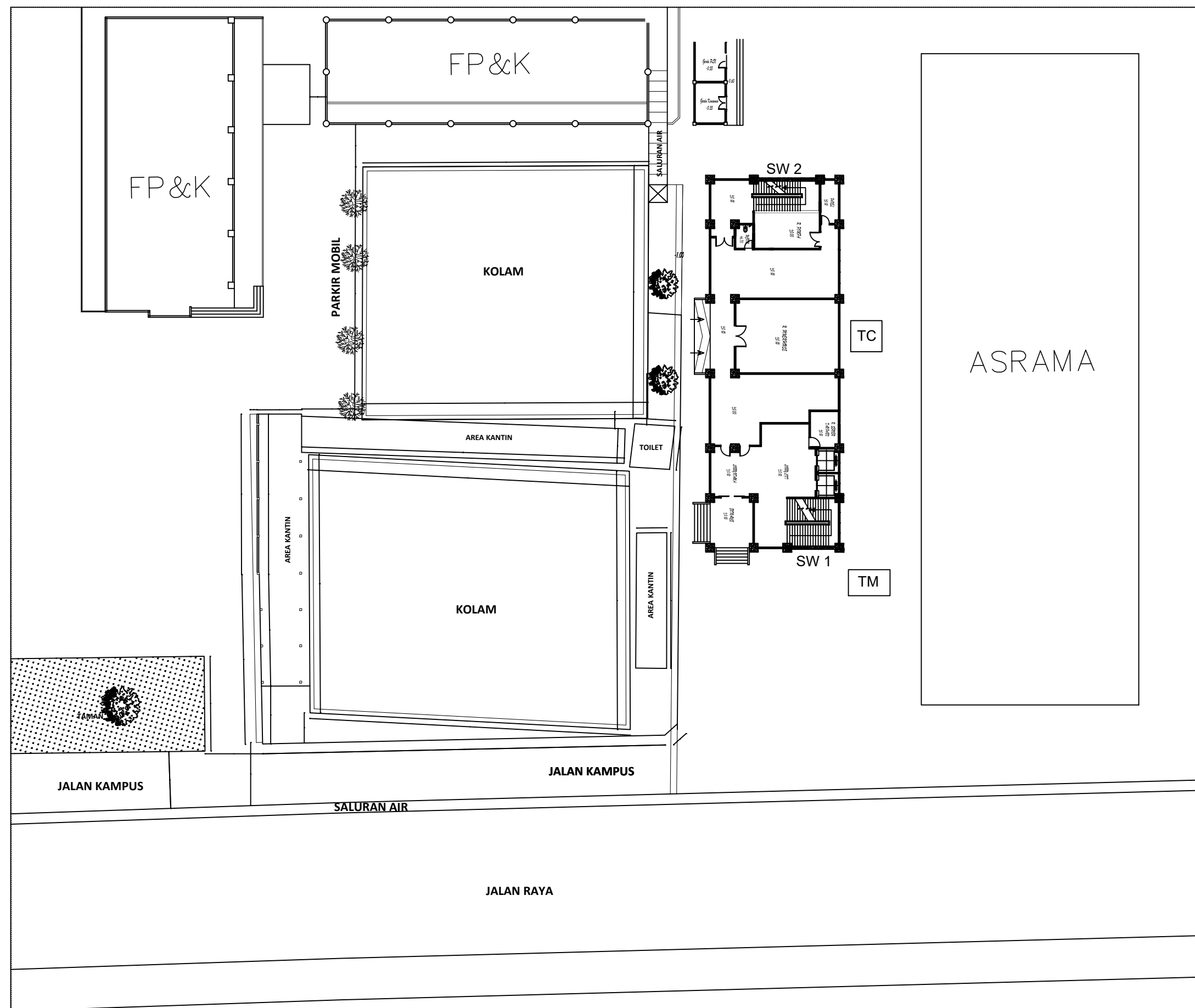
BLOK PLAN RENCANA
 PENEMPATAN ALAT BERAT

KODE GAMBAR SKALA

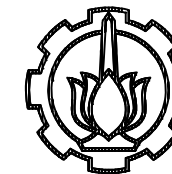
STR 1:400

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

65 66



BLOK PLAN RENCANA
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN 8 LANTAI DI
 SURABAYA
 MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

R. Buyung Anugraha Affandhie, ST. MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani, ST. MT.
 NIP. 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Ivanda Aryanti Wibawa
 NRP . 10111410000050

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 390 Mpa (> Ø 12 mm)
 = 240 Mpa (< Ø 12 mm)

NAMA GAMBAR

METODE PELAKSANAAN
 SHEARWALL

KODE GAMBAR

SKALA

STR

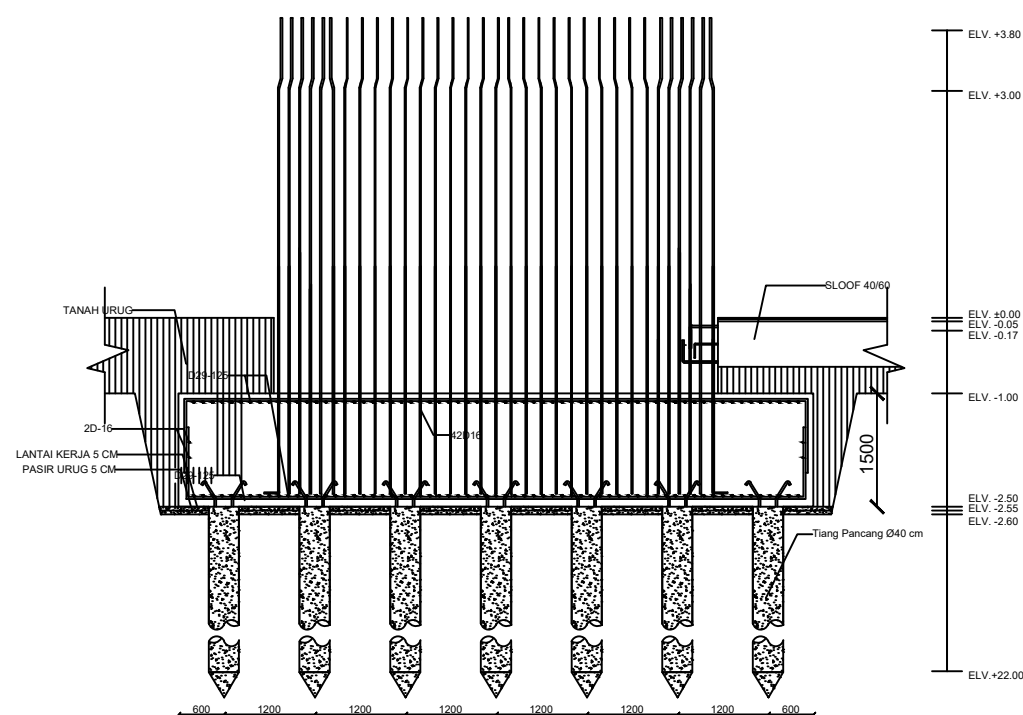
1:100

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

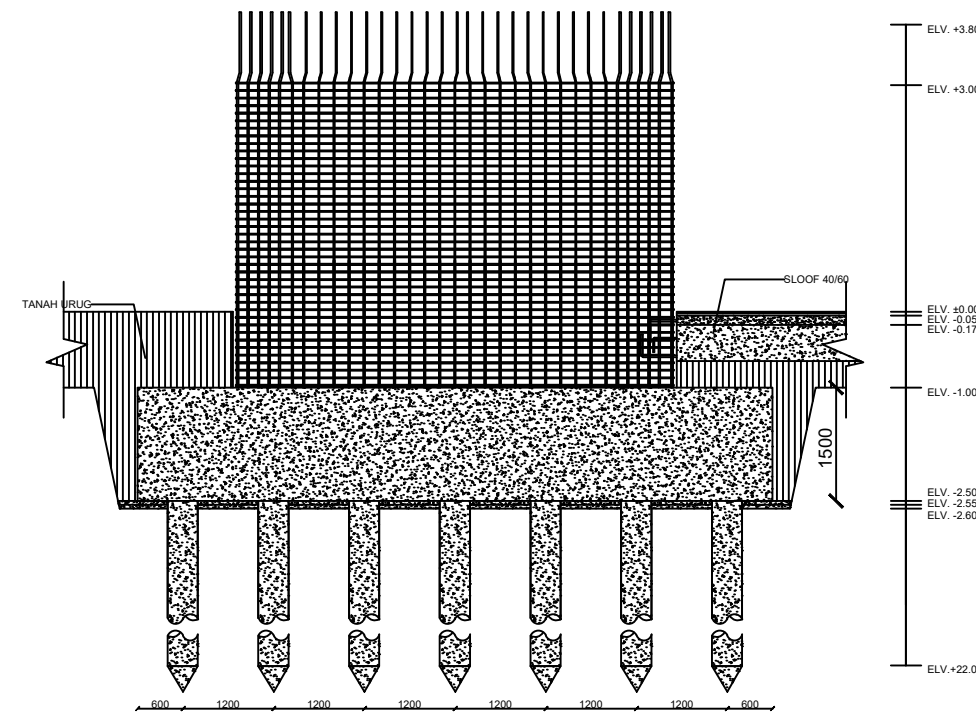
66

66



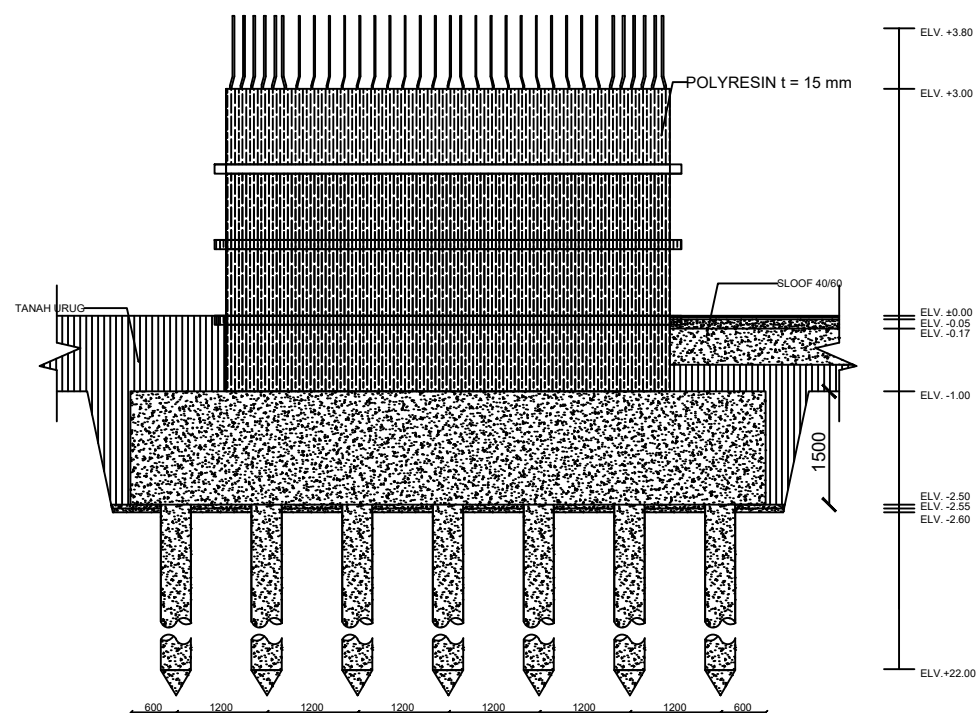
Pemasangan dan Penyaluran Tulangan Shearwall pada Pilecap

1



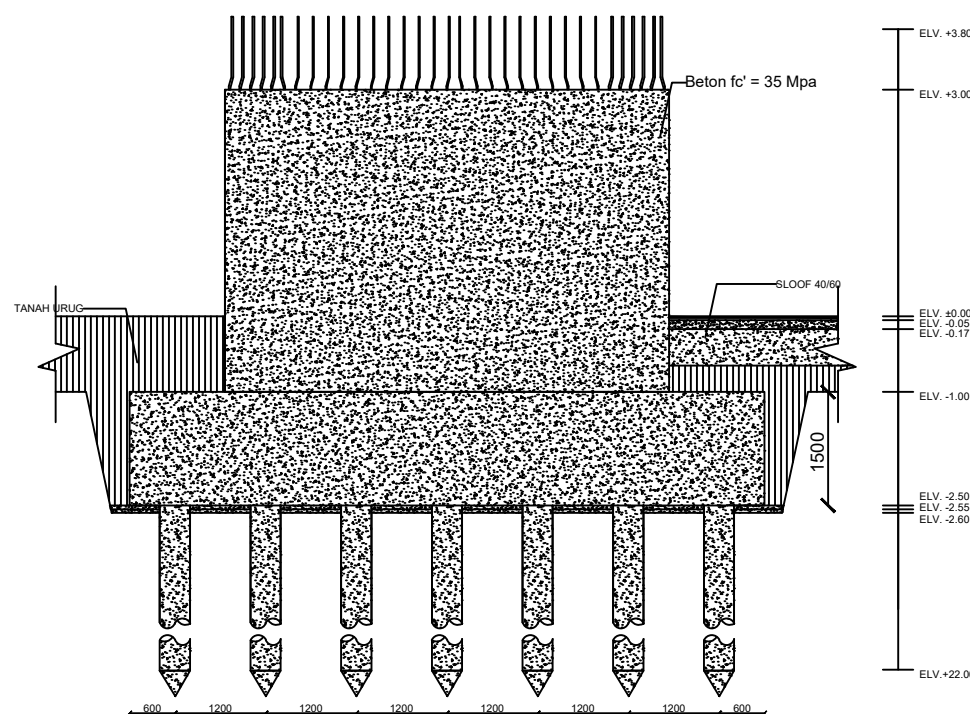
Pemasangan Tulangan Confinement

2



Pemasangan Bekisting

3



Pengecoran dan Pelepasan Bekisting

4

METODE PELAKSANAAN SHEARWALL
 SKALA 1 : 100



BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, pada tanggal 9 Mei 1996, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mutiara Sidoarjo tahun 2002, SD Muhammadiyah 1 Sepanjang tahun 2008, SMPN 12 Surabaya tahun 2011, dan SMAN 15 Surabaya tahun 2014. Setelah lulus dari SMAN 15 Surabaya, penulis diterima di program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 1011141000050. Total 8 semester dan 148 sks telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil (Bangunan Gedung). Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Program Studi Diploma Teknik Infrastruktur Sipil sebagai Staf Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) pada periode 2015-2016 dan Kepala Divisi Internal Departemen *Big Event* pada periode 2016-2017. Penulis sempat mengikuti kerja praktek di PT. Adhi Persada Properti proyek pembangunan Apartemen Taman Melati Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail*: ivanda_aryanti@yahoo.co.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini saya mendapatkan 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 terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut serta membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada:

1. Allah S.W.T., yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini.
2. Kedua orang tua, Jaka Yitma Wibawa dan Hariyati Handayani yang terus menerus memberikan doa dan dukungan moril maupun materiil selama perjalanan saya menempuh pendidikan di D IV Teknik Infrastruktur Sipil, sampai saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan tepat waktu.
3. Rindu Puspita Wibawa, kakak yang terus menerus memberikan doa dan dukungan moril serta berjuang bersama untuk lulus tepat waktu dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak R. Buyung Anugraha A., ST., MT. dan Bapak Afif Navir Refani, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan Tugas Akhir Terapan.
5. Teman-teman seperjuangan program studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil 2014 (DS35), khususnya B14 yang telah banyak memberikan semangat, dukungan, bantuan dan kerja sama selama masa perkuliahan.
6. Almater Institut Teknologi Sepuluh Nopember, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang sangat berharga.
7. Dan seluruh pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas doa dan dukungannya.

Penulis berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapatkan Ridho 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 2018

Penulis