



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

MODIFIKASI APARTEMEN MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB PERENCANAAN PURIMAS KOTA SURABAYA

AGENG BIMAPRATAMA
NRP 3112 100 038

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA.

Dosen Pembimbing II
Endah Wahyuni, ST. MSc. Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
APARTEMEN PURIMAS KOTA SURABAYA
MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB**

AGENG BIMAPRATAMA
NRP. 3112 100 038

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA.

Dosen Pembimbing II
Endah Wahyuni, ST. MSc. Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**DESIGN OF FLAT SLAB METHOD AT PURIMAS
APARTMENT STRUCTURE IN SURABAYA CITY**

AGENG BIMAPRATAMA
NRP. 3112 100 038

Academic Supervisor I
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA.

Academic Supervisor II
Endah Wahyuni, ST. MSc. Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environtment and Geodesy
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR APARTEMEN PURIMAS KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

Bidang Studi Struktur

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

AGENG BIMAPRATAMA

Nrp. 3112 100 038

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA (Pembimbing I)
2. Endah Wahyuni, ST, MSc, Ph.D (Pembimbing II)

**SURABAYA
JANUARI, 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR APARTEMEN PURIMAS KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB

Nama Mahasiswa : Ageng Bimapratama
Nrp : 3112100038
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof Dr. Ir. Triwulan, DEA.
 : Endah Wahyuni, ST. MSc. Ph.D.

ABSTRAK

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia memiliki tingkat perekonomian yang cukup tinggi. Hal ini berdampak semakin meningkatnya kebutuhan hunian untuk tempat tinggal maupun sebagai investasi. Pembangunan struktur apartemen beton tingkat tinggi merupakan salah satu pilihan untuk memenuhi kebutuhan tersebut karena terbatasnya lahan yang ada. Apartemen Purimas Surabaya merupakan gedung beton bertulang di wilayah gempa sedang, dan akan dimodifikasi menggunakan flat slab dengan Dual Sistem.

Semakin berkembangnya pembangunan gedung bertingkat dan infrastruktur publik tinggi di Indonesia menuntut adanya teknologi yang mendukung inovasi serta perkembangan pembangunan tersebut. Dalam perencanaan struktur, terdapat kecenderungan untuk melakukan penghematan dengan tidak mengurangi unsur kekuatan struktur tersebut. Salah satu solusi yang digunakan adalah perancangan struktur menggunakan metode Flat Slab. Flat slab adalah pelat beton bertulang yang ditumpu secara langsung oleh kolom tanpa balok interior. Keunggulan dari Flat Slab adalah fleksibilitas terhadap tata ruang, yaitu lantai tinggi bebas per lantai yang didapat semakin tinggi dan area lantai semakin luas.

Flat Slab mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut, pertama adanya drop

panel yang merupakan penebalan pelat di daerah kolom, kedua dibuatnya kepala kolom yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas.

Tujuan Tugas Akhir ini antara lain; (1) Mendapatkan dimensi kolom, drop panel, dan pelat dengan metode flat slab, (2) Mendapatkan perancangan struktur apartemen yang dapat terhadap beban gempa, (3) Mendapatkan dimensi pondasi yang mampu mentrasfer beban struktur ke tanah, (4) Mendapatkan desain perancangan apartemen yang dibangun dengan metode flat slab, (5) Mengetahui analisa dan permodelan struktur apartemen dengan flat slab, dan (6) Menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik

Perancangan gedung ini berdasarkan beberapa peraturan, yaitu “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)”, “Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013)” dan “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)”.

Kata kunci: *Gedung Bertingkat, Flat slab, Dual Sistem, Struktur Tahan Gempa*

DESIGN OF FLAT SLAB METHOD AT PURIMAS APARTMENT STRUCTURE IN SURABAYA CITY

Student Name : Ageng Bimapratama
Nrp : 3112100038
Department : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Academic Supervisor : Prof Dr. Ir. Triwulan, DEA.
 : Endah Wahyuni, ST. MSc. Ph.D.

ABSTRACT

Surabaya is one of the big cities in Indonesia has a fairly high economic level. This has resulted in the increasing demand for shelter as well as investment. The construction of high rise apartment structures is one option to meet these needs due to the limited land available. Surabaya Purimas Apartment is a reinforced concrete building in medium earthquake area, and will be modified using flat slab with Dual System.

The growing development of high rise buildings and public infrastructure in Indonesia demands the existence of technology that supports innovation and development development. In structural planning, there is a tendency to make savings by not reducing the strength of the structure. One of the solutions used is the design of structures using the Flat Slab method.

Flat slab is a reinforced concrete plate that is directly supported by columns without interior beams. The advantage of Flat Slab is the flexibility of layout, which is the free high floor per floor that gets higher and the floor area more spacious. Flat Slab has sufficient shear strength in the presence of one or both of the following, first the presence of a drop panel which is the thickening of the plate in the column area, the second made the column head is the widening of the smaller from the top of the column.

The purpose of this Final Project, among others; (2) Obtain the design of the ductile structure of the apartment against the

earthquake load, (3) Obtain the foundation dimension that can transfer the load to the ground structure, (4) Obtain the design design apartments built with flat slab method, (5) Knowing the analysis and modeling of apartment structures with flat slab, and (6) Pouring the results of calculations and design into engineering drawings

The design of this building is based on several regulations, namely "Procedure of Calculation of Concrete Structure for Building Building (SNI 2847: 2013)", "Procedures for Calculation of Housing and Building (SNI 1727: 2013)" and "Earthquake Resilience Planning Procedures for Building and Non Building (SNI 1726: 2012) ".

Key Words : *High Rise Building, Flat Slab, Dual System, Earthquake Resistant Structure*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah swt. atas limpahan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah swt. maka kita tidak akan tersesat dan mendapatkan petunjuk itu. Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang mendukung dan membantu atas proses penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA. dan Ibu Endah Wahyuni, ST. MSc. Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. techn. Pujo Aji, ST. MT. selaku dosen wali.
3. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
5. Bapak, ibu dan keluarga besar penulis yang tiada henti memberikan semangat serta doa
6. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir yang penulis buat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap tugas akhir ini.

Surabaya, Januari 2018

(Penulis)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Cover Letter	iii
Lembar Pengesahan.....	v
Abstrak.....	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar isi.....	xiii
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Tabel	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.2.1 Masalah Utama.....	2
1.2.2 Rincian Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.3.1 Tujuan Utama	3
1.3.2 Tujuan Detail	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gedung Bertingkat Tahan Gempa	7
2.2 Perencanaan Struktur Gedung	7
2.2.1 Peraturan dan Standar Perencanaan	7
2.2.2 Sistem Struktur Gedung Tahan Gempa.....	8
2.2.3 Sistem Ganda (<i>Dual System</i>)	9
2.2.4 Perencanaan Elemen Struktur	9
2.2.5 Jenis Pembebanan.....	10
2.2.6 Kombinasi Pembebanan	14
2.3 Struktur Pelat.....	14
2.4 Struktur Flat Slab.....	18
2.4.1 Pengertian Flat Slab.....	18
2.4.2 Keuntungan Flat Slab	19

2.4.3	Kekurangan Flat Slab	19
2.4.4	Jalur Pusat dan Jalur Tepi	20
2.4.5	Sambungan Shear Stud	21
2.5	Dinding Geser Struktur Beton Bertulang	22
2.6	Dilatasasi Struktur.....	23
2.7	Struktur Pondasi	27
BAB III	31
3.1	Bagan Alir Metodologi	31
3.2	Tahapan dan Metode Perencanaan.....	32
3.2.1	Pengumpulan Data.....	32
3.2.2	Data Tanah	33
3.2.3	Studi Literatur dan Peraturan	33
3.2.4	Beban yang Ditinjau	33
3.2.5	Analisa Struktur Sekunder	34
3.2.6	<i>Preliminary Design</i>	35
3.2.7	Pembebatan Struktur.....	37
3.2.8	Analisa dan Permodelan Struktur	38
3.2.9	Pendetailan Elemen Struktur Atas	38
3.2.10	Pendetailan Elemen Struktur Bawah.....	43
3.2.11	Gambar Rencana Struktur.....	44
BAB IV	45
4.1	<i>Preliminary Design</i>	45
4.1.1	Umum.....	45
4.1.2	Data Perencanaan	45
4.1.3	Pembebatan.....	45
4.1.4	Perencanaan Tebal Pelat	46
4.1.5	Perencanaan Tebal Drop Panel	48
4.1.6	Perencanaan Dimensi Kolom.....	49
4.1.7	Perencanaan Tebal Dinding Geser	52
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder	53
4.2.1	Perencanaan Tangga	53
4.2.2	Perencanaan Balok Lift.....	67
4.2.3	Perencanaan Ramp	76
4.3	Permodelan Struktur	105
4.3.1	Umum.....	105

4.3.2	Data Perencanaan	106
4.3.3	Pembebanan.....	107
4.3.4	Analisan Beban Gempa	109
4.3.5	Pembebanan Gempa Dinamis	113
4.3.6	Kombinasi Pembebanan	116
4.3.7	Kontrol Desain	116
4.4	Perencanaan Struktur Primer	131
4.4.1	Umum.....	131
4.4.2	Perencanaan Pelat/Flat Slab.....	131
4.4.3	Perencanaan Drop Panel	159
4.4.4	Perencanaan Kolom	162
4.4.5	Perencanaan Dinding Geser.....	169
4.5	Perencanaan Pondasi	176
4.5.1	Umum.....	176
4.5.2	Data Tanah	176
4.5.3	Spesifikasi Tiang Pancang	177
4.5.4	Daya Dukung.....	177
4.5.5	Perhitungan Tiang Pancang	180
4.5.6	Perencanaan Poer.....	187
4.5.7	Perencanaan Balok Sloof.....	196
BAB V		201
5.1	Kesimpulan.....	201
5.2	Saran.....	202

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta untuk Menentukan Harga Ss	11
Gambar 2.2 Peta untuk Menentukan Harga S1	11
Gambar 2.3 Analisis Gempa Statik Ekivalen	12
Gambar 2.4 Spektrum Respons Desain	13
Gambar 2.5 Macam dan tipe pelat	15
Gambar 2.6 Struktur Flat Slab	18
Gambar 2.7 Jalur Pusat dan Jalur Tepi	20
Gambar 2.8 <i>Stud Rail (Shear Stud)</i>	21
Gambar 2.9 Ragam Dilatasi pada Bangunan	24
Gambar 2.10 Dilatasi dengan kolom	25
Gambar 2.11 Dilatasi dengan balok kantilever	25
Gambar 2.12 Dilatasi dengan balok gerber	26
Gambar 2.13 Dilatasi dengan konsol	27
Gambar 2.14 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang	
Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan	29
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi	31
Gambar 3.2 Tributary area kolom	37
Gambar 3.3 Perpanjangan Minimum untuk Tulangan pada Pelat tanpa Balok	40
Gambar 4.1 Denah pelat	47
Gambar 4.2 Pendimensian Drop Panel	48
Gambar 4.3 Beban yang Diterima Kolom	49
Gambar 4.4 Denah Struktur Tangga	53
Gambar 4.5 Tampak Samping Tangga	53
Gambar 4.6 Detail Pelat Tangga	54
Gambar 4.7 Distribusi Beban pada Tangga	58
Gambar 4.8 Freebody reaksi gaya-gaya pada Tangga	61
Gambar 4.9 Penulangan Pelat Tangga	62
Gambar 4.10 Penulangan Pelat Bordes	64
Gambar 4.11 Gambar Spesifikasi Lift	69
Gambar 4.12 Denah <i>Hoistway</i> Lift	70
Gambar 4.13 Potongan Lift	71
Gambar 4.14 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift ...	73

Gambar 4.15 Denah Ramp pada Basement-Ground	76
Gambar 4.16 Tampak Potongan Ramp	77
Gambar 4.17 Detail Denah Rancana Ramp	77
Gambar 4.18 Detail Tampak Samping Rancana Ramp	77
Gambar 4.19 Denah Rancana Pelat Ramp	78
Gambar 4.20 Pembebanan Pelat Ramp	79
Gambar 4.21 Penulangan Pelat Ramp	82
Gambar 4.22 Pembebanan Balok Melintang Ramp	85
Gambar 4.23 Pembebanan Balok Melintang Ramp	87
Gambar 4.24 Gaya Dalam Balok Melintang Ramp	89
Gambar 4.25 Pembebanan Balok Memanjang Ramp	95
Gambar 4.26 Pembebanan Balok Memanjang Ramp Bentang 6 Meter	97
Gambar 4.27 Permodelan 3D Struktur Utama	106
Gambar 4.28 Denah Struktur Apartemen	107
Gambar 4.29 Peta Harga Ss di Indonesia	110
Gambar 4.30 Peta Harga S1 di Indonesia	110
Gambar 4.31 Grafik Respon Spektrum Surabaya	112
Gambar 4.32 Momen yang terjadi pada Pelat	131
Gambar 4.33 Potongan Memanjang Pelat	134
Gambar 4.34 Letak Bidang Kritis Kolom Interior	148
Gambar 4.35 Letak Bidang Kritis Kolom Eksterior	151
Gambar 4.36 Distribusi Tegangan Geser	154
Gambar 4.37 Denah Struktur Drop Panel	159
Gambar 4.38 Potongan Memanjang Drop Panel	160
Gambar 4.39 Potongan Rangka	163
Gambar 4.40 Diagram Interaksi Aksial–Momen Kolom...	165
Gambar 4.41 Denah Penempatan Dinding Geser	170
Gambar 4.42 Repartisi beban-beban yang bekerja di atas kelompok tiang pondasi yang disatukan oleh poer	180
Gambar 4.43 Grafik Hubungan Qn Tiang Pancang dan Kedalaman Tanah	182
Gambar 4.44 Konfigurasi rencana tiang pancang	184
Gambar 4.45 Diagram Gaya Lateral Tiang Pondasi	186
Gambar 4.46 Rencana Poer	187

Gambar 4.47 Potongan Poer	188
Gambar 4.48 Analisis Poer sebagai Balok Kantilever	189
Gambar 4.49 Daerah Kritis Geser Satu Arah	191
Gambar 4.50 Diagram Interaksi Balok Sloof 50/70	198

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tebal Pelat Minimum Tanpa Balok Interior	35
Tabel 4.1 Desain Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok	46
Tabel 4.2 Perhitungan Beban yang diterima Kolom	50
Tabel 4.3 Spesifikasi Lift	68
Tabel 4.4 Tabel Klasifikasi Situs Tanah	109
Tabel 4.5 Koefisien Situs Fa	111
Tabel 4.6 Koefisien Situs Fv	111
Tabel 4.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	113
Tabel 4.8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	113
Tabel 4.9 Nilai Parameter Tanah Lunak Surabaya	114
Tabel 4.10 Faktor Keutamaan Gempa	115
Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Mati	118
Tabel 4.12 Perhitungan Beban Mati Gedung	119
Tabel 4.13 Perhitungan Beban Hidup	120
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan beban pada ETABS 2016 ..	120
Tabel 4.15 Koefisien untuk Batas Atas	121
Tabel 4.16 Periode Struktur dari ETABS	123
Tabel 4.17 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	125
Tabel 4.18 Rasio Partisipasi Massa	126
Tabel 4.19 Simpangan antar Lantai yang diizinkan	128
Tabel 4.20 Simpangan antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban gempa	129
Tabel 4.21 Kontrol Distribusi Sistem Ganda	130
Tabel 4.22 Momen plat lantai	133
Tabel 4.23 Momen plat lantai	137
Tabel 4.24 Momen plat lantai	140
Tabel 4.25 Momen plat lantai	143
Tabel 4.26 Penulangan plat	146
Tabel 4.27 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS	147
Tabel 4.28 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS	147

Tabel 4.29 Gaya tekan dan momen Kolom pada berbagai kombinasi beban	164
Tabel 4.30 Rekapitulasi Penulangan Kolom	169
Tabel 4.31 Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS)	170
Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Daya Dukung	182

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya yang merupakan salah satu kota besar di Indonesia memiliki tingkat perekonomian yang cukup tinggi. Hal ini berdampak semakin meningkatnya kebutuhan hunian untuk tempat tinggal maupun sebagai investasi. Pembangunan struktur apartemen beton tingkat tinggi merupakan salah satu pilihan untuk memenuhi kebutuhan tersebut karena terbatasnya lahan yang ada. Apartemen Purimas Surabaya dibangun untuk menjawab hal tersebut. Pembangunan Apartemen Purimas Surabaya direncanakan menggunakan bahan struktur beton bertulang biasa, sistem cor ditempat dan terletak di kawasan zona gempa tinggi.

Semakin berkembangnya pembangunan gedung bertingkat dan infrastruktur publik tinggi di Indonesia menuntut adanya teknologi yang mendukung inovasi serta perkembangan pembangunan tersebut. Dalam perencanaan struktur, terdapat kecenderungan untuk melakukan penghematan dengan tidak mengurangi unsur kekuatan struktur tersebut. Struktur yang dibangun dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen (SRPM) dengan balok dianggap memiliki beberapa kekurangan tertentu. Ditinjau dari sisi tinggi per lantai, tinggi bebas gedung berkurang karena pekerjaan finishing plafond untuk menutup atap akibat adanya balok. Dari segi ekonomi, beton yang diperlukan untuk membentuk struktur lebih banyak karena adanya balok dan bekistingnya jika dibandingkan dengan struktur tanpa balok. Salah satu solusi yang digunakan adalah perancangan struktur menggunakan metode Flat Slab. Struktur Flat Slab merupakan struktur beton bertulang pelat langsung didukung oleh kolom tanpa menggunakan balok. Beberapa contoh aplikasi bangunan flat slab yaitu Mall Sampoong di Korea Selatan, beberapa lantai ruangan di Burj Dubai dan The 18 Office Park Jakarta.

Soedarsono (2002) menyatakan bahwa keunggulan dari Flat Slab adalah fleksibilitas terhadap tata ruang, yaitu lantai tinggi bebas per lantai yang didapat semakin tinggi dan area lantai semakin luas. Waktu penggeraan selama proyek relatif lebih pendek. Struktur Flat Slab tidak memerlukan finishing dengan plafond dan bisa menghemat biaya proyek karena mengurangi pemakaian beton dan bekisting untuk elemen balok.

Pada perencanaan bangunan tinggi yang tidak menggunakan balok, geseran merupakan pertimbangan kritis terutama pada bagian pertemuan antara pelat dan kolom. Apabila bagian pertemuan pada struktur tersebut tidak kuat, maka kolom-kolom penyangga pada pelat akan memberikan tekanan pons yang hendak menembus pelat. Hal ini dapat menimbulkan tegangan geser yang besar pada area sekitar kolom dan mengakibatkan keruntuhan pons. Untuk itu, kekuatan geser di struktur tersebut ditunjang dengan adanya drop panel, yaitu penebalan pelat di daerah kolom (Wang, 1990)

Berdasarkan hal di atas, maka dengan tugas akhir ini penyusun melakukan modifikasi perencanaan struktur Apartemen Purimas Surabaya menggunakan metode Flat Slab. Metode desain dan perancangan mengacu pada SNI 1727:2013, SNI 1726:2012, dan SNI 2847:2013.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Masalah Utama

Bagaimana merencanakan modifikasi struktur Apartemen Purimas Kota Surabaya dengan metode flat slab?

1.2.2 Rincian Masalah

1. Bagaimana merancang struktur daktail yang mampu menahan beban gempa?;
2. Bagaimana melakukan desain perancangan apartemen yang dibangun dengan metode flat slab?;

3. Bagaimana melakukan analisa dan permodelan struktur apartemen yang dibangun dengan metode flat slab?;
4. Bagaimana merencanakan dimensi kolom, drop panel, pelat dan shearwall yang efisien sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur gedung apartemen?;
5. Bagaimana merencanakan pondasi yang mampu mentransfer beban struktur ke tanah?;
6. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik sesuai peraturan yang berlaku?.

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1.3.1 Tujuan Utama

Tujuan utama dari Tugas Akhir ini adalah mampu merencanakan dan menerapkan metode flat slab dalam pembangunan struktur apartemen Purimas sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.3.2 Tujuan Detail

Tujuan detail dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan perancangan struktur apartemen yang daktail terhadap beban gempa;
2. Mampu melakukan desain perancangan apartemen yang dibangun dengan metode flat slab;
3. Mampu melakukan analisa dan permodelan struktur apartemen yang dibangun dengan metode flat slab;
4. Mendapatkan dimensi kolom, drop panel, pelat dan shearwall yang efisien sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur gedung apartemen;
5. Mendapatkan dimensi pondasi yang mampu mentransfer beban struktur ke tanah;

6. Menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Masalah yang dikaji dalam penulisan Tugas Akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Struktur sekunder yang diperhitungkan adalah struktur tangga, ramp dan lift;
2. Elemen Balok dihilangkan/tidak direncanakan;
3. Struktur Basement tidak direncanakan/diperhitungkan dan dianggap ada dinding penahan tanah yang kaku
4. Tidak meninjau manajemen konstruksi (biaya dan waktu konstruksi);
5. Tidak meninjau metode konstruksi/pelaksanaan di lapangan;
6. Tidak meninjau estetika dari segi arsitektural gedung;
7. Tidak membahas sistem utilitas, sanitasi, mekanikal, elektrikal dan plumbing;
8. Program bantu perhitungan matematis menggunakan Microsoft Excel;
9. Program bantu gambar teknik yang dipakai adalah AutoCAD 2016;
10. Program bantu analisa dan permodelan struktur yang dipakai adalah ETABS;
11. Metode desain dan perancangan struktur mengacu pada peraturan SNI 1727:2013, SNI 1726:2012, dan SNI 2847:2013.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat dengan menggunakan metode flat slab

2. Menjadi referensi alternatif perancangan struktur dengan metode flat slab;
3. Perencana dapat memenuhi keinginan *owner* untuk memaksimalkan tinggi bebas bangunan;
4. Menjadi acuan untuk sosialisasi cara merencanakan metode flat slab dan drop panel yang benar serta sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku saat ini maupun yang baru untuk para tenaga ahli;
5. Menjadi rujukan untuk peneliti selanjutnya dalam pengembangan teknologi perancangan struktur metode flat slab.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gedung Bertingkat Tahan Gempa

Perencanaan bangunan tahan gempa ialah bangunan yang dirancang untuk tahan dan tetap berdiri ketika terjadi gempa yang besar walaupun nantinya sedikit terdapat kerusakan pada beberapa bagian bangunan sesuai falsafah perencanaan gedung tahan gempa. Menurut Teruna (2007), perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- 1) Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan;
- 2) Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder;
- 3) Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan.

2.2 Perencanaan Struktur Gedung

2.2.1 Peraturan dan Standar Perencanaan

Peraturan dan standar perencanaan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung antara lain:

- 1) Badan Standarisasi Nasional: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013);
- 2) Badan Standarisasi Nasional: Tata Cara Perhitungan Pembebaran untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013);
- 3) Badan Standarisasi Nasional: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012).

2.2.2 Sistem Struktur Gedung Tahan Gempa

Sistem struktur yang digunakan harus memperhatikan faktor daya tahan terhadap gempa sesuai dengan SNI 1726:2012. Pembagian sistem struktur menurut sifat sifat tanah pada situs dibagi sebagai berikut:

- 1) Situs SA dan SB (Resiko Gempa Rendah). Desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dan dinding struktur beton biasa;
- 2) Situs SC dan SD (Resiko Gempa Sedang). Desain Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) dengan beton tanpa detailing khusus;
- 3) Situs SE dan SF (Resiko Gempa Tinggi). Desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK) dan beton khusus.

Negara Indonesia menerapkan 3 sistem struktur tahan gempa, yang diatur persyaratannya dalam SNI 2847:2013 pasal 21, yaitu:

- 1) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) atau *Ordinary Moment Resisting Frame* (OMRF), yang digunakan pada struktur gedung yang masuk di zona gempa rendah;
- 2) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) atau *Intermediate Moment Resisting Frame* (IMRF), yang digunakan pada struktur gedung yang masuk di zona gempa sedang;
- 3) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) atau *Special Moment Resisting Frame* (SMRF) yang digunakan pada struktur gedung yang masuk di zona gempa tinggi atau diterapkan pada perencanaan *high rise building*.

2.2.3 Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem perancangan struktur yang akan dipakai dalam modifikasi ini adalah sistem ganda (*dual system*) berdasarkan tata cara SNI 1726:2012. Sistem ganda adalah sistem struktur yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi. Pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. Kedua sistem ini harus direncanakan untuk memikul seluruh beban lateral dengan memperhatikan siteraksi sistem struktur.. Dinding geser yang digunakan dalam modifikasi ini adalah dinding struktur khusus yang sesuai dengan kategori desain seismic D, E, F (SNI 1726:2012 pasal 7.2.1). Ketentuan dinding struktur khusus dijelaskan dalam SNI 2847:2013 pasal 21.9.

2.2.4 Perencanaan Elemen Struktur

1)

Perencanaan pelat

Penentuan dimensi pelat:

- Pelat 1 arah : SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 Tabel 9.5(a)
 - Pelat 2 arah : SNI 2847:2013 pasal 9.5.3 Tabel 9.5(b)
- a. Menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada plat, digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971 tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2)
- b. Penulangan lentur:
- Pelat 1 arah: SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3.
 - Pelat 2 arah: SNI 2847:2013 pasal 13.6 atau pasal 13.7.

2)

Perencanaan Kolom:

- Penentuan dimensi kolom: SNI 2847:2013 pasal 10.3.5.
- Kapasitas aksial desain: SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.

- Penulangan lentur: menggunakan metode interaksi kolom sesuai asumsi desain pada SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3.
 - Penulangan geser: SNI 2847:2013 pasal 11.4.
- 3) **Analisa struktur bawah**
- Perhitungan poer,
 - Perhitungan pondasi tiang pancang,
 - Perhitungan sloof.

2.2.5 Jenis Pembebaan

1) **Beban mati (*Dead load*)**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kladding gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain sesuai Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).

2) **Beban hidup (*Live load*)**

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktural lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum berdasarkan jenis hunian atau penggunaan diatur dalam SNI 1727:2013 pasal 4 tabel 4-1.

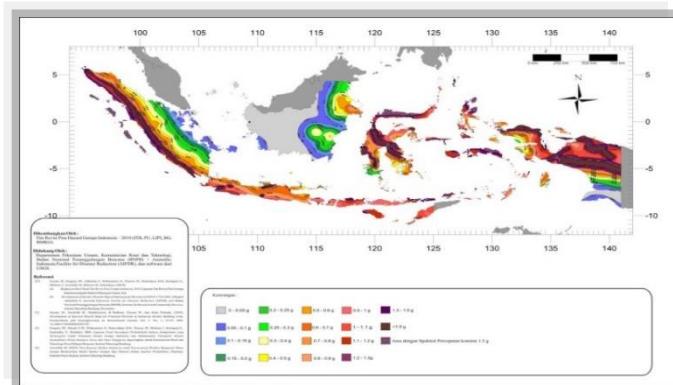
3) **Beban Angin (*Wind Load*)**

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) serta seluruh komponen dan kulit bangunan gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013.

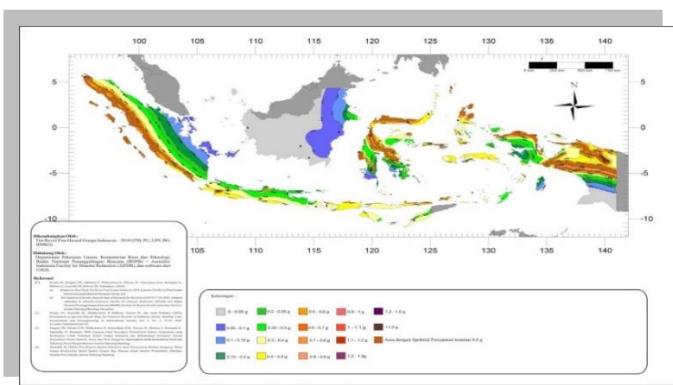
4) **Beban gempa (*Earthquake*)**

Pada SNI 1726:2012, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya

selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar dua persen atau gempa dengan periode ulang 2.500 tahun yang merupakan gempa maksimum yang mempertimbangkan resiko tertarget (Maximum Considered Earthquake Targeted Risk/MCER). Percepatan batuan dasar gempa tersebut direpresentasikan dengan harga S_s dan S₁ yang kemudian digunakan untuk perhitungan beban gempa selanjutnya yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1. Peta untuk Menentukan Harga S_s.



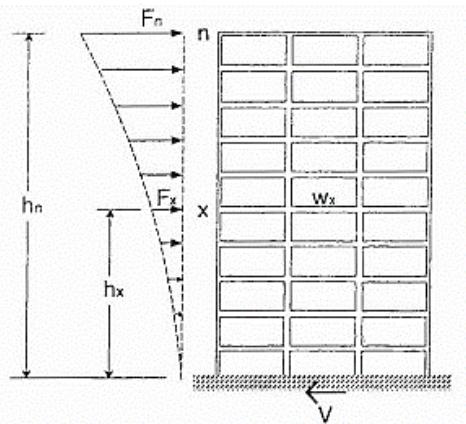
Gambar 2.2. Peta untuk Menentukan Harga S₁.

Ketentuan lain yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah:

- Kategori risiko struktur bangunan: SNI 1726:2012 tabel 1.
- Faktor keutamaan gempa (I_e): SNI 1726:2012 tabel 2.
- Kategori desain seismik: SNI 1726:2012 tabel 6 dan tabel 7.
- Nilai R , C_d , dan Ω_0 (berdasarkan sistem struktur): SNI 1726:2012 tabel 9.

Analisis terhadap beban gempa dapat menggunakan metode statik ekivalen maupun dinamik (*response spectrum*), yaitu sebagai berikut:

a. Metode Statik Ekivalen:

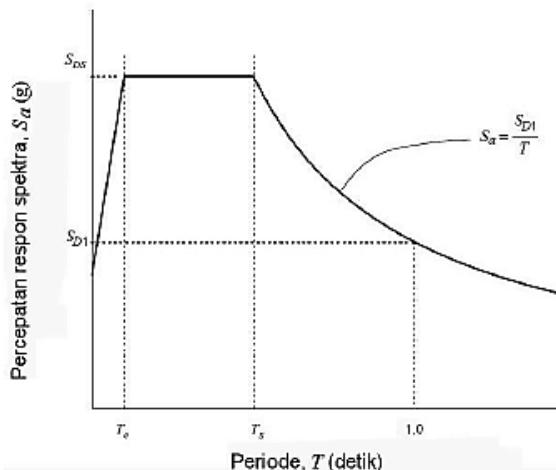


Gambar 2.3. Analisis Gempa Statik Ekivalen.

Dalam metode statik ekivalen, gaya gempa dianggap sebagai beban lateral luar yang bekerja pada struktur atas gedung. Beban ini berasal dari gaya geser dasar total akibat gempa (V) yang didistribusikan inelastik pada setiap lantai gedung sesuai dengan proporsi tinggi lantai

dan berat lantai yang bersangkutan sebagai beban titik. Namun metode ini hanya dapat diterapkan pada struktur gedung yang beraturan. Prosedur metode statik ekivalen ini diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.8.

b. Metode Dinamik (*Response Spectrum*)



Gambar 2.4. Spektrum Respons Desain.

Metode dinamik respon spektrum menggunakan plot grafik nilai respon struktur maksimum (seperti lendutan, kecepatan dan percepatan) terhadap fungsi beban percepatan tanah akibat gempa. Dalam metode ini perlu diperhatikan juga waktu getar alami fundamental struktur (T), massa struktur, dan faktor pengali ($I.g/R$). Metode ini dapat digunakan baik pada struktur beraturan maupun tidak. Program bantu berbasis elemen hingga digunakan dalam analisa metode dinamik respon spektrum ini. Prosedur metode dinamik respon spektrum ini diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.9.

2.2.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 antara lain:

- 1) $U = 1,4 D$
- 2) $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- 3) $U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$
- 4) $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 5) $U = 0,9 D + 1,0 W$
- 6) $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan:

U: beban ultimate

D: beban mati

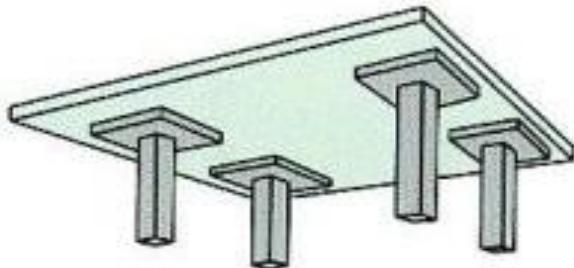
L: beban hidup

E: beban gempa

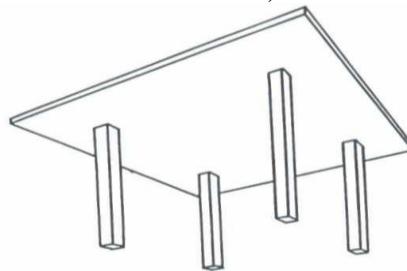
2.3 Struktur Pelat

Pada umumnya pelat diklasifikasikan dalam pelat satu-arah atau pelat dua-arah. Pelat yang berdefleksi secara dominan dalam satu arah disebut pelat satu-arah. Jika pelat dipikul oleh kolom yang disusun berbaris sehingga pelat dapat berdefleksi dalam dua-arah, pelat disebut pelat dua-arah. Pelat dua arah merupakan panel-panel beton bertulang yang perbandingan antara panjang dan lebarnya lebih kecil dari 2 (dua). Pelat dua-arah dapat diperkuat dengan menambahkan balok di antara kolom dengan mempertebal pelat disekeliling kolom (*drop panel*), dan dengan penebalan kolom di bawah pelat (kepala kolom).

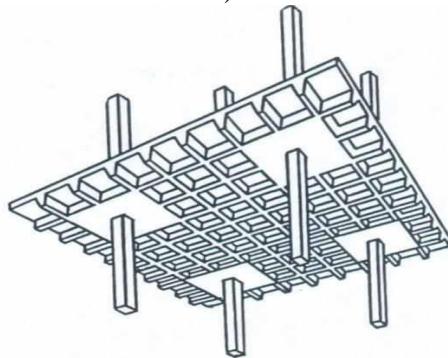
Berikut gambar dari macam-macam tipe pelat:



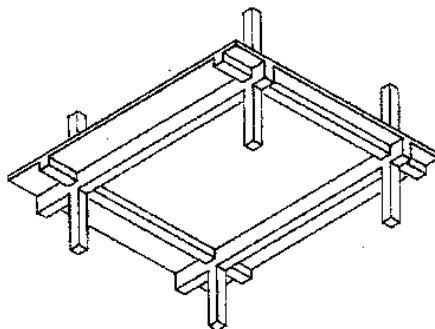
a) Flat Slab



b) Flat Plate



c) Waffle Slab



d) Two-way Slab

Gambar 2.5 Macam dan tipe pelat (MacGregor, 1997)

Pelat datar (*Flat Slab*) adalah pelat beton pejal dengan tebal merata yang mentransfer beban secara langsung ke kolom pendukung tanpa bantuan balok dengan kepala kolom atau *drop panel*. *Flate Slab* dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana. Pelat ini memerlukan tinggi lantai terkecil untuk memberikan persyaratan tinggi ruangan dalam memberikan fleksibilitas terbaik dalam susunan kolom dan partisi. Pelat ini juga memberikan sedikit penghalang untuk pencahayaan dan ketahanan terhadap api yang tinggi karena hanya ada sedikit sudut-sudut tajam dimana pengelupasan beton dapat terjadi. *Flate plate* mungkin meruakan system pelat yang paling umum dipakai saat ini untuk hotel beton bertulang bertingkat banyak, motel, apartemen, dan asrama. Pelat datar kemungkinan memunculkan masalah dalam transfer geser di sekeliling kolom. Dengan kata lain, ada bahaya dimana kolom akan menembus pelat (*pons*). Oleh karena itu, sering kali perlu memperbesar dimensi kolom atau ketebalan pelat atau menggunakan shear head. Pelat slab atau flat slab

termasuk pelat beton dua-arah dengan capital, drop panel, atau keduanya.

Pelat ini sangat sesuai untuk beban berat dan bentang panjang. Meskipun bekisting lebih mahal dibandingkan pelat datar (*flat plate*), *flat slab* akan memerlukan beton dan tulangan yang lebih sedikit dibandingkan untuk pelat datar *flat plate* untuk beban dan bentang yang sama. *Flat Slab* biasanya ekonomis untuk bangunan gedung, parkir dan pabrik dan bangunan sejenis dimana drop panel atau kepala kolom yang terbuka diizinkan. Pelat dua-arah dengan balok, sistem lantai seperti ini digunakan karena lebih murah dibandingkan dengan *flat slab* atau *flat plate*.

Dengan kata lain, jika beban atau bentang atau keduanya sangat besar, ketebalan pelat atau ukuran kolom yang diperlukan untuk flat plate dan flat slab akan menjadi lebih besar dan lebih ekonomis jika digunakan pelat dua-arah dengan balok, meskipun biaya bekisting lebih mahal.

Waffle slab, sistem lantai ini dibuat dengan menyusun *fiberglass* persegi atau cetakan logam dengan sisi-sisi mengecil dan jarak diantaranya, ketika beton dicor di dalam dan diantara cetakan akan berbentuk waffle. Jarak antar cetakan akan membentuk web balok. Web ini agak tinggi dan memberikan lengan momen besar untuk tulangan. Dengan *waffle slab*, berat beton akan sangat tereduksi tanpa banyak merubah tahanan momen dari sistem lantai. Seperti halnya dalam *flat plate*, geser dapat menjadi masalah dekat kolom. Akibatnya, lantai waffle dibuat solid didekat kolom untuk meningkatkan tahanan geser (McCormac, 2004).

2.4 Struktur Flat Slab

2.4.1 Pengertian Flat Slab

Flat Slab berbeda dengan flat plate dalam hal bahwa lantai flat slab mempunyai kekuatan yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut:

- *Drop panel* berfungsi untuk mengurangi momen negatif di daerah joint pada pelat, meningkatkan kekakuan pelat dan akan memperkecil deformasi yang terjadi akibat pembebanan. *Drop panel* juga digunakan untuk menebalkan pelat di sekitar kolom (*local thickening*) pada struktur *flat slab* di mana *drop panel* memberikan kekuatan geser yang cukup memadai untuk menghindari punching shear (ACI 318-11).
- Kepala kolom (*column capital*) yaitu pelebaran mengecil dari ujung kolom atas. Tujuan dari kepala kolom adalah mendapatkan pertambahan keliling sekitar kolom untuk memindahkan geser dari beban lantai dan untuk menambah tebal dengan berkurangnya perimeter di dekat kolom (Wang dan Salmon, 1992).



Gambar 2.6 Struktur Flat Slab (FEMA 356)

Flat slab sangat ekonomis penggunaannya untuk bentang 15-20 ft (4,5-6 m). Untuk memperkuat pelat terhadap gaya geser, pons dan lentur, bagian-bagian kritis

pelat yaitu di sekitar kolom penumpu, perlu dipertebal, sistem ini disebut dengan pelat slab (*flat slab*). Bagian penebalan pada sistem *flat slab* disebut *drop panel*, sedangkan untuk penebalan yang berbentuk kepala kolom disebut *column capital*. *Flat slab* digunakan untuk kisaran bentang 20-30 ft atau sekitar 6-9 m (MacGregor, 1997).

2.4.2 Keuntungan Flat Slab

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan system *Flat Slab* pada gedung-gedung bertingkat, antara lain:

1. Dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana;
2. Ketinggian gedung bertingkat berkurang karena lantai yang tipis, langit-langit yang rata permukaannya merupakan faktor yang mempengaruhi ekonomi secara keseluruhan;
3. Jendela-jendela dapat dibuat sampai sisi bawah pelat, dan tidak ada balok-balok yang menghalangi cahaya dan sirkulasi udara;
4. Tidak adanya sudut yang tajam memberikan ketahanan dalam kebakaran yang lebih besar karena bahaya pengelupasan beton dan mengangganya tulangan dapat berkurang.

2.4.3 Kekurangan Flat Slab

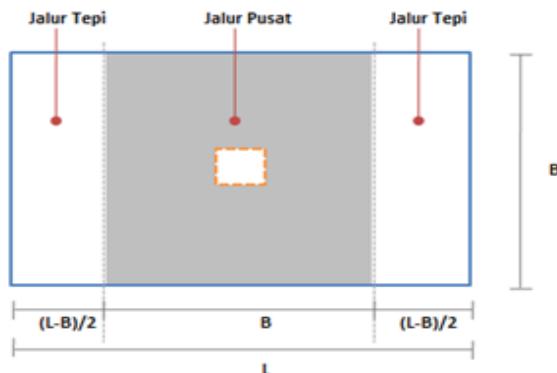
Dari beberapa keuntungan diatas, Flat Slab memiliki berbagai kekurangan yang akan fatal akibatnya terhadap suatu struktur atau bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan apabila diabaikan, antara lain:

1. Fenomena *punching shear* yang terjadi akibat transfer gaya geser dan momen tak-imbang antara pelat dan kolom bila menerima beban siklik lateral;

2. Tanpa adanya balok-balok disepanjang garis kolom, maka kemampuan menahan beban menjadi berkurang.

Berdasarkan kelemahan yang dimiliki struktur flat slab, maka SNI 1726:2012 membatasi penggunaan struktur flat slab lebih spesifik, yaitu struktur diklasifikasikan sebagai Sistem ganda dan jika digunakan sebagai sistem tunggal, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi dan D, E dan F tidak diijinkan. Di samping itu, jika digunakan dengan dinding geser khusus, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi, D dibatasi dengan tinggi maksimum 48m, dan E dan F dibatasi tinggi maksimum 30m.

2.4.4 Jalur Pusat dan Jalur Tepi



Gambar 2.7 Jalur Pusat dan Jalur Tepi (MacGregor, 1997)

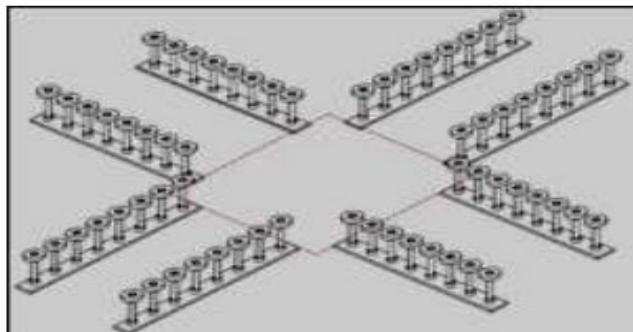
Pelat dua arah melentur dengan bentuk permukaan seperti mangkuk jika dibebani dalam dua arah. Oleh karena itu, pelat ini harus ditulangi dalam kedua arah dengan tulangan berlapis tegak lurus satu dengan lainnya. Jalur kolom adalah pelat dengan lebar di setiap sisi garis tengah kolom sama dengan $\frac{1}{4}$ dimensi panel terkecil ℓ_1

atau ℓ_2 . Jalur tengah adalah bagian pelat diantara dua jalur kolom.

Bagian dari momen yang diterima jalur kolom dan jalur tengah diasumsikan tersebar merata pada seluruh jalur. Persentase momen yang dipikul oleh jalur kolom tergantung pada kekakuan efektif dari jalur kolom dan pada *aspect ratio* ℓ_1/ℓ_2 (dengan ℓ_1 adalah panjang bentang pusat ke pusat, dari tumpuan-tumpuannya dalam arah momen yang ditinjau dan ℓ_2 adalah panjang bentang pusat ke pusat, dari tumpuan-tumpuannya dalam arah tegak lurus terhadap ℓ_1). Dapat dilihat pada Gambar 2.7.

2.4.5 Sambungan Shear Stud

Shear Stud yang dirangkai dalam bentuk stud rail, kebanyakan digunakan dalam konfigurasi orthogonal dan sirkular (Broms, 2007). Dengan menggunakan stud rail, tegangan geser pada hubungan pelat-kolom akan diperkuat oleh shear stud, sementara penampang kritis akan melebar ke luar pada jarak yang diasumsikan sejauh $d/2$ dari ujung luar stud rail.



Gambar 2.8 Stud Rail (*Shear Stud*)

2.5

Dinding Geser Struktur Beton Bertulang

Dinding geser merupakan elemen struktural yang berfungsi sebagai penahan gaya-gaya lateral bangunan, dimana gaya-gaya lateral yang bekerja merupakan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada diafragma dinding geser (Zuhri, 2011). Jenis dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya:

1. *Flexural Wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $hw/lw \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur;
2. *Squat Wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $hw/lw \leq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku geser;
3. *Coupled Shear Wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Menurut Pawirodikromo (2012), beberapa kelebihan struktur dinding dapat diketahui berdasarkan fungsi yang diperankan. Beberapa keuntungan struktur dinding tersebut sebagai berikut:

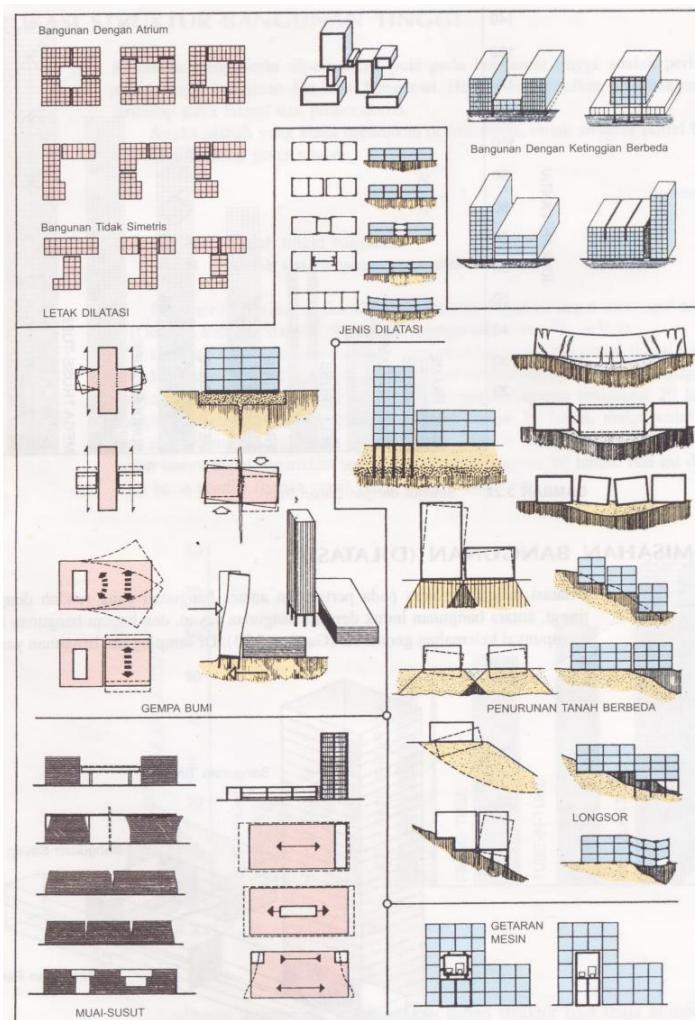
1. Struktur dinding pada umumnya mempunyai kekuatan yang cukup besar sehingga dapat menahan beban horizontal yang cukup. Kadang-kadang direncanakan seluruh beban horizontal dibebankan pada struktur dinding. Agar walls dapat menggerahkan keuatannya secara maksimal, maka walls harus stabil, misalnya selain walls harus cukup tebal juga dapat dipakai barbell wall;
2. Di samping mempunyai kekuatan yang cukup besar, struktur dinding umumnya sangat kaku dibanding dengan kolom, sehingga struktur ini memberikan

- kekakuan tambahan terhadap struktur secara keseluruhan. Kekakuan yang cukup diharapkan dapat mengendalikan simpangan yang terjadi;
3. Kekakuan struktur dinding juga mempunyai keuntungan yang lain yaitu kemampuannya dalam melindungi tingkat yang relatif lemah (*soft story*). *Soft story* yang sering dijumpai misalnya adanya tinggi tingkat yang melebihi tinggi tingkat tipikal;
 4. Struktur dinding dapat mengeliminasi simpangan antar tingkat khususnya pada tingkat-tingkat bawah sampai tengah. Dengan perkataan lain, pengendalian simpangan pada daerah ini akan dilakukan secara efektif oleh struktur dinding.

2.6

Dilatasi Struktur

Dilatasi adalah sebuah sambungan/garis pada sebuah bangunan karena memiliki struktur berbeda atau memerlukan perlakuan khusus. Dilatasi digunakan pada pertemuan antara bangunan yang rendah dengan tinggi, antara bangunan induk dengan sayap, dan bagian bangunan lain yang mempunyai kelemahan geometris. Di samping itu, bangunan yang sangat panjang tidak dapat meahan deformasi akibat penurunan pondasi, gempa, muai susut, dan akumulasi gaya yang besar pada dimensi bangunan yang panjang. Hal ini bisa berakibat timbulnya retakan atau keruntuhan struktural. Oleh karena itu, suatu bangunan yang panjang perlu dibagi menjadi beberapa bangunan yang lebih kecil, dimana tiap bangunan dapat bereaksi secara kompak dan kaku menghadapi pergerakan bangunan yang terjadi (Juwana, 2005).

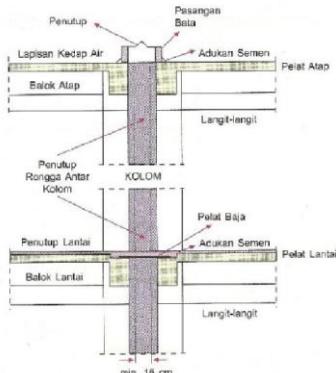


Gambar 2.9 Ragam Dilatasi pada Bangunan (Juwana, 2005)

Beberapa bentuk pemisahan bangunan yang umum digunakan, diantaranya adalah:

a. Dilatasi dengan kolom

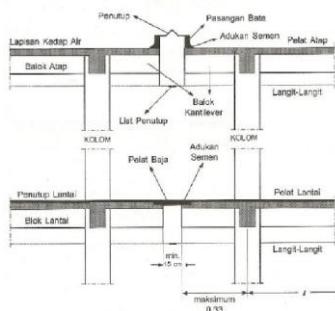
Pemisahan struktur dengan dua kolom terpisah merupakan hal yang paling umum digunakan, terutama pada bangunan yang bentuknya memanjang (linear)



Gambar 2.10 Dilatasi dengan kolom (Juwana, 2005)

b. Dilatasi dengan balok kantilever

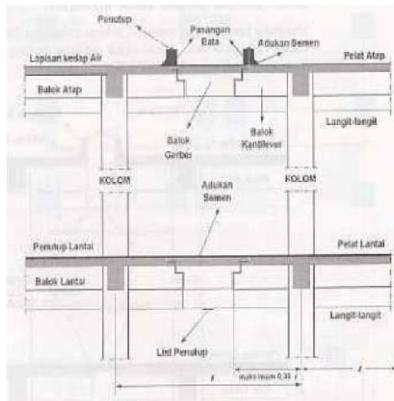
Bentang balok kantilever panjangnya terbatas (maksimal 1/3 bentang balok induk), maka pada lokasi dilatasi terjadi perubahan bentang antar kolom, yaitu sekitar 2/3 bentang antar kolom.



Gambar 2.11 Dilatasi dengan balok kantilever (Juwana, 2005)

c. Dilatasi dengan balok gerber

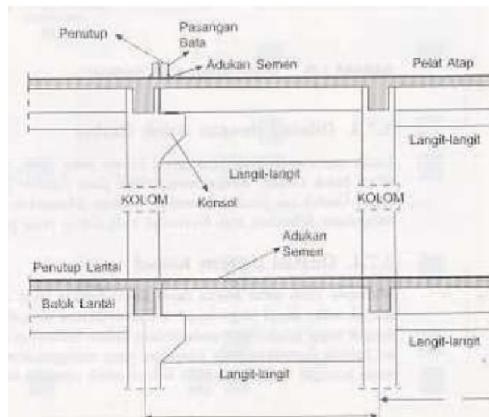
Mempertahankan jarak antara kolom yang sama, maka pada balok kantilever diberi balok gerber. Namun, dilatasi dengan balok gerber ini jarang digunakan, karena khawatir akan lepas dan jatuh jika mengalami deformasi arah horizontal yang cukup besar akibat beban gempa.



Gambar 2.12 Dilatasi dengan balok gerber (Juwana, 2005)

d. Dilatasi dengan konsol

Dilatasi dengan adanya konsol bisa mempertahankan jarak antar kolom yang tetap sama. Namun, akibat adanya konsol, maka langit-langit di daerah dilatasi menjadi lebih rendah. Dilatasi jenis ini banyak digunakan pada bangunan yang menggunakan sistem prafabrikasi, dimana sisi kolom diberi konsol sebagai tumpuan balok.



Gambar 2.13 Dilatasasi dengan konsol (Juwana, 2005)

2.7

Struktur Pondasi

Beban dari struktur atas akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Pondasi pada gedung pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari Luciano Decourt, sedangkan kekuatan lateral dihitung dengan formula dari Sosrodarsono dan Nakazawa (2000). Pondasi dikontrol terhadap kekuatan bahan dan kekuatan tanah.

1. Daya Dukung Tiang Vertikal
Luciano Decourt memberikan formula daya dukung tiang vertikal sebagai berikut.
 - $Q_L = Q_p + Q_s$ (2.1)
 - $q_p = N_p + K$ (2.2)
 - $Q_s = q_s A_s$ (2.3)

- $$Q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (2.4)$$

2. Daya Dukung Tiang Horizontal

Daya dukung tiang horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diizinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung kepala tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diizinkan dapat ditentukan. Formula berikut diberikan oleh Sosrodarsono dan Nakazawa (2000).

- $$H_a = \left(\frac{4EI\beta^3}{1+\beta h} \right) \delta_a \quad (2.5)$$

- $$\beta = \sqrt[4]{\frac{kD}{4EI}} \quad (2.6)$$

- $$k = k_0 y^{-0.5} \quad (2.7)$$

- $$k_0 = 0.2 E_0 D^{\frac{3}{4}} \quad (2.8)$$

- $$E_0 = 28N \quad (2.9)$$

Di mana:

H_a = kapasitas daya dukung horizontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

k_0 = $0.2 E_0 D^{-3/4}$

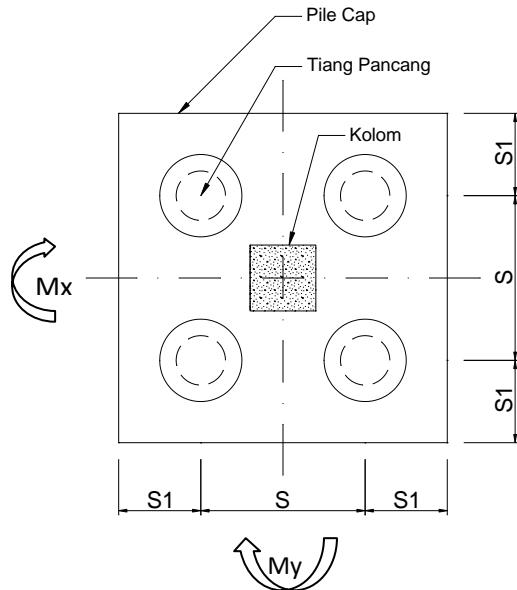
y = besarnya pergeseran yang dicari

E_0 = modulus elastisitas tanah (28N)

h = tinggi tiang di atas tanah

3. Kebutuhan Tiang Pancang

Pada gedung ini digunakan pondasi tiang dengan ilustrasi pada Gambar 2.13



Gambar 2.14 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang
Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (2.10)$$

$$2.5D \leq S \leq 5D$$

$$2.5D \leq S1 \leq 3D$$

Kontrol tegangan yang terjadi pada tiang pancang

$$P_{satuTP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{MyX_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{MxY_{\max}}{\sum y^2} \quad (2.11)$$

Efisiensi satu tiang pancang:

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (2.12)$$

$$P_{group tiang} = \eta P_{ijin} \quad (2.13)$$

4. Perencanaan Terhadap Geser

a) Kontrol geser satu arah

$$\phi V_c \geq Vu$$

$$\phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_o d \geq Vu \quad (2.14)$$

b) Kontrol geser dua arah (geser ponds)

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.11.2

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (2.15)$$

atau

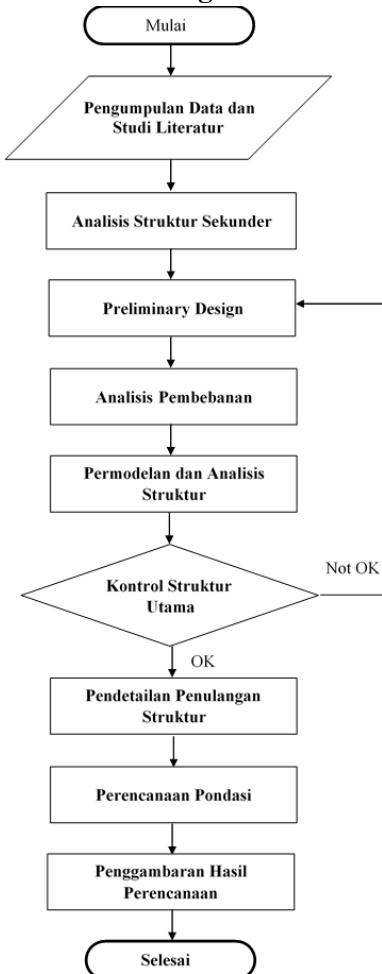
$$V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (2.16)$$

Di mana α_s adalah 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut, atau

$$V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (2.17)$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Metodologi



Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi

3.2 Tahapan dan Metode Perencanaan

3.2.1 Pengumpulan Data

Mengumpulkan dan mempelajari data – data yang berkaitan dengan modifikasi perencanaan, diantaranya sebagai berikut:

- Data umum gedung sebelum dimodifikasi:

1. Nama Gedung	: Apartemen Purimas Surabaya
2. Lokasi	: Surabaya
3. Fungsi	: Hunian (Apartemen)
4. Jumlah Lantai	: 14 (empat belas) lantai (2 basement)
5. Struktur Utama	: Beton bertulang

- Mutu Bahan

Untuk perencanaan, digunakan kuat tekan beton (f'_c) sebesar 30 MPa, sedangkan untuk mutu baja (f_y) digunakan 400 MPa

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode Flat Slab dan data bangunan direncanakan sebagai berikut:

- Data umum gedung setelah dimodifikasi:

1. Nama Gedung	: Apartemen Purimas Surabaya
2. Lokasi	: Surabaya
3. Fungsi	: Hunian (Apartemen)
4. Jumlah Lantai	: 14 (empat belas) lantai
5. Metode Perencanaan	: Flat Slab

- Mutu Bahan

Untuk perencanaan, digunakan kuat tekan beton (f'_c) sebesar 35 MPa, sedangkan untuk mutu baja (f_y) digunakan 390-400 MPa

3.2.2 Data Tanah

Penyelidikan tanah dasar setempat untuk klasifikasi situs dalam perencanaan beban gempa seperti yang dijelaskan dalam SNI 1726:2012.

3.2.3 Studi Literatur dan Peraturan

Mencari literatur yang menjadi acuan dalam penggerjaan tugas akhir ini. Adapun beberapa literatur sesuai dengan bab sebelumnya. Sedangkan peraturan yang digunakan adalah :

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013);
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012);
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perhitungan Pembebaran Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013).

3.2.4 Beban yang Ditinjau

Berdasarkan SNI 1727:2013 dan SNI 1726:2012 beban yang diperlukan atau ditinjau antara lain:

1. Beban Mati (SNI 1727:2013)
2. Beban Hidup (SNI 1727:2013)
3. Beban Angin (SNI 1727:2013)
4. Beban Gempa (SNI 1726:2012)

3.2.5 Analisa Struktur Sekunder

3.2.5.1 Perencanaan Tangga

- Syarat Perencanaan

$$57 \leq 2L_n + 2L_d \geq 65 \quad (3.1)$$

L_n = Langkah naik

L_d = Langkah Datar

- Jumlah langkah naik

$$\frac{H}{L_n} = \text{Tinggi Tangga} \quad (3.2)$$

- Jumlah tinggi langkah naik

$$\frac{H}{\text{Jumlah langkah naik}} \quad (3.3)$$

- Jumlah langkah datar

$$\sum L_n - 1 \quad (3.4)$$

- Panjang kemiringan tangga

$$\sqrt[2]{L_n^2 + L_d^2} \quad (3.5)$$

- Sudut kemiringan tangga (α)

$$\tanh^{-1} \frac{9}{30} \quad (3.6)$$

Syarat (α) < 38°

3.2.5.2 Penulangan Tangga dan Bordes

a) Penulangan Lentur Pelat dan Bordes

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan sebagai berikut :

- SNI 2847:2013 pasal 7.12.2
- SNI 2847:2013 pasal 10.3.5

b) Penulangan Geser SNI 2847:2013 pasal 11.2

c) Perencanaan Balok Bordes

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)

3.2.5.3 Perencanaan Lift

- Preliminary Design

- Pembebanan Balok Lift
- Penulangan Lentur dan Geser Balok Lift

3.2.5.4 Perencanaan Ramp

- Preliminary Design
- Pembebanan pada Ramp
- Penulangan Lentur dan Geser Struktur Ramp

3.2.6 *Preliminary Design*

Pada *preliminary design* ini menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya. Berikut akan dibahas perencanaan struktur utama.

3.2.6.1 Perencanaan Dimensi Pelat (Flat Slab)

Tabel 3.1 Tebal Pelat Minimum Tanpa Balok Interior

Tabel 2.6 Tebal Pelat Minimum Pelat tanpa Balok Interior (SNI 2837:2013)

Tegangan leleh fy (Mpa)	Tanpa penebalan		Dengan penebalan	
	Panel eksterior	Panel interior	Panel eksterior	Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir
280	<i>ln/33</i>	<i>ln/36</i>	<i>ln/36</i>	<i>ln/36</i>
420	<i>ln/30</i>	<i>ln/33</i>	<i>ln/33</i>	<i>ln/36</i>
520	<i>ln/28</i>	<i>ln/31</i>	<i>ln/31</i>	<i>ln/34</i>

Dan tidak boleh kurang dari:

Pelat tanpa penebalan (drop panels) = 125 mm

Pelat dengan penebalan (drop panels) = 100 mm

Menurut pasal 9.5.3.3 SNI 2847:2013, tebal pelat minimum dinyatakan dengan :

- a. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0
Ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \quad (3.7)$$

tidak kurang dari 125 mm

- b. Untuk αm lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 - \frac{f_y}{1400})}{36 - 9\beta} \quad (3.8)$$

tidak kurang dari 90 mm

- c. Untuk αm yang sama atau lebih kecil dari 0,2, ketebalan pelat minimum harus memenuhi ketentuan Tabel 2.6.

Dimana:

- n : Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok..

F_y : Tegangan leleh baja.

B : Rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.

αm : Nilai rata-rata dari rasio kekakuan lentur balok terhadap kekakuan pelat (α) untuk semua balok pada tepi pelat. Untuk pelat tanpa balok, $\alpha m = 0$.

3.2.6.2 Perencanaan Dimensi Drop Panel

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 13.2.5. Jika digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negative pada kolom atau tebal slab perlu minimum, panel drop (*drop panel*) harus:

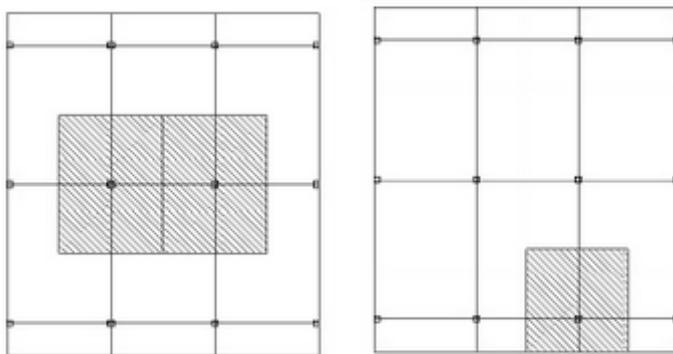
- a) Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab disebelahnya; dan
- b) Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

3.2.6.3 Perencanaan Dimensi Dinding Geser (Shear Wall)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 15.3.1. Tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

3.2.6.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Untuk desain kolom, ditentukan terlebih dahulu tributary area untuk setiap kolom dan dicari kolom yang paling kritis untuk bagian interior dan eksterior. Untuk kolom interior tributary areanya adalah



Gambar 3.2 Tributary area kolom
Interior dan Tributary area kolom eksterior

Ukuran Kolom diperkirakan : :

$$bxh = 2,3 \frac{P}{f_c} \quad (3.9)$$

Dengan kata lain 30% kapasitas penampang disiapkan untuk aksial dan 70% untuk momen.

3.2.7 Pembebatan Struktur

Pembebatan mengacu pada SNI 1727:2013. Besarnya beban mati, hidup, angin sesuai ketentuan yang

ada pada SNI 1727:2013 dan besarnya beban gempa sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012.

3.2.8 Analisa dan Permodelan Struktur

Dalam perencanaan struktur apartemen ini, analisa struktur dilakukan dengan bantuan program ETABS. Hasil perhitungan dan permodelan program bantu nantinya akan digunakan sebagai acuan pendetailan komponen struktur.

3.2.9 Pendetailan Elemen Struktur Atas

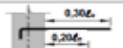
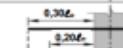
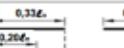
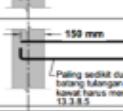
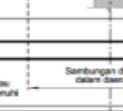
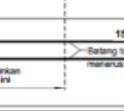
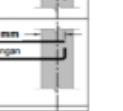
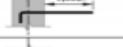
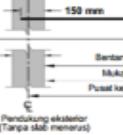
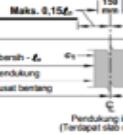
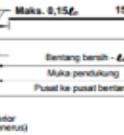
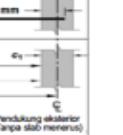
3.2.9.1 Penulangan Pelat (Flat Slab)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 13.3 memuat tentang persyaratan penulangan pada pelat yaitu:

1. Luas tulangan pelat pada masing-masing arah dari sistem pelat dua arah ditentukan dari momen-momen pada penampang kritis tapi tidak boleh kurang dari apa yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1.
2. Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh lebih dari dua kali tebal pelat kecuali untuk bagian luas pelat konstruksi sel atau berusuk.Pada bagian pelat yang melintasi ruang sel, tulangan disediakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.
3. Tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus menerus ke tepi pelat dan ditanam, dapat dengan kaitan minimum sepanjang 150 mm ke dalam balok tepi, kolom atau dinding.
4. Tulangan momen negatif yang tegak lurus tepi tak menerus harus dibengkokkan, dikait atau diangkur pada balok tepi, kolom atau dinding dan harus disalurkan pada muka tumpuan menurut ketentuan pada pasal 14.
5. Bila pelat tidak memiliki balok tepi atau dinding pada tepi tak menerus, atau pada pelat yang membentuk kantilever pada tumpuan maka pengangkuran tulangan harus dilakukan di dalam pelat itu sendiri.

6. Pada sudut eksterior pelat yang ditumpu oleh dinding tepi atau bila satu atau lebih balok tepi mempunyai nilai $a_f > 1,0$ tulangan pelat atas dan bawah harus disediakan pada sudut eksterior, sebagai berikut :
 - 1) Tulangan sudut pada kedua sisi atas dan bawah pelat harus cukup untuk menahan momen per satuan lebar sama dengan momen positif maksimum per satuan lebar pada panel slab.
 - 2) Momen tersebut harus diasumsikan berporos terhadap sumbu tegak lurus terhadap diagonal dari sudut pada sisi atas pelat dan berporos terhadap sumbu yang paralel terhadap diagonal dari sudut pada sisi bawah pelat.
 - 3) Tulangan pojok harus disediakan untuk suatu jarak dalam masing-masing arah dari sudut sama dengan seperlima bentang yang lebih panjang.
 - 4) Tulangan sudut harus ditempatkan paralel terhadap diagonal pada sisi atas slab dan tegak lurus terhadap diagonal pada sisi bawah pelat. Sebagai alternatif, tulangan harus ditempatkan dalam dua lapis paralel terhadap sisi-sisi pelat pada kedua sisi atas dan bawah pelat.
7. Bila panel drop (*drop panel*) setempat untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada bagian pelat datar (*flat slab*) di daerah kolom maka dimensi panel drop setempat harus sesuai dengan hal berikut ini :
 - 1) Menjorok di bawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat di sebelahnya.
 - 2) Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.
8. Detail tulangan pelat tanpa balok :
 - 1) Sebagai tambahan terhadap persyaratan 13.3 pada SNI 2847:2013, tulangan pada pelat tanpa balok harus

diteruskan dengan panjang minimum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.

LAJUR	LOKASI	A_e MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA PANEL TURUN		DENGAN PANEL TURUN	
			ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50%				
	BAWAH	100%				
LAJUR TENGAH	ATAS	100%				
	BAWAH	SISA 50%				

Gambar 3.3 Perpanjangan Minimum untuk Tulangan pada Pelat tanpa Balok (SNI 2847:2013)

- 2) Bila panjang bentang yang bersebelahan tidak sama maka perpanjangan tulangan momen negatif di luar bidang mukatumpuan seperti yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 harus didasarkan pada bentang yang lebih panjang.
- 3) Tulangan miring hanya diperkenankan bila perbandingan tinggi terhadap bentang memungkinkan untuk digunakannya tulangan dengan kemiringan = 45° .
- 4) Pada sistem rangka dimana pelat dua arah berfungsi sebagai komponen utama pemikul beban lateral, untuk pelat pada rangka yang dapat bergoyang, panjang tulangan ditentukan dari analisis tapi tidak boleh lebih kurang daripada yang ditentukan.
- 5) Semua tulangan atau kawat di sisi bawah dari lajur kolom dalam setiap arah harus menerus atau disambung dengan sambungan lewatan tarik kelas B

atau dengan sambungan mekanis atau las yang memenuhi pasal 12.14.3 SNI 2847:2013.

- 6) Pada pelat dengan kepala geser (*shearheads*) dan pada konstruksi pelat yang diangkat (*lift-slab*), bilamana tidak praktis untuk meneruskan tulangan bawah sebagaimana ditentukan oleh poin 5 diatas melalui kolom, maka paling sedikit dua batang tulangan atau kawat bawah terlekat dalam masing-masing arah harus secara praktis melewati kepala geser (*shearhead*) atau gelang (*collar*) angkat sedekat mungkin ke kolom dan menerus atau disambung dengan sambungan lewatan tarik kelas B atau dengan sambungan mekanis atau las yang memenuhi pasal 12.14.3 SNI 2847:2013. Pada kolom eksterior, tulangan harus diangkur pada kepala geser atau gelang angkat.

3.2.9.2 Penulangan Drop Panel

- Perhitungan kapasitas drop panel (Kapasitas arah x dan arah y)

$$M_n < \emptyset M_n \quad (3.14)$$

$$\emptyset M_n = 0,85 \times A_s \times f_y \times (d - \frac{a}{2}) \quad (3.15)$$

$$a = \frac{\sum_{tul} A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \quad (3.16)$$

- Perhitungan geser pons drop panel. Berdasarkan SNI 2847:2013, besarnya tidak boleh melebihi dari nilai terkecil dari ketiga nilai berikut ini :

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{6} \times b \times d\right) \quad (3.17)$$

$$V_{c2} = \left(\frac{A_s \times d}{b} + 2\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{6} \times b \times d\right) \quad (3.18)$$

$$V_{c3} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b \times d \quad (3.19)$$

V_c terjadi = Reaksi Vertikal Kolom – Gaya Aksial di atas Drop Panel

Syarat : V_c terjadi $\leq V_c$ ijin

3.2.9.3 Penulangan Dinding Geser

- Rasio minimum untuk luas tulangan vertikal terhadap luas bruto beton haruslah :
 - a) 0,0012 untuk batang ulir $\leq D_{16}$ dengan tegangan leleh yang disyaratkan > 420 Mpa.
 - b) 0,0015 untuk batang ulir lainnya.
 - c) 0,0012 untuk tulangan kawat las $< \phi 16$ atau D_{16} .
- Rasio minimum untuk luas tulangan horisontal terhadap luas bruto beton haruslah:
 - a) 0,0020 untuk batang ulir $\leq D_{16}$ dengan tegangan leleh yang disyaratkan > 420 Mpa.
 - b) 0,0025 untuk batang ulir lainnya.
 - c) 0,0020 untuk jaring kawat baja las (polos atau ulir) $< \phi 16$ atau D_{16} .
- Kuat geser V_c dihitung berdasarkan persamaan 2.38 atau 2.39 berdasarkan SNI 2847:2013.

3.2.9.4 Penulangan Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA COL/SP COLUMN, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom.

- a) Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom
 - Analisa SP COLUMN
 - Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom Dasar
- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur. Luas

tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

- Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Dasar Terhadap Beban Aksial Terfaktor.
- Kontrol Persyaratan Kolom Interior Terhadap Gaya Geser Rencana Ve
Dalam semua kasus Ve tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

b) Tulangan Transversal Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung kolom interior sepanjang lo harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6.

- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi so, sepanjang panjang lo diukur dari muka joint. Spasi so tidak boleh melebihi:
 - a) $8 \times$ diameter batang tulangan longitudinal terkecil
 - b) $24 \times$ diameter tulangan geser
 - c) $\frac{1}{2}$ dimensi penampang kolom terkecil
 - d) 300 mm
- Panjang lo tidak boleh kurang dari :
 - a) $1/6$ bentang bersih kolom
 - b) Dimensi penampang maksimum kolom
 - c) 450 mm
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak melebihi $so/2$ dari muka joint.

3.2.10 Pendetailan Elemen Struktur Bawah

3.2.10.1 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan tugas akhir ini pondasi dari struktur yang akan dihitung dan direncanakan

menggunakan grup tiang pancang. Hal ini mendasari perlunya perhitungan efisiensi grup tiang pancang. Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energy struktur, dan property dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan criteria desain pondasi. Desain dan konstruksi pondasi harus sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.13.

3.2.10.2 Analisa Daya Dukung Tiang Pondasi Grup

Di saat sebuah tiang merupakan bagian dalam grup tiang pancang, daya dukungnya mengalami modifikasi, karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Untuk kasus daya dukung pondasi, kita harus memperhitungkan sebuah faktor koreksi, yang menjadi efisiensi dari grup tiang pancang tersebut. (Wahyudi, 1999) halaman 43.

3.2.10.3 Perencanaan Poer

Dalam merencanakan tebal poer harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.11.

3.2.11 Gambar Rencana Struktur

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan dalam teknik ini menggunakan *software* AutoCAD.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 *Preliminary Design*

4.1.1 Umum

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. *Preliminary design* yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain dinding geser, pelat, drop panel dan kolom. Sebelum melakukan preliminary design, terlebih dahulu dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2 Data Perencanaan

Sebelum perhitungan *preliminary design*, perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban – beban yang diterima struktur gedung tersebut. Pada perencanaan gedung Apartemen Purimas Surabaya ini dimodifikasi menggunakan metode Flat Slab dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Fungsi bangunan : Gedung Apartemen
- Lokasi : Rungkut, Surabaya
- Jumlah lantai : 14 (empat belas) lantai
- Ketinggian lantai : 3.00 meter
- Tinggi bangunan : 43.30 meter
- Mutu beton ($f'c$) : 35 MPa
- Mutu baja (fy) : 400 MPa
- Letak bangunan : Jauh dari pantai

4.1.3 Pembebanan

A. Beban Statis

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap beban statis dilakukan menurut PPIUG 1983/PPPURG 1987 Tabel 2.1 dan Tabel 3.1, serta SNI 1727:2013.

B. Beban Angin

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap beban angin dilakukan menurut PPIUG 1983/PPPURG 1987 Pasal 4.2, dengan ketentuan berada jauh dari tepi laut.

C. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 1726:2012

4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat

4.1.4.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum tanpa balok interior harus sesuai dengan SNI 2847:2013 tabel 2.6.

Tabel 4.1 Desain Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok

Tabel 2.6 Tebal Pelat Minimum Pelat tanpa Balok Interior (SNI 2837:2013)

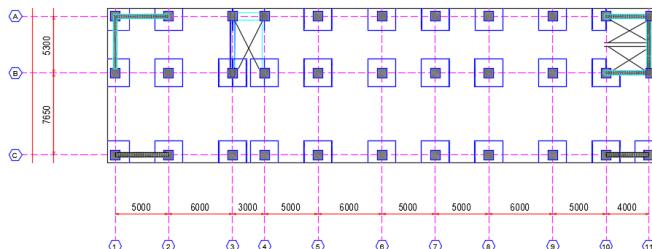
Tegangan leleh f_y (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$In/33$	$In/36$	$In/36$	$In/36$	$In/40$	$In/40$
420	$In/30$	$In/33$	$In/33$	$In/33$	$In/36$	$In/36$
520	$In/28$	$In/31$	$In/31$	$In/31$	$In/34$	$In/34$

Dan tidak boleh kurang dari:

Pelat tanpa penebalan (drop panels) = 125 mm

Pelat dengan penebalan (drop panels) = 100 mm

4.1.4.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap



Gambar 4.1 Denah pelat

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton : 35 MPa
- Mutu baja : 400 MPa

Dalam tugas akhir ini tipe pelat dengan dimensi yang paling besar yaitu 6 m x 7,65 m digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 2.6 sehingga nilai L_n yaitu :

$$L_n = 7650 - \left(\frac{350}{2} \right) = 7475 \text{ mm}$$

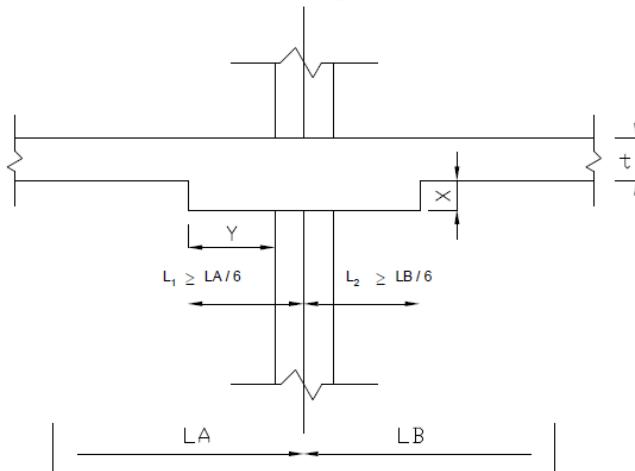
$$S_n = 6000 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{7475}{6000} = 1,246 < 2 \rightarrow \text{Pelat dua arah}$$

$$h_{min} = \frac{L}{36} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{6000}{36} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 161,90 \text{ mm} \rightarrow h = 200 \text{ mm}$$

Tebal Plat Lantai yang digunakan adalah 20 cm.

4.1.5 Perencanaan Tebal Drop Panel



Gambar 4.2 Pendimensian Drop Panel

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser disekitar kolom. Setelah dilakukan pengujian terhadap tegangan geser pons padapelat di sekitar kolom, ternyata hasilnya melebihi syarat tegangan geser pons. Adapun perhitungan drop panel dihitung berdasarkan ukuran plat terbesar,yaitu 6 m x 7.65 m.

4.1.5.1 Perencanaan Dimensi Drop Panel Arah X dan Arah Y Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 13.2.5

$$L_{drop\ panel} \geq \frac{1}{6} \times L_n$$

$$L_x \geq \frac{1}{6} \times 7650 = 1275 \approx 1300\ mm$$

$$L_y \geq \frac{1}{6} \times 6000 = 1000\ mm$$

$$\text{Lebar drop panel} = 2 \times 1300 = 2600\ mm$$

4.1.5.2 Perencanaan Tebal Drop Panel

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 13.3.7

$$H_{droppanel} \leq \frac{1}{4} \times Se$$

$$H_{droppanel} \leq \frac{1}{4} \times (2600 - 900/2) = 537.5\text{mm}$$

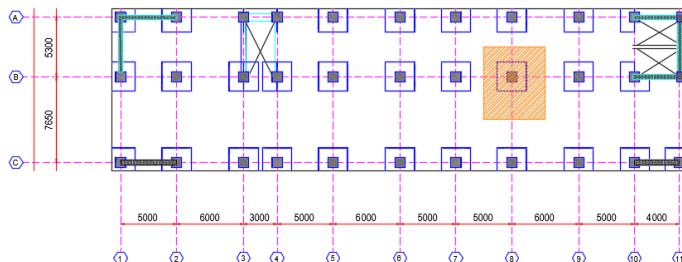
$$H_{droppanel} \leq \frac{1}{4} \times (2000 - 900/2) = 387.5\text{mm}$$

Hdroppanel pakai = 350 mm

4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang tinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar, yaitu kolom yang memikul luasan berukuran 550 cm x 647,5 cm. Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data-data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Tebal pelat = 20 cm = 0,2 m
- Tinggi lantai 1 = 4,3 m
- Tinggi tiap lantai 2-14 = 3 m



Gambar 4.3 Beban yang Diterima Kolom

Tabel 4.2 Perhitungan Beban yang diterima Kolom

Pelat Atap						
BEBAN MATI (D)	Berat Sendiri	P (m)	L (m)	T (m)	x lan tai	Berat (Kg)
Pelat lantai atap (20 cm)	2400	5.5	6.475	0.2	1	17094.0
Penggantung	7	5.5	6.475		1	249.3
Plafond	11	5.5	6.475		1	391.7
Dinding	-	-	-	-	-	0.0
Tegel	-	-	-	-	-	0.0
Spesi (1 cm)	21	5.5	6.475	1		747.9
Kolom (90/90)	2400	-	-	-		0.0
Aspal	14	5.5	6.475			498.6
Dacting dan Plumbing	30	5.5	6.475			1068.4
					WD 3	25080.0
BEBAN HIDUP (L)						
Lantai Atap	100	5.5	6.475			3561.3
Air Hujan	20	5.5	6.475			712.3
					WL 3	4274.0
Pelat Lantai 2 - 14						
BEBAN MATI (D)	Berat Sendiri	P (m)	L (m)	T (m)	x lan tai	Berat (Kg)
Pelat lantai (20 cm)	2400	5.5	6.475	0.2	13	222222.0
Penggantung	7	5.5	6.475		13	3240.7
Plafon	11	5.5	6.475		13	5092.6
Dinding	250	5.5	6.475	3	13	347221.9
Tegel	24	5.5	6.475		13	11111.1
Spesi (1 cm)	21	5.5	6.475		13	9722.2

Kolom (90/90)	2400	0.9	0.9	3	13	75816.0
Dacting dan Plumbing	30	5.5	6.475		13	13888.9
WD 2					753699.0	
BEBAN HIDUP (L)						
Lantai	200	5.5	6.475		13	92592.5
WL 2					92592.5	
Pelat Lantai 1						
BEBAN MATI (D)	Berat Sendiri	P (m)	L (m)	T (m)	^x lan tai	Berat (Kg)
pelat lantai (20 cm)	2400	5.5	6.475	0.2	1	17094.0
Penggantung	7	5.5	6.475		1	249.3
Plafon	11	5.5	6.475		1	391.7
Dinding	250	5.5	6.475	3	1	4125.0
Tegel	24	5.5	6.475		1	854.7
spesi (1 cm)	21	5.5	6.475		1	747.9
Kolom (90/90)	2400	0.9	0.9	4.3	1	8359.2
Dacting dan Plumbing	30	5.5	6.475		1	1068.4
WD 1					37920.0	
BEBAN HIDUP (L)						
Lantai	400	5.5	6.475		1	14245.0
WL 1					14245.0	

WD total (kg)	816699
WL total (kg)	111112

Koefisien reduksi untuk beban hidup perpustakaan (PPIUG 1983 tabel 3.3) = 0,75. Jadi, total beban untuk beban hidup:

$$L_L = 0,75 \times W_{LL} = 0,75 \times 111112 = 83334 \text{ kg}$$

Jadi Berat Total :

$$\begin{aligned} W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (816699) + 1,6 (83334) = 1113373 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ($\phi=0,65$).

$$\text{Mutu beton} = 35 \text{ Mpa} = 35 \times 10 = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rencana Awal} \rightarrow A = \frac{W}{\Phi f'c} = \frac{1113373}{0,65 \times 350} = 4893,95 \text{ cm}^2$$

$$\text{Misalkan } b = h, \text{ maka } b^2 = 4893,95 \text{ cm}^2$$

$$b = 69,95 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

maka dimensi kolom :

- Lantai 1 – lantai 5 = 90 × 90 cm
- Lantai 6 – lantai 10 = 80 x 80
- Lantai 11 – lantai 14 = 70 x 70

4.1.7 Perencanaan Tebal Dinding Geser

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

$$\text{Tebal dinding geser} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bentang dinding} = 765 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi dinding} = 300 \text{ cm}$$

$$T \geq H/25 = 300/25 = 12 \text{ cm}$$

$$T \geq L/25 = 765/25 = 30,6 \text{ cm}$$

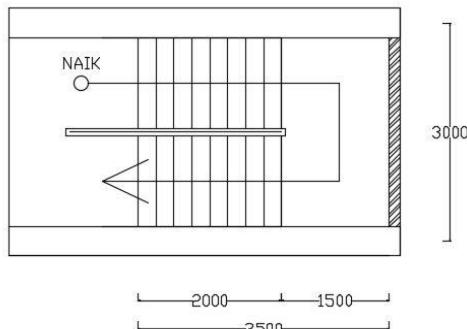
Dengan demikian tebal dinding geser 40 cm memenuhi.

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

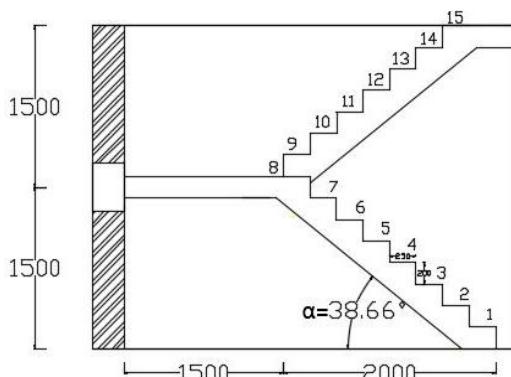
4.2.1 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai *frame* statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal.

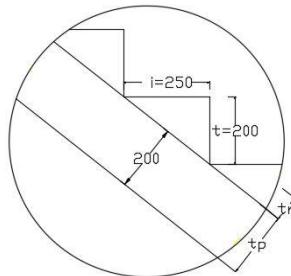
4.2.1.1 Denah Struktur Tangga



Gambar 4.4 Denah Struktur Tangga



Gambar 4.5 Tampak Samping Tangga



Gambar 4.6 Detail Pelat Tangga

4.2.1.2 Dimensi Awal

A. Lantai 2-14

Data – Data Perencanaan:

- $f'c$ = 35 MPa
- f_y = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 3 m
- Panjang bordes = 3 m
- Lebar bordes = 1.5 m
- Lebar tangga = 1.4 m
- Tebal pelat tangga (tp) = 20 cm
- Tebal pelat bordes = 20 cm
- Tinggi injakan (t) = 20 cm
- Lebar injakan (i) = 25 cm
- Jumlah tanjakan (n_T) = $\frac{\text{tinggi lantai}}{t} = \frac{300}{20} = 15$ buah
- Jumlah injakan (n_i) = $\frac{\text{panjang lantai}}{i} = \frac{200}{25} = 8$ buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 8 buah
- Jumlah tanjakan dari bordes ke lantai 2 = 7 buah
- Elevasi bordes = $jumlah tanjakan \times t$
= 8×20
= 160 cm

- Panjang horizontal pelat tangga = jumlah tanjakan $\times t$
 $= 8 \times 25$
 $= 200 \text{ cm}$
- Kemiringan tangga (α)
 $\arctan(\alpha) = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horizontal plat tangga}}$
 $= \frac{160}{200} = 0,80$
 $\alpha = 38,66^\circ$

Cek syarat:

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$
 $60 \leq (2 \times 20 + 25) \leq 65$
 $60 \leq 65 \leq 65$
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 38,66^\circ \leq 40^\circ$
- Tebal plat rata-rata anak tangga (tr) = $(\frac{i}{2})\sin(\alpha)$
 $= (\frac{25}{2})\sin(38,66^\circ)$
 $= 7,81 \text{ cm}$
- Tebal plat rata-rata
 $= tp + tr$
 $= 20 + 7,81$
 $= 27,81 \text{ cm}$

B. Lantai Dasar

Data – Data Perencanaan:

- f'_c = 35 MPa
- f_y = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 4.3 m
- Panjang bordes = 3 m
- Lebar bordes = 1.5 m
- Lebar tangga = 1.4 m
- Tebal pelat tangga (tp) = 20 cm
- Tebal pelat bordes = 20 cm
- Tinggi injakan (t) = 20 cm
- Lebar injakan (i) = 25 cm

- Jumlah tanjakan (n_T) = $\frac{tinggi\ lantai}{t} = \frac{430}{20} = 21.5 = 22$ buah
- Jumlah injakan (n_i) = $\frac{panjang\ lantai}{i} = \frac{200}{25} = 8$ buah
- Jumlah tanjakan ke bordes pertama = 8 buah
- Jumlah tanjakan ke bordes kedua = 6 buah
- Jumlah tanjakan dari bordes ke lantai 2 = 6 buah
- Elevasi bordes pertama = $jumlah\ tanjakan \times t$
= 8×20
= 160 cm
- Elevasi bordes kedua = $jumlah\ tanjakan \times t$
= 16×20
= 320 cm
- Panjang horizontal pelat tangga = $jumlah\ tanjakan \times t$
= 8×25
= 200 cm
- Kemiringan tangga (α)
 $\arctan(\alpha) = \frac{elevasi\ bordes}{panjang\ horizontal\ plat\ tangga}$
 $= \frac{160}{200} = 0,80$
 $\alpha = 38,66^\circ$

Cek syarat:

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$
 $60 \leq (2 \times 20 + 25) \leq 65$
 $60 \leq 65 \leq 65$
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 38,66^\circ \leq 40^\circ$

- Tebal plat rata-rata anak tangga (tr) $= \left(\frac{i}{2}\right) \sin(\alpha)$
 $= \left(\frac{25}{2}\right) \sin(38,66^\circ)$
 $= 7,81 \text{ cm}$
- Tebal plat rata-rata $= tp + tr$
 $= 20 + 7,81$
 $= 27,81 \text{ cm}$

4.2.1.3 Perhitungan Pembebatan dan Analisa Struktur

a. Pembebatan Tangga

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat tangga} = \frac{0,2781}{\cos(38,66)} \times 2400 \times 1 = 667,41 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel vertikal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi horizontal (2cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi vertikal (2cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel horizontal (1cm)} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 873,41 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Total beban hidup (LL)} = 300 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban :

$$\text{Qu} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (873,41) + 1,6 (300)$$

$$= \mathbf{1528,09 \text{ kg/m}}$$

b. Pembebatan Plat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat bordes} = 0,2 \times 2400 \times 1 = 480 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi (2cm)} = 2 \times 21 \times 1 = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 24 \times 1 = 24 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 546 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Total beban hidup (LL)} = 300 \text{ kg/m}$$

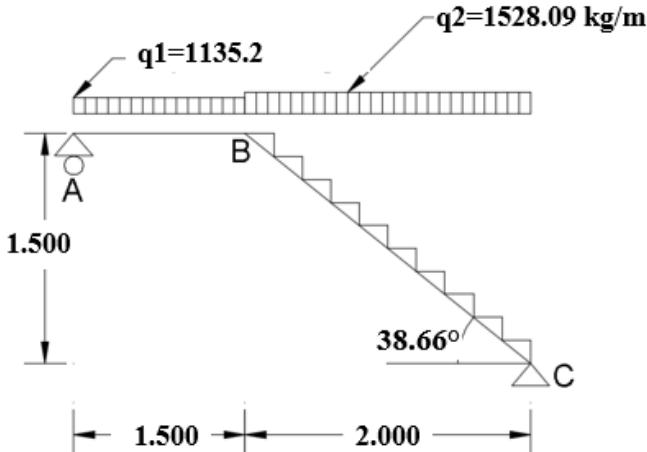
Kombinasi Beban

$$\text{Qu} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 (546) + 1,6 (300) \\
 &= \mathbf{1135,2 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

4.2.1.4 Analisa Gaya-Gaya Dalam

Pada proses analisis struktur tangga digunakan perhitungan statis tertentu dengan mengasumsikan perlakuan tangga Sendi-Rol.



Gambar 4.7 Distribusi Beban pada Tangga

- $\Sigma MA = 0$
 $3,5Vc - q_2 \times 2,00 \times 2,50 - q_1 \times 1,5 \times 0,75 = 0$
 $3,5Vc - 8917,55 = 0$
 $Vc = 2547,87 \text{ kg}$
 - $\Sigma MC = 0$
 $3,5Va - q_2 \times 2,0 \times 1,0 - q_1 \times 1,5 \times 2,75 = 0$
 $3,5Va - 7738,88 = 0$
 $Va = 2211,11 \text{ kg}$
- Kontrol
- $\Sigma VA = 0$
 $2211,11 + 2547,87 = 1135,2 \times 1,5 + 528,09 \times 2,0$
 $4758,98 - 4758,98 = 0$

Pelat bordes (1,5 m)

- a. Gaya Momen (M)

$$M_x = Va \times x - \frac{q_1}{2} \times x^2$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$M_B = 2211,11 \times 1,5 - \frac{1135,2}{2} \times 1,5^2 \\ = 2039,56 \text{ kgm}$$

$$M_x' = Va - q_1 \times x$$

$$0 = 2211,11 - 1135,2 \times x$$

x (M maks) = 1,95 m > 1,5 m berarti M maksimum berada pada titik B

$$M_{\max} = 2211,11 \times 1,95 - \frac{1135,2}{2} \times 1,95^2 = 2153,37 \text{ kgm}$$

- b. Gaya Lintang (D)

$$D_{Akanan} = Va \\ = 2211,11 \text{ kg}$$

$$D_{Bkiri} = Va - q_1 \times x \\ = 2211,11 - 1135,2 \times 1,5 \\ = 508,31 \text{ kg}$$

- c. Gaya Normal (N)

$$N_{A-B} = 0 \text{ kg}$$

Pelat tangga C-B (2 m)

- a. Gaya Momen (M) (Dari arah kanan)

$$M_x = Vc \times x - \frac{q_2}{2} \times x^2$$

$$M_C = 0 \text{ kgm}$$

$$M_B = 2547,87 \times 2,0 - \frac{1528,09}{2} \times 2,0^2 \\ = 2039,56 \text{ kgm}$$

$$M_x' = Vc - q_2 \times x \\ = 2547,87 - 1528,09 \times x = 0$$

x = 1,67 m (Momen maksimum terjadi di titik ini)

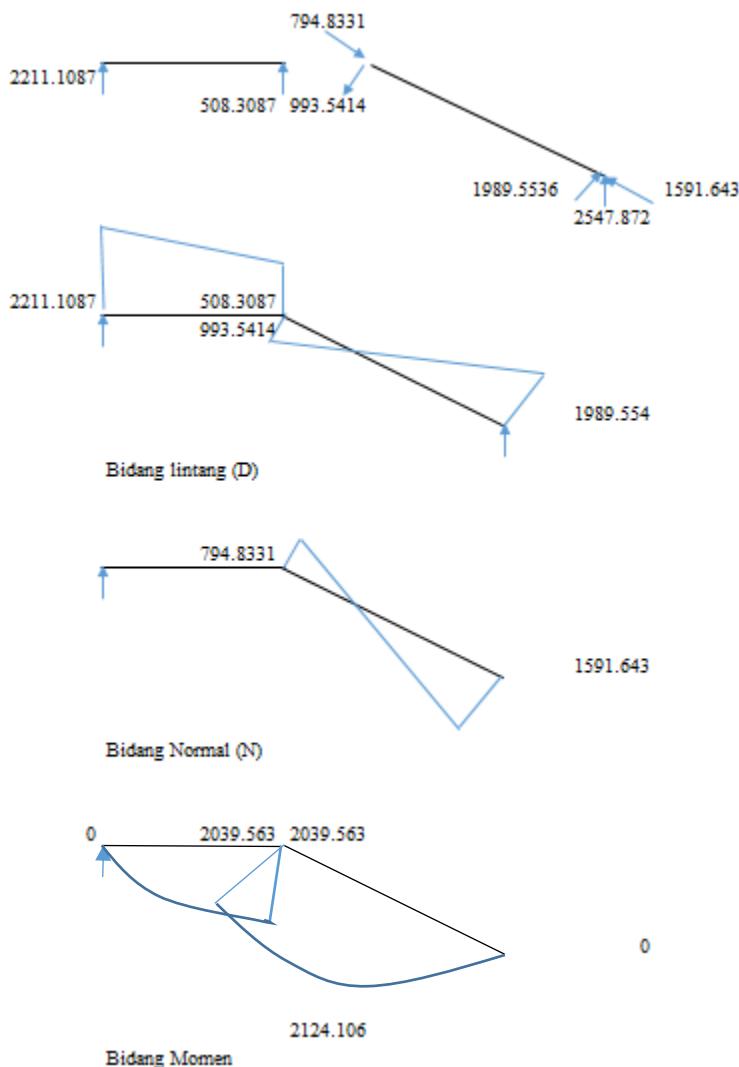
$$\begin{aligned} M_{maks} &= 2547,87 \times 1,67 - \frac{1528,09}{2} \times 1,67^2 \\ &= 2124,11 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Gaya Lintang (D) (Dari arah kanan)

$$\begin{aligned} D_{Ckiri} &= Vc \times \cos(\alpha) \\ &= 2547,87 \times \cos(38,66) \\ &= 1989,55 \text{ kg} \\ D_{Bkanan} &= (Vc - q2 \times x) \times \cos(\alpha) \\ &= (2547,87 - 1528,09 \times 2,5) \cos \times \\ &\quad (38,66) \\ &= -993,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Gaya Normal (N)

$$\begin{aligned} N_C &= Vc \times \sin(\alpha) \text{ kg} \\ &= -2547,87 \times \sin(38,66) \\ &= -1591,64 \text{ kg} \\ N_B &= (-Vc + q2 \times 2,5) \times \sin(\alpha) \\ &= (-2547,87 + 1528,09 \times 2,5) \times \\ &\quad \sin(38,66) \\ &= 794,83 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Freebody reaksi gaya-gaya pada Tangga

4.2.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

a. Data - Data Perencanaan

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Berat jenis beton} = 2400 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan arah y} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat tangga} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat bordes} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,80 \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

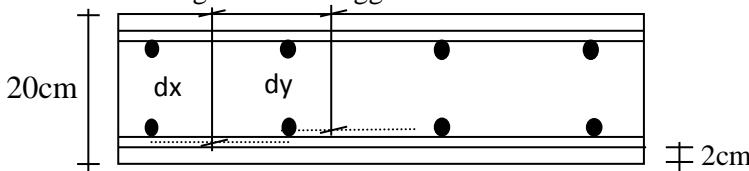
$$\rho_{min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f'c}}{fy} = 0,0037 \text{ (menentukan)}$$

$$\text{Atau tidak lebih kecil dari } = \frac{1,4}{fy} = 0,0035 \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\phi = 0,9$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = 13,44$$

b. Penulangan Pelat Tangga



Gambar 4.9 Penulangan Pelat Tangga

$$dx = 200 - 20 - \frac{16}{2} = 172 \text{ mm}$$

$$dy = 200 - 20 - 16 - \frac{13}{2} = 157,5 \text{ mm}$$

- Tulangan Utama

$$Mu = 2124,1057 \text{ kgm} \\ = 21241057 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\varphi bd^2} = \frac{21241057}{0,9 \times 1000 \times 172^2} = 0,797 \\
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) = 0,002022 \\
 \rho_{pakai} &= 0,0037 \\
 As &= \rho bd = 0,0037 \times 1000 \times 172 = 635,98 \text{ mm}^2 \\
 A_{D16} &= \frac{1}{4} \pi d^2 = 201,06 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{As}{A_{D16}} = 3,16 \approx 4 \\
 s &= \frac{1000}{n} = 250 \text{ mm} \\
 s_{maks} &= 5d = 5 \times 200 = 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Atau menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5, tulangan utama berspasii tidak lebih jauh dari = 450 mm

Memperhatikan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, maka digunakan **tulangan lentur D16-200 mm**

- Penulangan arah melintang pelat

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2 penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan : $\rho = 0,0018$

Diameter tulangan = 13 mm

$$fy = 400 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0,0018$$

$$\begin{aligned}
 As_{perlu} &= \rho bd = 0,0018 \times 1000 \times 157,5 = 283,5 \\
 &\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{D16} = \frac{1}{4} \pi d^2 = 132,74 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D16}} = \frac{283,5}{132,74} = 2,14 \approx 3$$

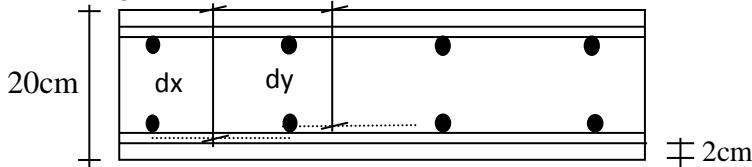
$$s_{perlu} = \frac{1000}{n} = 333,33 \text{ mm}$$

$$s maksi = 5 \times h = 5 \times 200 = 1000 \text{ mm}$$

Atau menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2, tulangan susut berspasii tidak lebih jauh dari = 450 mm

Maka digunakan **tulangan susut D13-300 mm**

c. Penulangan Pelat Bordes

**Gambar 4.10** Penulangan Pelat Bordes

$$dx = 200 - 20 - \frac{16}{2} = 172 \text{ mm}$$

$$dy = 200 - 20 - 16 - \frac{13}{2} = 157,5 \text{ mm}$$

• Tulangan Utama

$$Mu = 2039,5630 \text{ kgm}$$

$$= 20395630 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi bd^2} = \frac{20395630}{0,9 \times 1000 \times 172^2} = 0,766016$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) = 0,00194$$

$$\rho_{pakai} = 0,0037$$

$$As = \rho bd = 0,0037 \times 1000 \times 172 = 635,98 \text{ mm}^2$$

$$A_{D16} = \frac{1}{4} \pi d^2 = 201 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As}{A_{D16}} = 3,16 \approx 4$$

$$s = \frac{1000}{n} = 250 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 5d = 5 \times 200 = 1000 \text{ mm}$$

Atau menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5, tulangan utama berspasii tidak lebih jauh dari = 450 mm

Memperhatikan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, maka digunakan **tulangan lentur D16-200 mm**

- Penulangan arah melintang pelat

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2 penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan : $\rho = 0,0018$

Diameter tulangan = 13 mm

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0,0018$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0018 \times 100 \times 157,5 = 283,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{D16} = \frac{1}{4} \pi d^2 = 142,74 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{D16}} = \frac{283,5}{142,74} = 2,136 \approx 3$$

$$s = \frac{1000}{n} = 333,33 \text{ mm}$$

Atau menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2, tulangan susut berspasial tidak lebih jauh dari = 450 mm

Maka digunakan tulangan susut **D13-300 mm**

d. Penulangan Balok Bordes

- Perencanaan dimensi balok bordes

$$L \text{ bordes} = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 45 = 30 \text{ cm}$$

Maka digunakan dimensi balok bordes 30/45

$$H = 3 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- Pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \times 0,45 \times 2400 = 324 \text{ kg/m}$$

$$\underline{\text{Berat dinding}} = 3/2 \times 250 = 375 \text{ kg/m} +$$

$$Q_d = 699 \text{ kg/m}$$

$$qu = 1,4 qd = 1,4 \times 699 = 978,6 \text{ kg/m}$$

$$\underline{\text{Beban pelat bordes}} = 1135,2 = 1135,2 \text{ kg/m} +$$

$$qu \text{ total} = 2113,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momen tumpuan} = \frac{1}{16} \times qu \times l^2 = 1189,0125 \text{ kgm}$$

$$= 11890125 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen lapangan} = \frac{1}{11} \times qu \times l^2 = 1729,4727 \text{ kgm}$$

$$= 17294727 \text{ Nmm}$$

$$\text{Vu total} = 0,5 \times qu \times l = 3170,7 \text{ kg}$$

$$= 31707 \text{ N}$$

- Penulangan lentur balok bordes

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 16 \text{ mm (deformed)}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{16}{2} = 392 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,44$$

$$\varphi = 0,9$$

- Penulangan Tumpuan

$$Mu = 11890125 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi bd^2} = \frac{11890125}{0,9 \times 300 \times 392^2} = 0,2865$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = 0,00072$$

$$\rho_{min} = 0,0037$$

$$As_{perlu} = \rho_{min} \times b \times d = 434,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{D16} = 201 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D16}} = \frac{434,8}{201} = 2,17 \approx 3$$

Maka digunakan tulangan lentur tumpuan atas 3D16

$$As'_{perlu} = 0,5 As_{perlu} = 217,4 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D16}} = \frac{217,4}{201} = 1,08 \approx 2$$

Maka digunakan tulangan lentur tumpuan bawah 2D16

- Penulangan Lapangan

$$Mu = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{17294727}{0,9 \times 300 \times 392^2} = 17294727 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{17294727}{0,9 \times 300 \times 392^2} = 0,4168$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = 0,00072$$

$$\rho_{min} = 0,0037$$

$$As_{perlu} = \rho_{min} \times b \times d = 434,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{D16} = 201 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D16}} = \frac{434,8}{201} = 2,16 \approx 3$$

Maka digunakan tulangan lentur lapangan bawah 3D16

$$As'_{perlu} = 0,5 As_{perlu} = 217,42 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D16}} = \frac{217,42}{201} = 1,08 \approx 2$$

Maka digunakan tulangan lentur lapangan atas 2D16

- Penulangan Tulangan Geser Balok Bordes

$$Vu_{total} = 31707 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times bw \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 392 = 115955,2 \text{ N}$$

$$\varphi Vc = 0,75 \times 115955,2 = 86966,37 \text{ N}$$

$$0,5\varphi Vc = 0,5 \times 86966,37 = 43483,19 \text{ N}$$

Karena $Vu < 0,5\varphi Vc$, maka tidak dibutuhkan tulangan geser.

4.2.2 Perencanaan Balok Lift

4.2.2.1 Data Perencanaan

Perencanaan balok lift meliputi balok penumpu, balok penggantung dan berkaitan dengan ruang mesin lift.. Pada bangunan ini digunakan lift yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut:

Merk Lift	: Hyundai Elevator
Tipe Lift	: LUXEN
Model	: Manufacturer Standart
Kapasitas	: 1000 kg
Kecepatan	: 105 m/menit

Motor	:	15 KW
Lebar pintu (opening width)	:	1100 mm
Dimensi sangkar (car size)	:	
- Car wide (CA)	:	2100 mm
- Car depth (CB)	:	1100 mm
Dimensi ruang luncur (hoistway size)		
- Hoistway width (HX2)	:	5200 mm
- Hoistway depth (HY)	:	1800 mm
Dimensi ruang mesin (2 Car)	:	
- Hoistway width (HX2)	:	5200 mm
- Hoistway depth (HY)	:	3600 mm
Beban reaksi ruang mesin		
- R1	:	5450 kg
- R2	:	4300 kg

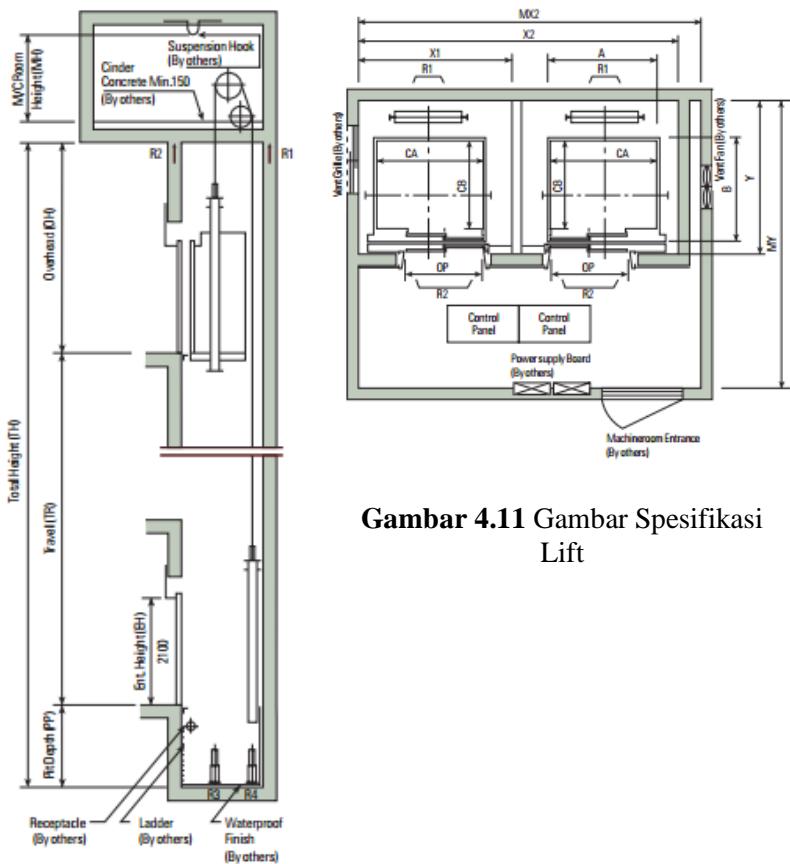
Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel:

Tabel 4.3 Spesifikasi Lift

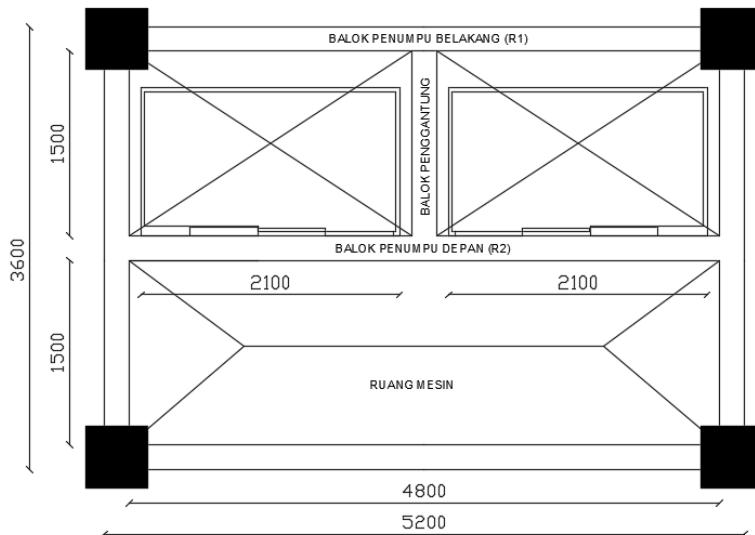
Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)			
						Internal CA x CB	External A x B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4		
	Persons	kg				800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500
1.0	6	450				800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900
	8	550				800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100
	9	600				800	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
	10	700				800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2800	7100	5600
1.5	11	750				900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600
	13	900				900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100	6300
1.75	15	1000				900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600
						1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600				
	17	1150	2 Panel			1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700
	20	1350	Side			1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500
	24	1600	Open			1200	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2450	5000	2750	2450	5000	4500	8500	6800	13600	10400



Gambar 4.11 Gambar Spesifikasi Lift



Gambar 4.12 Denah Hoistway Lift

4.2.2.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift

A. Balok Penggantung Lift

Panjang balok penggantung (beserta ruang mesin) =
5300 mm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 5300 = 331,25 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

Dirancang dimensi balok penggantung lift 30/50

B. Balok Penumpu Lift

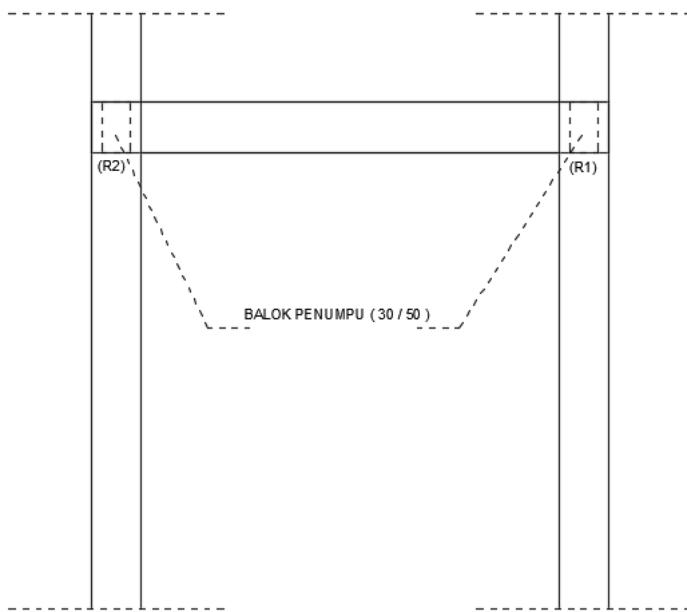
Panjang balok penumpu lift (beserta ruang mesin) =
3600 mm

$$h_{\min} = 1/16 \times 3600 = 225 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

Dirancang dimensi balok penumpu lift 30/50



Gambar 4.13 Potongan Lift (Tampak Balok Penggantung)

4.2.2.3 Pembebanan Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu
Beban yang bekerja pada balok penumpu adalah beban mati (pelat, aspal, ducting, dll) dan beban hidup
2. Pada SNI 1727:2013 pasal 4.6 tentang *Impact Load* menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-driven. Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

Beban reaksi ruang mesin dari brosur lift:

- R1 = 5450 Kg
- R2 = 4300 Kg

Beban reaksi setelah Impact Load SNI 1727:2013:

$$- R1' = R_1 \times (1 + 0,5) = 5450 \times (1 + 0,5) = 8175 \text{ Kg}$$

$$- R2' = R2 \times (1 + 0,5) = 4300 \times (1 + 0,5) = 6450 \text{ Kg}$$

3. Koefisien kejut beban hidup keran

Pasal 3.3(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri ditambah muatan yang diangkat. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut:

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana:

Ψ : koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

V : kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s

K_1 : koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

K_2 : koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah:

$$\psi = (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) = 1,78$$

$$R1 = \psi \times R1' = 1,78 \times 8175 = 14551,5 \text{ kg}$$

$$R2 = \psi \times R2' = 1,78 \times 6450 = 11481 \text{ kg}$$

4.2.2.4 Balok Penumpu Lift 30/50

a. Pembebanan

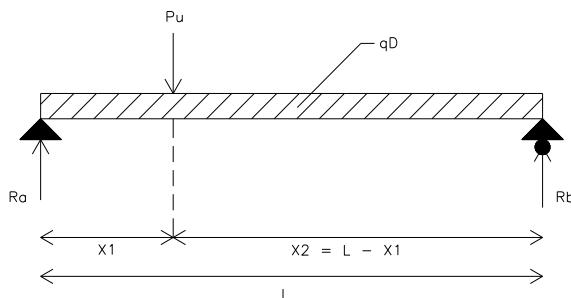
Beban mati lantai:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Berat pelat} & = 0,20 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Aspal}(t=2\text{cm}) & = 2 \times 14 & = 28 \text{ kg/m}^2 \\
 \underline{\text{Dacting+Plumbing}} & & = 30 \text{ kg/m}^2 + \\
 & & = 538 \text{ kg/m}^2 \\
 q & = 538 \times 5,3 & = 2851,4 \text{ kg/m} \\
 \underline{\text{Akibat balok}} & = 0,3 \times 0,5 \times 2400 & = 360 \text{ kg/m} \\
 qD & & = 3211,4 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Beban Berfaktor:

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,4 \times qD \\
 &= 1,4 \times 3211,4 = 4495,96 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya dalam yang bekerja pada balok lift:



Gambar 4.14 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

a. Berat Mesin (P_u) dan Posisi Suspension Hook

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 -(R_B \times L) + (P_u \times X_1) &= 0 \\
 P_u \times X_1 &= R_B \times L \\
 P_u &= \frac{14551,5 \times 3,6}{X_1}
 \end{aligned}$$

$$P_u = \frac{52385,4}{X_1}$$

.....Persamaan 1

$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= 0 \\ (R_A \times L) - (P_u \times X_2) &= 0 \\ (R_A \times L) - (P_u \times (L - X_1)) &= 0 \\ 11481 \times 3,6 &= \frac{52385,4}{X_1} \times (3,6 - X_1) \\ 41331,6 &= \frac{188587,4}{X_1} - 52385,4 \\ 93717 &= \frac{188587,4}{X_1} \\ X_1 &= \frac{188587,4}{93717} = 2,01 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= L - X_1 \\ &= 3,6 \text{ m} - 2,01 \text{ m} = 1,59 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{52385,4}{X_1} = \frac{52385,4}{2,01} = 26032,5 \text{ kg} \\ R_a &= \frac{P_u \times X_2}{L} = \frac{26032,5 \times 1,59}{3,6} = 11481 \text{ kg} \\ R_b &= \frac{P_u \times X_1}{L} = \frac{26032,5 \times 2,01}{3,6} = 14551,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} R_a + R_b - \Sigma P &= 0 \\ 11481 + 14551,5 - 26032,5 &= 0 \\ 0 &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

b. Momen Maksimum (Mu)

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} \times qu \times L^2 + \frac{P_u \times X_1 \times X_2}{L} \\ &= \frac{1}{8} \times 4495,96 \times 3,6^2 + \frac{26032,5 \times 2,01 \times 1,59}{3,6} \\ &= 30386,76 \text{ kgm} \end{aligned}$$

c. Gaya Geser (Vu)

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times qU \times L + R_a \\ &= \frac{1}{2} \times 4495,96 \times 3,6 + 11481 = 19573,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

Data Perencanaan:

$f'c$	= 35 MPa
f_y	= 400 MPa
Tulangan utama	= D22 mm
Tulangan sengkang	= $\varphi 13$ mm
b	= 300 mm
h	= 500 mm
$d = 500 - 40 - 13 - \frac{1}{2}x22$	= 436 mm
$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(35-28)}{7}$	= 0,80
	(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)
$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$	= 0,0035
	(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)
atau	$= \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400}$ = 0,0037 (menentukan)
m	$= \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85} \times 35$ = 13,45

b. Perhitungan Tulangan Lentur

M_u	= 30386,75982 kgm
	= 303867598,2 Nmm
ϕ	= 0,9
M_n	$= \frac{M_u}{\phi} = \frac{303867598,2}{0,9}$ = 337630664,6 Nmm
R_n	$= \frac{M_n}{bd^2} = \frac{337630664,6}{300 \times 436^2}$ = 5,92
ρ_{perlu}	$= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right)$ = 0,01667 (dipakai)
$A_{Sp\!erlu}$	$= \rho_{perlu} \times b \times d = 0,01667 \times 300 \times 436 = 2180,28 \text{ mm}^2$
A_{D22}	= 387 mm^2
n	$= \frac{A_{Sp\!erlu}}{A_{D22}} = \frac{2180,28}{387}$ = 5,633 ≈ 6

Maka digunakan tulangan lentur 6D22 (2322 mm^2)

c. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 19573,728 \text{ kg} = 195737,28 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.2.3)}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f' c b d} = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 436 = 128970,54 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 128970,54 = 96727,91 \text{ N}$$

Karena $\phi V_c = 96727,91 \leq V_u = 195737,28 \text{ N}$ maka dibutuhkan tulangan geser

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{195737,28}{0,75} = 260983,04 \text{ N}$$

$$V_{\text{butuh}} = V_n - V_c = 260983,04 - 128970,54 = 132012,5 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{436}{2} = 218 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5.1)

Atau $= 600 \text{ mm}$

Dipakai s $= 150 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi d^2 = \frac{1}{2} \times \pi \times 13^2 = 265,4 \text{ mm}^2$$

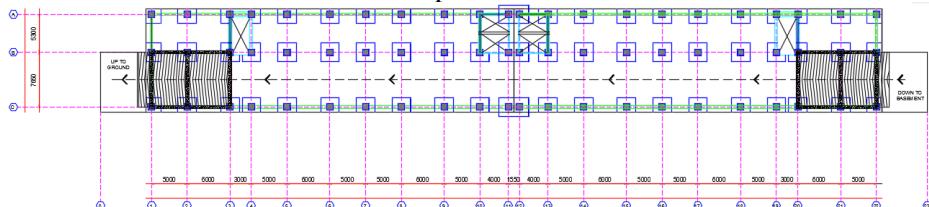
$$V_s = A_v \times f_y \times \frac{d}{s} = 265,4 \times 240 \times \frac{436}{150} = 185188 \text{ N} \geq V_{\text{butuh}} = 132012,5 \text{ N}$$

Maka digunakan tulangan geser φ13-150 mm

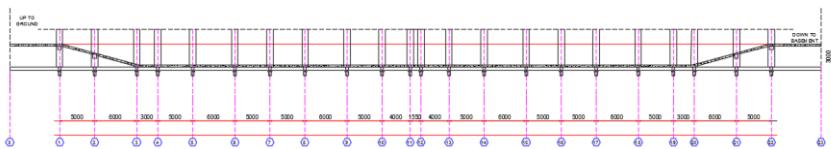
4.2.3 Perencanaan Ramp

Pada perencanaan ini, struktur ramp dimodelkan sebagai *frame* statis tertentu. Struktur ramp sejumlah 2 buah menghubungkan lantai ground menuju basement.

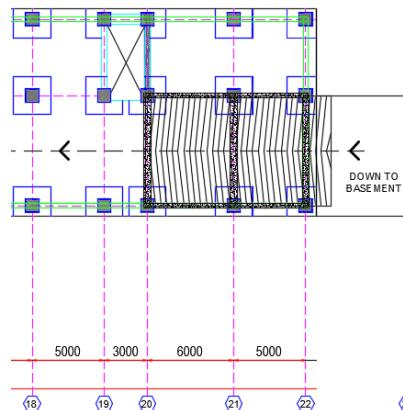
4.2.3.1 Denah Struktur Ramp



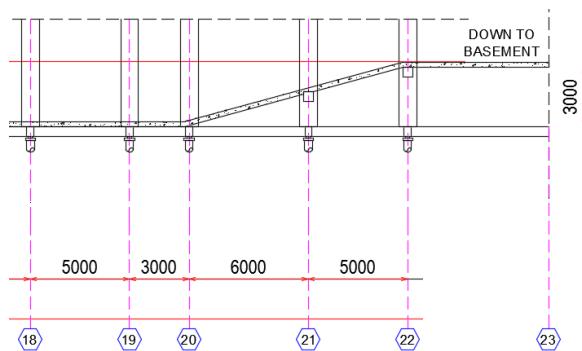
Gambar 4.15 Denah Ramp pada Basement-Ground



Gambar 4.16 Tampak Potongan Ramp pada Basement-Ground

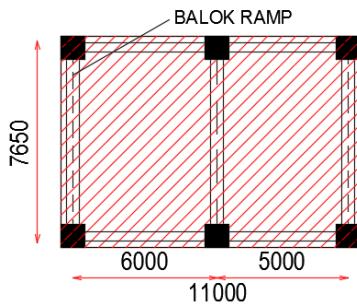


Gambar 4.17 Detail Denah Rancana Ramp



Gambar 4.18 Detail Tampak Samping Rancana Ramp

4.2.3.2 Dimensi Awal



Gambar 4.19 Denah Rancana Pelat Ramp

Data – Data Perencanaan:

➤ f'_c	= 35 MPa
➤ f_y	= 400 MPa
➤ Lebar ramp	= 7,65 m
➤ Tebal pelat ramp (tp)	= 20 cm
➤ Elevasi basement	= -3,00 m
➤ Elevasi Ramp	= ± 0,00 m
➤ Panjang total ramp	= 1100 cm
➤ Kemiringan ramp (α)	
arctan(α)	= $\frac{\text{elevasi basemet menuju ground}}{\text{panjang ramp}}$
	= $\frac{300}{1100} = 0,27273$
α	= 15°

4.2.3.3 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur Pembebanan Pelat Ramp

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat ramp} = \frac{0,2}{\cos(15)} \times 2400 = 496,93 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Aspal (2cm)} = \frac{2 \times 14}{\cos(15)} = 28,98 \text{ kg/m}^2$$

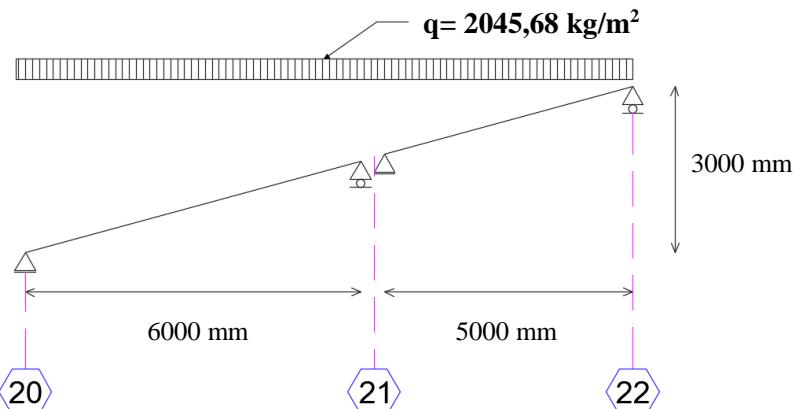
$$\text{Spesi horizontal (2cm)} = \frac{2 \times 21}{\cos(15)} = 43,48 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{Dackting + Plumbing} = \frac{30}{\cos(15)} \\ \hline \text{Beban mati (qD)} \end{array} = 31,05 \text{ kg/m}^2 + = 600,44 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{Beban Hidup (qL)} \\ \text{Berat lantai ramp} = \frac{800}{\cos(15)} \end{array} \quad (\text{PPIUG 1983 Tabel 3.1}) = 828,22 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 (600,44) + 1,6 (828,22) \\ &= 2045,68 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.20 Pembebanan Pelat Ramp

4.2.3.4 Tahap Penulangan Pada Ramp

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 pasal (10.2.7.3)}$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho b = \frac{0.85\beta_1 f' c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \text{SNI 2847:2013}$$

lampiran B (8.4.2)

$\rho_{\max} = 0.025$ SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1)

$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b$ SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

ρ min = 0.00 SNI 2847:2013 pasal (7.12.2.1)

- #### 4. Menentukan harga m

$$m = \frac{fy}{0.85 fc'}$$

- ### 5. Menentukan R_n

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2}$$

Diketahui harga $\emptyset = 0.75$*SNI 2847:2013 pasal (9.3.2.7)*

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

Dimana :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{paku}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari $\hat{\sigma}$ yang didapat

$$\rho = \frac{As}{bx d} \quad \text{---} \rightarrow \quad As = \rho x b x d$$

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan
 $S < 450 \text{ mm} \dots\dots\dots\dots\dots SNI 2847:2013 \text{ pasal } (7.6.5)$
 $S < 3 \times h \dots\dots\dots\dots\dots SNI 2847:2013 \text{ pasal } (7.6.5)$
 9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = $A_{\text{Spesial}} / A_{\text{Tulang}}$
 10. Jarak tulangan (s) = $1000/n$

4.2.3.4 Perhitungan Penulangan Pelat Ramp

a. Data - Data Perencanaan

Mutu beton ($f'c$)	= 35 MPa
Mutu baja (fy)	= 400 MPa
Berat jenis beton	= 2400 MPa
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Diameter tulangan arah y	= 13 mm
Balok Ramp	= 30/40
Tebal pelat ramp	= 200 mm

Tebal selimut beton minimum untuk tulangan, SNI 03-2847-2013 pasal 7.7.1 :

Beton yang berhubungan dengan tanah dan cuaca

Batang D-19 hingga D-56 50

Batang D16, jarring kawwat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil 40

Tebal selimut beton = 50 mm

$$\beta_1 = 0,80 \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

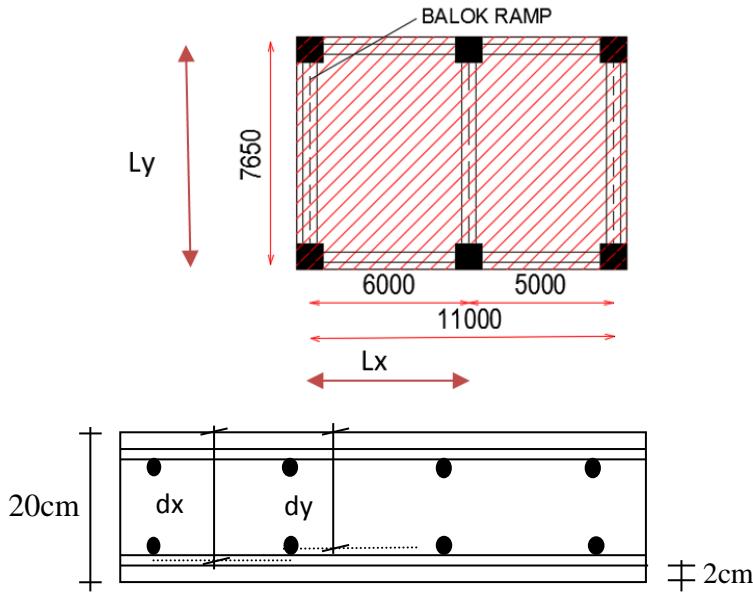
$$\rho_{min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0,0037 \text{ (menentukan)}$$

Atau tidak lebih kecil dari $\frac{1,4}{f_y} = 0,0035$

$$(\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\frac{\varphi}{m} = \frac{f_y}{0.85 \times f_{ic}} = 13,44$$

b. Penulangan Pelat Ramp



Gambar 4.21 Penulangan Pelat Ramp

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat (h)} - \text{selimut beton (c.c)} - (1/2 \times \text{diameter tulangan rencana bawah}) \\ &= 200 - 50 - \frac{22}{2} = 139 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$dy = 200 - 50 - 22 - \frac{13}{2} = 121,5 \text{ mm}$$

$$Lx = 600 - \left(\frac{30 + 30}{2} \right) = 570 \text{ cm}$$

$$Ly = 765 - \left(\frac{30 + 30}{2} \right) = 735 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{735}{570} = 1.29 \approx 1.3 < 2 \rightarrow \text{Pelat dua arah}$$

$$\begin{aligned} Qu &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 2045,68 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan PBI 1971 pasal 13.4.2, menggunakan koefisien momen yang tercantum dalam tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut:

$$M_{lx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0,001 \times 2045,68 \times 5,70^2 \times 31 = 2791,49 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0,001 \times 2045,68 \times 5,70^2 \times 69 = -531,72 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot qu \cdot Ly^2 \cdot X = 0,001 \times 2045,68 \times 7,35^2 \times 19 = 9172,55 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot qu \cdot Ly^2 \cdot X = 0,001 \times 2045,68 \times 7,35^2 \times 57 = -6299,23 \text{ kgm}$$

Dimana : M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{ly} = Momen lapangan arah y

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

X = Nilai konstanta dari perbandingan Ly/Lx

- Perhitungan tulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$\beta = 1,3$$

$$\alpha_m = 2,53 \text{ (terjepit penuh)}$$

$$M_{lx} = 2791,49 \text{ kgm}$$

$$= 27914900 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\varphi bd^2} = \frac{27914900}{0,9 \times 1000 \times 139^2} = 1,606$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,00413$$

$$\rho_{min} = 0,0037$$

$$\rho_{pakai} = 0,00413$$

$$As = \rho bd = 0,00413 \times 1000 \times 139 = 574,02 \text{ mm}^2$$

$$A_{D22} = \frac{1}{4} \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As}{A_{D32}} = 2,03 \approx 3 \\
 s &= \frac{1000}{n} = 333,33 \text{ mm} \\
 s_{maks} &= 5d = 5 \times 200 = 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Atau menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5, tulangan utama berspasii tidak lebih jauh dari = 450 mm

Memperhatikan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, maka digunakan **tulangan lentur D22-300 mm**

- Penulangan Arah Melintang pelat

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2 penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan : $\rho = 0,0018$

Diameter tulangan = 13 mm

$$fy = 400 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0,0018$$

$$As_{perlu} = \rho bd = 0,0018 \times 1000 \times 121,5 = 250,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{D13} = \frac{1}{4} \pi d^2 = 132,74 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D16}} = \frac{272,7}{132,74} = 1,89 \approx 2$$

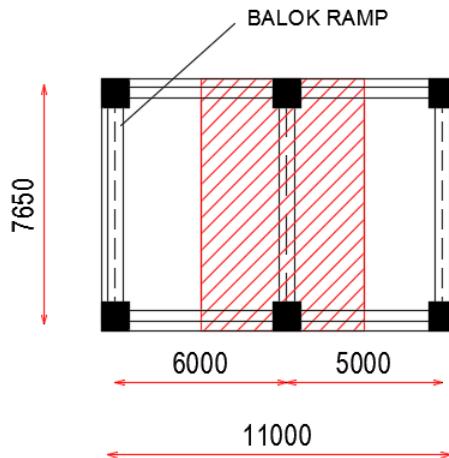
$$s_{perlu} = \frac{1000}{n} = 500 \text{ mm}$$

$$s maks = 5 \times h = 5 \times 200 = 1000 \text{ mm}$$

Atau menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2, tulangan susut berspasii tidak lebih jauh dari = 450 mm

Maka digunakan **tulangan susut D13-450 mm**

4.2.3.5 Perencanaan Balok Melintang Ramp



Gambar 4.22 Pembebanan Balok Melintang Ramp

Pembebanan Pelat Ramp

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat ramp} = \frac{0,2}{\cos(15)} \times 2400 = 496,93 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Aspal (2cm)} = \frac{2 \times 14}{\cos(15)} = 28,98 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi horizontal (2cm)} = \frac{2 \times 21}{\cos(15)} = 43,48 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dackting + Plumbing} = \frac{30}{\cos(15)} = 31,05 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Beban mati (qD)} = 600,44 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (qL) (PPIUG 1983 Tabel 3.1)

$$\text{Berat lantai ramp} = \frac{800}{\cos(15)} = 828,22 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL} \\ &= 1,2 (600,44) + 1,6 (828,22) \end{aligned}$$

$$= 2045,68 \text{ kg/m}^2$$

Beban Berfaktor

$$qU = 2045,68 \text{ kg/m}^2 \times (3 + 2,5) \text{ m} \\ = 11251,24 \text{ kg/m}$$

Tahap Perhitungan Penulangan Pada Balok Melintang Ramp

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur balok adalah sebagai berikut:

- Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u
 - Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f' c - 28)}{7} \quad \dots \text{SNI 2847:2013 pasal (10.2.7.3)}$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho b = \frac{0.85\beta_1 f' c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \text{SNI 2847:2013}$$

lampiran B (8.4.2)

$\rho_{\max} = 0.025$ SNI 2847:2013 *pasal (21.5.2.1)*

$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b$ SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

ρ min = 0.00 SNI 2847:2013 pasal (7.12.2.1)

- #### 4. Menentukan harga m

$$m = \frac{fy}{0.85 fc'}$$

- ### 5. Menentukan R_n

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2}$$

Diketahui harga $\phi = 0.75 \dots \dots \dots SNI 2847:2013$ pasal (9.3.2.7)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

Dimana :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

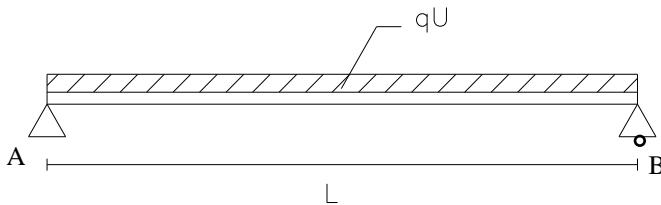
7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{As}{bx d} \quad \rightarrow \quad As = \rho x b x d$$

$$8. \ Jumlah_tulangan = \frac{As_{\text{perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2}$$

$$9. \ Jarak_tulangan = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

Gaya yang Bekerja pada Balok Ramp



Gambar 4.23 Pembebanan Balok Melintang Ramp

Bentang (L) : 7,65 m

Momen (Mu) :

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 11251,24 \times 7,65^2 \\ &= 82306,34 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser (Vu) :

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 11251,24 \times 7,65 \\ &= 43035,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

Analisa Gaya Dalam pada Balok

Pada proses analisis struktur balok digunakan perhitungan statis tertentu dengan mengasumsikan perletakan balok Sendi-Rol.

➤ $\Sigma MA = 0$

$$7,65Vb - q_u \times 7,65 \times 3,825 = 0$$

$$7,65Vb - 329225,35 = 0$$

$$Vb = 43036 \text{ kg}$$

➤ $\Sigma MB = 0$

$$7,65Va - q_u \times 7,65 \times 3,825 = 0$$

$$7,65Va - 329225,35 = 0$$

$$Va = 43036 \text{ kg}$$

Kontrol

➤ $\Sigma VA = 0$

$$Va + Vb - q_u \times 7,65 = 0$$

$$43036 + 43036 - 11251,24 \times 7,65 = 0$$

$$86072 - 86072 = 0 \quad (\text{OK})$$

a. Gaya Momen (M)

$$M_x = Va \times x - \frac{q_u}{2} \times x^2$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_B &= 43036 \times 7,65 - \frac{11251,24}{2} \times 7,65^2 \\ &= 0 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_x' = Va - q_1 \times x$$

$$0 = 43036 - 11251,24 \times x$$

$$x (\text{M maks}) = 3,825 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 43036 \times 3,825 - \frac{11251,24}{2} \times 3,825^2 \\ &= 82306,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Gaya Lintang (D)

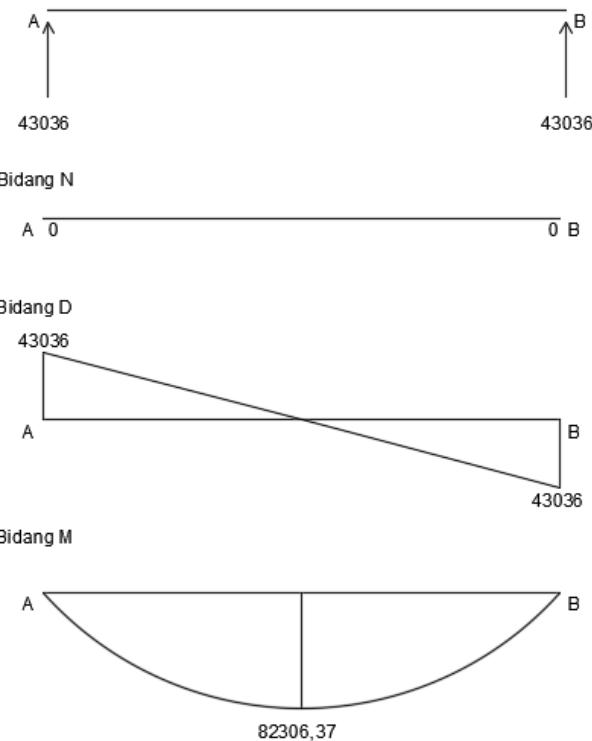
$$\begin{aligned} D_{Akanan} &= Va \\ &= 43036 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{Bkiri} &= Va - qu \times x \\ &= 43036 - 11251,24 \times 7,65 \\ &= -43036 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Gaya Normal (N)

$$N_{A-B} = 0 \text{ kg}$$

Gambar Diagram Gaya Dalam:



Gambar 4.24 Gaya Dalam Balok Melintang Ramp

Data Perencanaan Balok Ramp:

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 35 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{Tulangan utama} &= D22 \text{ mm} \\
 \text{Tulangan sengkang} &= \varphi 16 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} \\
 \text{decking (d')} &= 50 \text{ mm} \\
 h &= 400 \text{ mm} \\
 d &= 400 - 50 - 16 - \frac{1}{2}x22 = 333 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05(35-28)}{7} = 0,80 \text{ (SNI 2847:2013)}
 \end{aligned}$$

pasal 10.2.7.3)

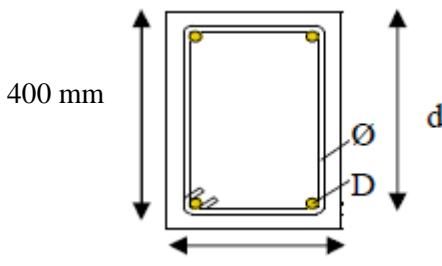
$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI}$$

2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\text{atau } = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} = \mathbf{0,0037}$$

(menentukan)

$$m = \frac{f_y}{0,85f'_c} = \frac{400}{0,85} \times 35 = 13,45$$



$$d = hf - d' - \varnothing - (0,5 \times \varnothing)$$

$$d = 400 - 50 - 16 - (0,5 \times 22)$$

$$d = 333$$

- d. Perhitungan Tulangan Lentur
 1. Mencari ρ balance

$$\rho b = \frac{0.85\beta_1 f' c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots SNI\ 2847:2013 \\ lampiran\ B\ (8.4.2)$$

$$= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{400} \times \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0357$$

2. Mencari ρ maksimum

$$\rho_{\max} = \mathbf{0,025} \quad \dots\dots\dots SNI\ 2847:2013\ pasal\ (21.5.2.1)$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho b \quad \dots\dots\dots SNI\ 2847:2013\ lampiran\ B\\ (10.3.3)$$

$$= 0,75 \times 0,057 = \mathbf{0,026775}$$

Di pakai ρ maksimum yang lebih kecil = **0,025**

3. Mencari ρ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} \quad \dots\dots\dots SNI\ 2847:2013\ pasal\ (10.5.1) \\ = 0,0037 \quad \text{(menentukan)}$$

Atau,

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \dots\dots\dots SNI\ 2847:2013\ pasal\ (10.5.1) \\ = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar = 0,0037

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85} \times 35 = 13,45$$

5. Menentukan Mn yang digunakan

a. $M_n = M_u / \Phi$

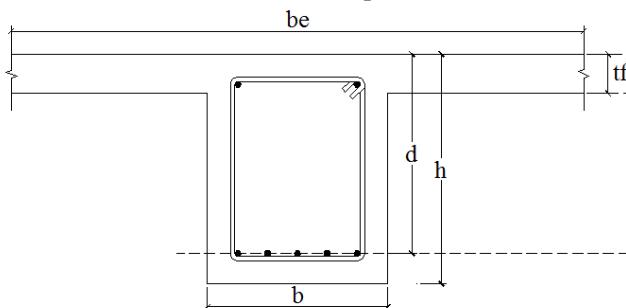
$$M_u = 82306,34 \text{ kgm}$$

$$\Phi = 0,75 \quad (\text{SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3})$$

$$M_n = 82306,34 / 0,75 = 109741,79 \text{ kgm}$$

b. $M_n = C_c (d - 0,5 \times \text{tebal pelat})$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times b_e \times \text{tebal pelat}$$



b_e adalah lebar efektif balok T menerima beban, harga b_e didapat:

$$b_e = \frac{1}{4} L = 0,25 \times 7650 = 1912,5 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + 8 \times \text{tebal pelat} = 300 + 8 \times 20 = 460 \text{ mm}$$

$$b_e = l_n = \text{bentang bersih balok} = 7650 - 2(50+30) = 7490 \text{ mm}$$

dari ketiga b_e yang didapat diambil harga yang paling kecil sebagai harga yang paling menentukan, jadi $b_e = 460 \text{ mm}$

$$C_c = 0,85 \times 35 \times 460 \times 20 = 273700$$

$$M_n = 273700 (333 - 0,5 \times 20) / 10000 = 8840,51 \text{ kgm}$$

Dari harga M_n yang didapat diambil harga M_n yang terbesar sebagai harga yang menentukan, jadi **$M_n = 109741,79 \text{ kgm} = 109741790 \text{ kgmm}$**

6. Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mn}{\phi bd^2}$$

$$= \frac{109741790}{0,75 \times 300 \times 333^2} = 4,398$$

Diketahui harga $\phi = 0,75$ SNI 2847:2013
pasal (9.3.2.7)

7. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 4,398}{400}} \right) = 0,0119$$

Dimana :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

Jadi $\rho_{\text{pakai}} = 0,0119$

8. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$As = \rho x b x d$$

$$As = 0,0119 \times 300 \times 333 = 1188,81 \text{ mm}^2$$

9. Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2}$$

$$= \frac{1188,81}{0,25 \pi \times 22^2} = 3,127 \sim 4 \text{ buah tulangan}$$

10. Menentukan jarak tulangan

$$Jarak, tulangan = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 4 \times 22 - 2 \times 50 - 2 \times 16}{4-1} = 26,667 = 25 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur **D22-25 (1521 mm²)**

e. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} Vu &= 43035,99 \text{ kg} &= 430359,9 \text{ N} \\ \varphi & &= 0,75 & \text{(SNI} \\ 2847:2013 \text{ Pasal } 9.2.3) & & \end{aligned}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f' c b d} = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 333 = 98502,7 \text{ N}$$

$$\varphi Vc = 0,75 \times 98502,7 = 73877,1 \text{ N}$$

Karena $\varphi Vc = 73877,1 \text{ N} \leq Vu = 430359,9 \text{ N}$

maka dibutuhkan tulangan geser

$$Vn = \frac{Vu}{\varphi} = \frac{430359,9}{0,75} = 573812 \text{ N}$$

$$V_{\text{butuh}} = Vn - Vc = 573812 - 98502,7 = 475309,3 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{333}{2} = 166,5 \text{ mm} \quad \text{(SNI}$$

2847:2013 Pasal 11.4.5.1)

$$\text{Atau} & & = 600 \text{ mm}$$

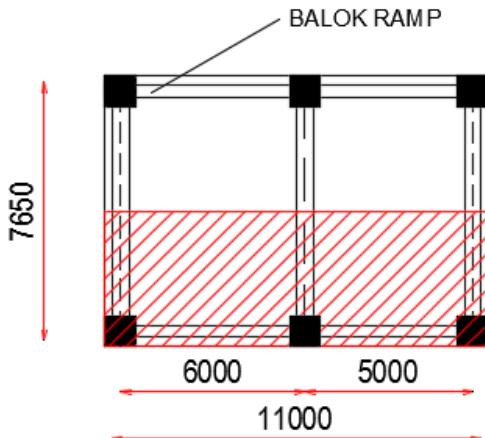
$$\text{Dipakai } s & & = 150 \text{ mm}$$

$$Av = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi d^2 = \frac{1}{2} \times \pi \times 19^2 = 567,05 \text{ mm}^2$$

$$Vs = Av \times fy \times \frac{d}{s} = 567,05 \times 240 \times \frac{333}{150} = 503540,4 \text{ N} \geq V_{\text{butuh}} = 475309,3 \text{ N}$$

Maka digunakan tulangan geser $\varphi 19-150 \text{ mm}$

4.2.3.6 Perencanaan Balok Memanjang Ramp



Gambar 4.25 Pembebanan Balok Memanjang Ramp

Pembebanan Pelat Ramp

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat ramp} = \frac{0,2}{\cos(15)} \times 2400 = 496,93 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Aspal (2cm)} = \frac{2 \times 14}{\cos(15)} = 28,98 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi horizontal (2cm)} = \frac{2 \times 21}{\cos(15)} = 43,48 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dackting + Plumbing} = \frac{30}{\cos(15)} = 31,05 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Beban mati (qD)} = 600,44 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (qL) (PPIUG 1983 Tabel 3.1)

$$\text{Berat lantai ramp} = \frac{800}{\cos(15)} = 828,22 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL} \\ &= 1,2 (600,44) + 1,6 (828,22) \\ &= 2045,68 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Berfaktor

$$qU = 2045,68 \text{ kg/m}^2 \times \left(\frac{7,65}{2}\right) \text{ m}$$

$$= 7824,73 \text{ kg/m}$$

Tahap Perhitungan Penulangan Pada Balok Melintang Ramp

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur balok adalah sebagai berikut:

- Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u
 - Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} \quad \dots\dots SNI\,2847:2013\,pasal\,(10.2.7.3)$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho b = \frac{0.85\beta_1 f' c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \dots SNI\ 2847:2013$$

lampiran B (8.4.2)

$\rho_{\text{max}} = 0.025$ SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1)

$$m = \frac{fy}{0.85 fc'}$$

- ## 5. Menentukan R_n

$$Rn = \frac{Mu}{\phi h d^2}$$

Diketahui harga $\emptyset = 0.75 \dots \dots \dots SNI 2847:2013$ pasal (9.3.2.7)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

Dimana :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

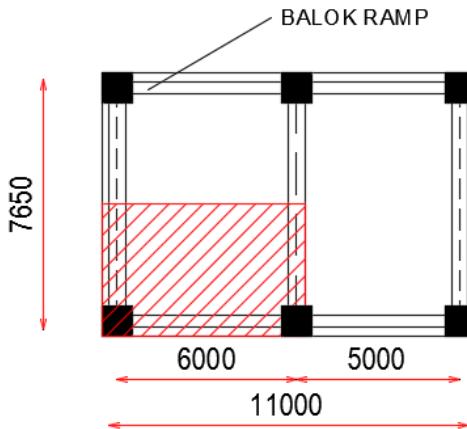
7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{As}{bxd} \quad \rightarrow \quad As = \rho \times b \times d$$

$$8. \text{ Jumlah,tulangan} = \frac{As_{\text{perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2}$$

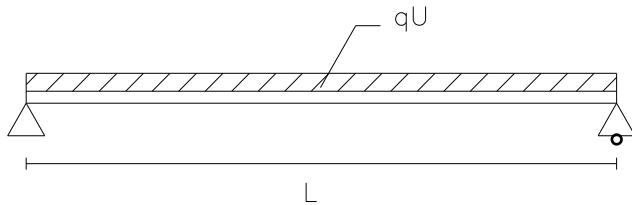
$$9. \text{ Jarak,tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

Perhitungan Balok Memanjang Ramp dengan Bentang (L)
6 meter



Gambar 4.26 Pembebanan Balok Memanjang Ramp Bentang 6 Meter

Gaya yang Bekerja pada Balok Ramp



Bentang (L) : 6 m

Momen (Mu) :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 7824,73 \times 6^2 \\ &= 35211,29 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser (Vu) :

$$\begin{aligned} \text{Vu} &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 7824,73 \times 6 \\ &= 23474,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

Analisa Gaya Dalam pada Balok

Pada proses analisis struktur balok digunakan perhitungan statis tertentu dengan mengasumsikan perletakan balok Sendi-Rol.

➤ $\Sigma MA = 0$

$$6Vb - q_u \times 6 \times 3 = 0$$

$$6Vb - 140845,14 = 0$$

$$Vb = 23474,19 \text{ kg}$$

➤ $\Sigma MB = 0$

$$6Va - q_u \times 6 \times 3 = 0$$

$$6Va - 140845,14 = 0$$

$$Va = 23474,19 \text{ kg}$$

Kontrol

➤ $\Sigma VA = 0$

$$Va + Vb - q_u \times 7,65 = 0$$

$$23474,19 + 23474,19 - 7824,73 \times 6 = 0$$

$$46948,38 - 46948,38 = 0 \quad (\text{OK})$$

a. Gaya Momen (M)

$$M_x = Va \times x - \frac{qu}{2} \times x^2$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$M_B = 23474,19 \times 6 - \frac{7824,73}{2} \times 6^2 \\ = 0 \text{ kgm}$$

$$M_x' = Va - qu \times x$$

$$0 = 23474,19 - 7824,73 \times x$$

$$x (\text{M maks}) = 3 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 23474,19 \times 3 - \frac{7824,73}{2} \times 3^2 = 35211,29 \text{ kgm}$$

b. Gaya Lintang (D)

$$D_{Akanan} = Va \\ = 23474,19 \text{ kg}$$

$$D_{Bkiri} = Va - qu \times x \\ = 23474,19 - 7824 \times 6 \\ = -23474,19 \text{ kg}$$

c. Gaya Normal (N)

$$N_{A-B} = 0 \text{ kg}$$

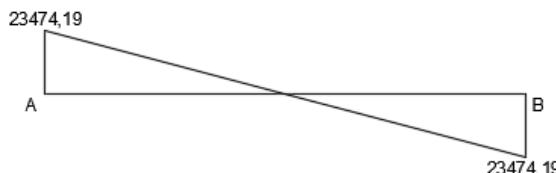
Gambar Diagram Gaya Dalam:



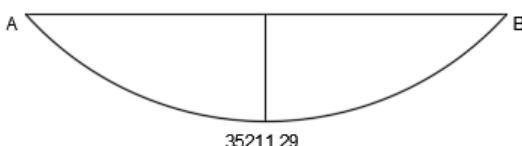
Bidang N



Bidang D



Bidang M



Data Perencanaan Balok Ramp:

f'_c	= 35 MPa
f_y	= 400 MPa
Tulangan utama	= D22 mm
Tulangan sengkang	= $\varphi 16$ mm
b	= 300 mm
decking (d')	= 50 mm
h	= 400 mm
d	$= 400 - 50 - 16 - \frac{1}{2} \times 22 = 333$ mm
β_1	$= 0,85 - \frac{0,05(35-28)}{7} = 0,80$ (SNI 2847:2013)
pasal 10.2.7.3)	

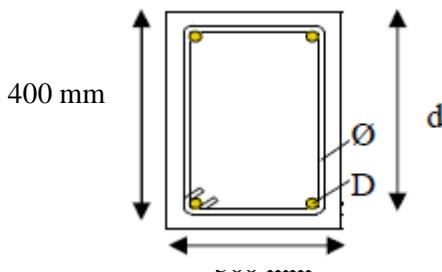
$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI}$$

2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\text{atau } = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} = \mathbf{0,0037}$$

(menentukan)

$$m = \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} \times 35 = 13,45$$



$$d = hf - d' - \Ø - (0,5 \times \Ø)$$

$$d = 400 - 50 - 16 - (0,5 \times 22)$$

$$d = 333$$

Perhitungan Tulangan Lentur

1. Mencari ρ balance

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f' c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots \text{SNI 2847:2013}$$

lampiran B (8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \times \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0357$$

2. Mencari ρ maksimum

$$\rho_{\max} = \mathbf{0,025} \quad \dots\dots\dots \text{SNI 2847:2013 pasal} \\ (21.5.2.1)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho b \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 lampiran B}$$

(10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,057 = \mathbf{0,026775}$$

Di pakai ρ maksimum yang lebih kecil = **0,025**

3. Mencari ρ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{0,25x\sqrt{f'c}}{fy} \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 pasal}$$

(10.5.1)

$$= 0,0037 \quad \text{(menentukan)}$$

Atau,

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 pasal}$$

(10.5.1)

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar
= 0,0037

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{fy}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85} \times 35 = 13,45$$

5. Menentukan Mn yang digunakan

$$Mn = Mu/\Phi$$

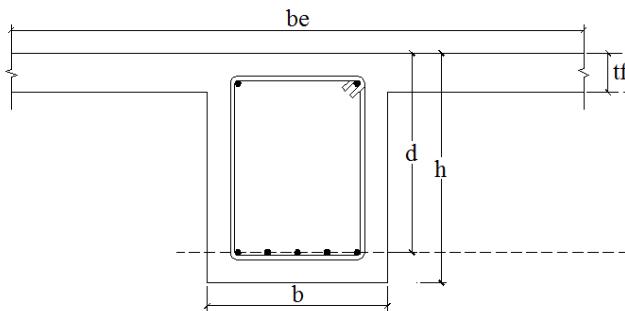
$$Mu = 35211,29 \text{ kgm}$$

$$\Phi = 0,75 \quad (\text{SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.3})$$

$$Mn = 35211,29/0,75 = 46948,39 \text{ kgm}$$

$$Mn = Cc (d - 0,5 \times \text{tebal pelat})$$

$$Cc = 0,85 \times f'c \times b_e \times \text{tebal pelat}$$



be adalah lebar efektif balok T menerima beban, harga be didapat
 $be = \frac{1}{4} L = 0,25 \times 11000 = 2750 \text{ mm}$
 $be = bw + 8x\text{tebal pelat} = 300 + 8 \times 20 = 460 \text{ mm}$
 $be = ln = \text{bentang bersih balok} = 11000 - 2(50+30) = 10840 \text{ mm}$

dari ketiga be yang didapat diambil harga yang paling kecil sebagai harga yang paling menentukan, jadi $be = 460 \text{ mm}$
 $Cc = 0,85 \times 35 \times 460 \times 20 = 273700$
 $Mn = 273700 (333 - 0,5 \times 20) / 10000 = 8840,51 \text{ kgm}$

Dari harga Mn yang didapat diambil harga Mn yang terbesar sebagai harga yang menentukan, jadi **Mn = 46948,39 kgm = 46948390 kgmm**

6. Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mn}{\phi bd^2}$$

$$= \frac{46948390}{0,75 \times 300 \times 333^2} = 1,8817$$

Diketahui harga $\phi = 0,75$ SNI 2847:2013 pasal (9.3.2.7)

7. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,882}{400}} \right) = 0,00486$$

Dimana : $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$

$$0,0037 < 0,00486 < 0,025$$

Jadi $\rho_{\text{pakai}} = 0,00486$

8. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$As = \rho x b x d$$

$$As = 0,00486 \times 300 \times 333 = 485,92 \text{ mm}^2$$

9. Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2}$$

$$= \frac{485,92}{0,25 \pi \times 22^2} = 1,278 \quad \sim 2 \text{ buah tulangan}$$

10. Menentukan jarak tulangan

$$\begin{aligned} Jarak, tulangan &= \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \\ &= \frac{b - 2 - 2d' - 2\phi S}{n - 1} = 124 = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur **D22-100 (760,3 mm²)**

Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} Vu &= 23474,19 \text{ kg} & = 234741,9 \text{ N} \\ \varphi & & = 0,75 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 9.2.3)

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f' c b d} = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 333 = 98502,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \varphi Vc &= 0,75 \times 98502,7 & = 73877,1 \text{ N} \\ \text{Karena } \varphi Vc &= 73877,1 \text{ N} \leq Vu = 234741,9 \text{ N} & \text{ maka} \\ &\text{dibutuhkan tulangan geser} \end{aligned}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\varphi} = \frac{234741,9}{0,75} = 312989,2 \text{ N}$$

$$Vs_{\text{butuh}} = Vn - Vc = 312989,2 - 98502,7 = 214486,5 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{333}{2} = 166,5 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5.1)

$$\text{Atau} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai s} = 150 \text{ mm}$$

$$Av = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi d^2 = \frac{1}{2} \times \pi \times 19^2 = 567,05 \text{ mm}^2$$

$$Vs = Av \times fy \times \frac{d}{s} = 567,05 \times 240 \times \frac{333}{150} = 503540,4 \text{ N} \geq Vs_{\text{butuh}} = 214486,5 \text{ N}$$

Maka digunakan **tulangan geser φ19-150 mm**

4.3 Permodelan Struktur

4.3.1 Umum

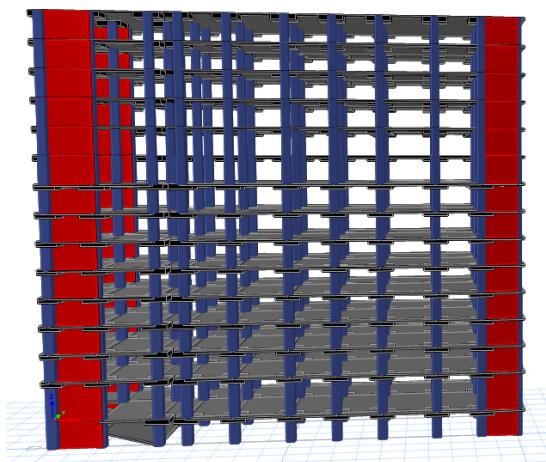
Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban – beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan PPIUG 1983 serta SNI 1727:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012 yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

Permodelan struktur apartemen Purimas Kota Surabaya dilakukan menggunakan program bantu ETABS 2016. Program bantu ini akan membantu dalam cek serta kontrol perhitungan struktur sesuai persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 1726:2012.

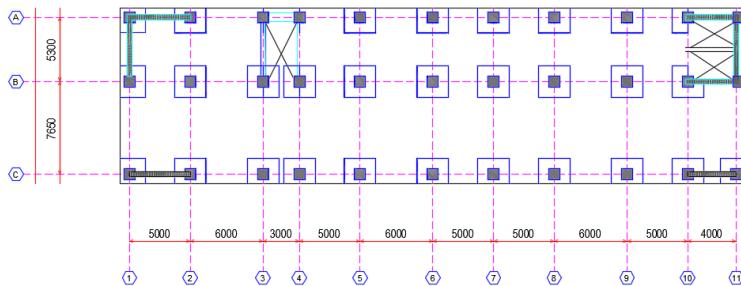
4.3.2 Data Perencanaan

Data – data perencanaan Apartemen Purimas Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f _{c'})	:	35 MPa
Mutu baja tulangan (f _y)	:	400 MPa
Fungsi bangunan	:	Apartemen/Hunian
Tinggi bangunan	:	43,3 m
Jumlah tingkat	:	14 lantai
Tinggi tiap tingkat	:	Lantai 1 = 4,3 m Lantai 2-14 = 3 m



Gambar 4.27 Permodelan 3D Struktur Utama



Gambar 4.28 Denah Struktur Apartemen

4.3.3 Pembebaan

Pembebaan gravitasi struktur pada sistem rangka gedung/bangunan diterima oleh rangka dan dinding geser. Pembebaan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Menurut SNI 1727:2013, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, dengan menggunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya. Dalam hal ini digunakan berat bahan sesuai dengan ketentuan PPIUG 1983, yaitu sebagai berikut:

- **Beban mati**

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Berat sendiri beton bertulang | = 2400 kg/m ³ |
| 2. Dinding beton | = 250 kg/m ² |
| 3. Tegel | = 24 kg/m ² |
| 4. Plafond | = 11 kg/m ² |
| 5. Penggantung | = 7 kg/m ² |
| 6. Plumbing + Dackting | = 25 kg/m ² |
| 7. Spesi | = 21 kg/m ² |

Menurut SNI 1727:2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Berdasarkan tabel 4-1 SNI 1727:2013, beban hidup ditentukan sebagai berikut:

- **Beban hidup**

1. Hunian	= 1,92 kN/m ²	= 195,8 kg/m ²
2. Tangga dan jalan keluar	= 4,79 kN/m ²	= 488,5 kg/m ²
3. Ruang publik dan koridor	= 4,79 kN/m ²	= 488,5 kg/m ²
4. Jalur akses pemeliharaan	= 1,92 kN/m ²	= 195,8 kg/m ²
5. Ruang mesin/utilitas	= 6 kN/m ²	= 611,9 kg/m ²
6. Atap	= 0,96 kN/m ²	= 97,9 kg/m ²

Pembebanan Pelat Lantai

- Beban Mati (DL)

Plat	= 0,2 × 2400	= 480 kg/m ²
Tegel		= 24 kg/m ²
Plafond		= 11 kg/m ²
Penggantung		= 7 kg/m ²
Spesi		= 21 kg/m ²
Dackting + Plumbing		= 25 kg/m ² +
Beban mati (qD)		= 568 kg/m ²

- Beban Hidup (qL)	(SNI 1727:2013)
Berat pelat lantai ground – lt.14	= 195,8 kg/m ²
Berat pelat lantai atap	= 97,9 kg/m ²

Beban pada balok tangga

- Beban Mati

Beban dinding	= 250 kg/m ² x 3 m	= 750 kg/m
		= 0.75 ton/m
Beban Mati Tangga		= 546 kg/m
		= 0.546 ton/m

- Beban Hidup

Beban Hidup Tangga	= 300 kg/m
	= 0.3 ton/m

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengontrol apakah gaya geser dinamik yang didapat dari ETABS 2016 sudah mencapai 85% dari gaya geser

statik. Pada tugas akhir ini gaya perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis ETABS 2016 dengan kombinasi beban D + L.

4.3.4 Analisan Beban Gempa

4.3.4.1 Jenis Tanah

Berdasarkan hasil tes *boring* yang dilakukan di lapangan dengan 4 titik (data tanah terlampir) yang berbeda, diperoleh nilai N-SPT tanah rata-rata untuk kedalaman 30 meter yaitu N1= 12,33; N2= 12,53; N3=11,27; N4= 13,07; dan semua nilai tersebut kurang dari 15 ($N < 15$). Dengan hasil tersebut, berdasarkan pasal 5.3 SNI 1726:2012, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan TANAH LUNAK (SE).

Tabel 4.4 Tabel Klasifikasi Situs Tanah

Tabel 3 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{sh}	\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	15sampai 50	50 sampai100

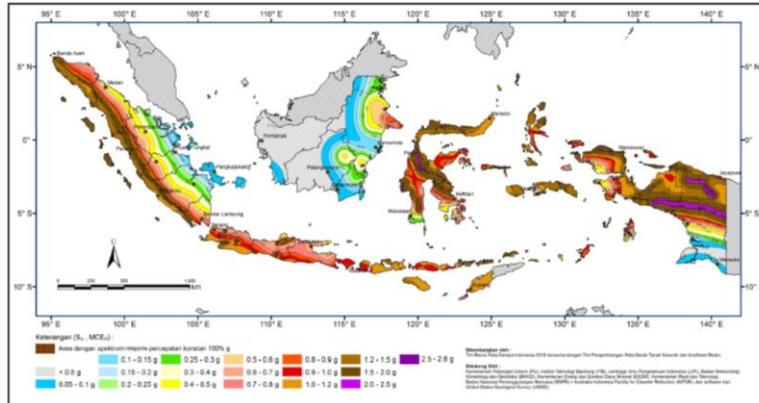
Tabel 3 Klasifikasi situs (lanjutan)

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{sh}	\bar{s}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :			
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 spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifikasi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

4.3.4.2 Percepatan Respon Spektrum

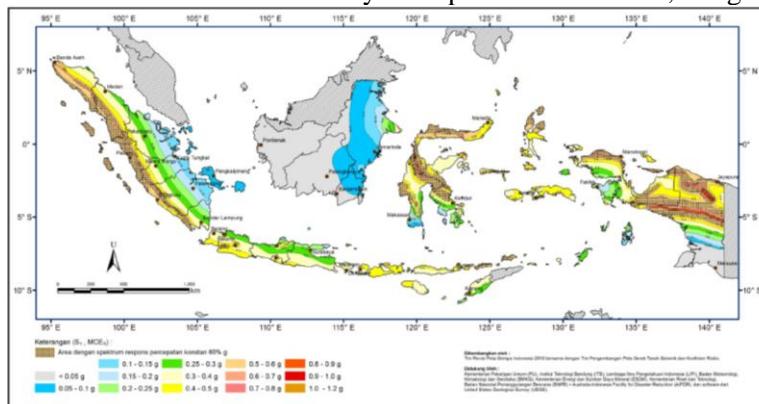
Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30



Gambar 4.29 Peta Harga Ss di Indonesia

(Sumber: SNI 1726:2012)

Untuk daerah Surabaya didapatkan nilai $S_s = 0,663$ g



Gambar 4.30 Peta Harga S1 di Indonesia

(Sumber: SNI 1726:2012)

Untuk daerah Surabaya didapatkan nilai $S_1 = 0,247$ g

Untuk nilai F_a (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan F_v (koefisien situs untuk periode 1 detik) didapat dari Tabel 4.7 dan Tabel 4.8

Tabel 4.5 Koefisien Situs F_a
(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 4)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,2	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^b				

Tabel 4.6 Koefisien Situs F_v
(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 5)

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

Dari data di atas diperoleh data – data sebagai berikut

$$S_s = 0,663g$$

$$S_1 = 0,247g$$

$$F_a = 1,7$$

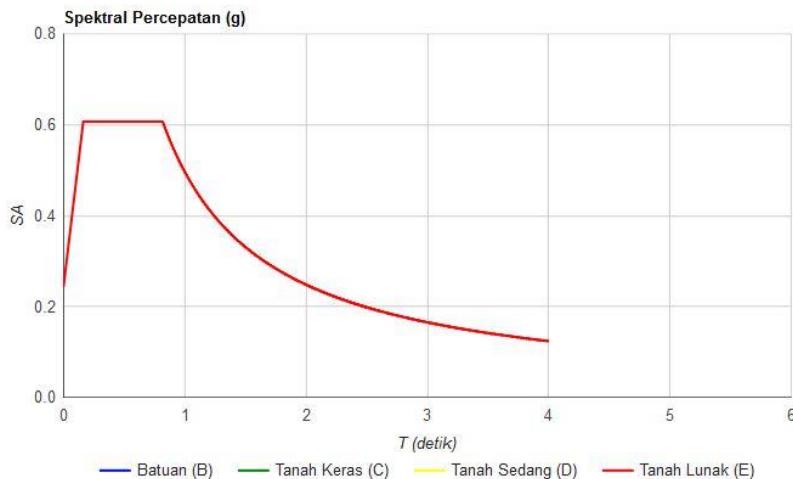
$$F_v = 3,2$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,7 \times 0,663 \\
 &= 1,127 \\
 S_{MI} &= Fv \times S_1 \\
 &= 3,2 \times 0,247 \\
 &= 0,790
 \end{aligned}$$

4.3.4.3 Parameter Percepatan Respons Spektral

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,127 = 0,7514 \\
 S_{DI} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,790 = 0,5269
 \end{aligned}$$



Gambar 4.31 Grafik Respon Spektrum Surabaya
(Sumber:

Puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

Gedung ini berfungsi sebagai apartemen sehingga termasuk kategori risiko II. Dari data – data yang telah didapat di atas bisa ditentukan kategori desain seismik dari gedung ini menggunakan Tabel 4.9 dan Tabel 4.10. Sehingga didapat gedung ini termasuk kategori desain seismik D

Tabel 4.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik

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
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4.8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek

Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	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

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan salah satu sistem struktur yang tepat sesuai dengan kategori desain seismik D beserta meninjau modifikasi struktur menggunakan flat slab adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser beton bertulang khusus yang mampu menahan 75% gaya gempa yang ditetapkan.

4.3.5 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur Apartemen Purimas Kota Surabaya ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisis dilakukan menggunakan respons spektrum dengan parameter – parameter yang telah ditentukan

4.3.5.1 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak – balik dan periodik. Untuk menyimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektivitas 30%.

- Gempa Respons Spektrum X:
100% arah X dan 30% arah Y
- Gempa Respons Spektrum Y:
100% arah Y dan 30% arah X

4.3.5.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs D):

Tabel 4.9 Nilai Parameter Tanah Lunak Wilayah Surabaya

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.325
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.247
CRS	0.991
CR1	0.929
FPGA	1.124
FA	1.374
FV	3.012
PSA (g)	0.366

SMS (g)	0.911
SM1 (g)	0.744
SDS (g)	0.607
SD1 (g)	0.496
T0 (detik)	0.163
TS (detik)	0.817

(Sumber:

Puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

4.3.5.3 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan menggunakan flat slab dengan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5; nilai koefisien modifikasi respons (R) = 7; dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5

4.3.5.4 Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian/apartemen. Pada Tabel 4.11 berdasarkan SNI 1726:2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I_e = 1,0$

Tabel 4.10 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

4.3.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban – beban yang bekerja pada struktur hanya beban – beban mati saja dan beban hidup sementara akibat pekerja konstruksi. Sedangkan pada masa layan, beban – beban hidup permanen dari aktivitas pemakai gedung dan barang – barang yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban – beban yang bekerja dengan faktor beban Load Resistance Factor Design (LRFD)

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 bangunan tahan gempa sebagai berikut:

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 Ex
- 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 Ey
- 1,0 DL + 1,0 LL
- 0,9 DL + 1,0 Ex
- 0,9 DL + 1,0 Ey

Keterangan:

DL : beban mati

LL : beban hidup

Ex : beban gempa arah x

Ey : beban gempa arah y

4.3.7 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 2016, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan – batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal – hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol beban gravitasi
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol respons seismik
- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol sistem ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing – masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang

4.3.7.1 Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian pemodelan pada program bantu ETABS 2016 dengan desain bangunan gedung. Perhitungan beban mati masing–masing elemen struktur pada gedung ditunjukkan pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Mati

No	Jenis	Berat Struktur						Berat (kg)
		b (m)	h (m)	L (m)	Jumlah	Total	Pengali	
1	Pelat Atap	12.95	0.2	50	2	259.0 m ³	2400 kg/m ³	621600.0
	Pelat Lantai	12.95	0.2	50	2	259.0 m ³	2400 kg/m ³	621600.0
2	Opening Tangga	5.3	0.2	3	2	6.4 m ³	2400 kg/m ³	15264.0
	Opening Lift	5.3	0.2	4	2	8.5 m ³	2400 kg/m ³	20352.0
							Σ	585984.0
3	Drop Panel A	2.6	0.55	2.6	22	81.8 m ³	2400 kg/m ³	196310.4
4	Drop Panel B	2.05	0.55	2.6	44	129.0 m ³	2400 kg/m ³	309566.4
5	Balok Tepi	0.35	0.5	152	1	26.6 m ³	2400 kg/m ³	63756.0
	Kolom 90/90	0.9	3	0.9	1	2.4 m ³	2400 kg/m ³	5832.0
6	Kolom 90/90 - Ground	0.9	4.3	0.9	1	3.5 m ³	2400 kg/m ³	8359.2
	Kolom 75/75	0.75	3	0.75	1	1.7 m ³	2400 kg/m ³	4050.0
8	Kolom 50/50	0.5	3	0.5	1	0.8 m ³	2400 kg/m ³	1800.0
9	Shearwall arah X	0.4	3	4	10	48.0 m ³	2400 kg/m ³	115200.0
	Shearwall arah X - Ground	0.4	4.3	4	10	68.8 m ³	2400 kg/m ³	165120.0
10	Shearwall arah v	0.4	3	4	2	9.6 m ³	2400 kg/m ³	23040.0
	Shearwall arah Y - Ground	0.4	4.3	4	2	13.8 m ³	2400 kg/m ³	33024.0
11	Plafond	12.95		50	2	1295.0 m ²	11 kg/m ²	14245.0
12	Penggantung Lantai	12.95		50	2	1295.0 m ²	7 kg/m ²	9065.0
13	Plumbing	12.95		50	2	1295.0 m ²	10 kg/m ²	12950.0
14	Spesi (2 cm)	12.95		50	2	1295.0 m ²	42 kg/m ²	54390.0
15	Aspal (Atap)	12.95		50	2	1295.0 m ²	14 kg/m ²	18130.0
16	Tegel (Penutup Lantai)	12.95		50	2	1295.0 m ²	48 kg/m ²	62160.0
17	Lift							26032.5
18	Tangga				2	2.0 m	873 kg/m	1746.8
19	Bordes Tangga				1.5	1.5 m	546 kg/m	819.0
20	Ramp				11	11.0 m	4907 kg/m	53974.1

Tabel 4.12 Perhitungan Beban Mati Gedung

Elemen	Berat	Jumlah	Jumlah	Subtotal
	(t)	per lantai	lantai	(t)
1 Pelat Atap	621.60		1	14
2 Pelat Lantai	585.98		1	1
3 Drop Panel A+B	505.88		1	15
4 Balok Tepi	63.76		1	15
5 Kolom 90/90 - Ground	8.36		66	1
6 Kolom 90/90	5.83		66	5
7 Kolom 75/75	4.05		66	5
8 Kolom 50/50	1.80		66	4
9 Shearwall X+Y - Basem	138.24		1	1
10 Shearwall X+Y - Ground	198.14		1	1
11 Shearwall X+Y - Lt.2-14	138.24		1	14
12 Plafond	14.25		1	15
13 Penggantung Lantai	9.07		1	15
14 Plumbing	12.95		1	15
15 Spesi (2 cm)	54.39		1	15
16 Aspal (Atap)	18.13		1	15
17 Tegel (Penutup Lantai)	62.16		1	15
18 Lift	26.03		1	15
19 Tangga	1.75		1	15
20 Bordes Tangga	0.82		1	15
21 Ramp	53.97		1	1
		Total		27439.6

Sedangkan untuk perhitungan beban hidup ditunjukkan pada Tabel 4.15 berikut:

Tabel 4.13 Perhitungan Beban Hidup

No	Jenis	b (m)	L (m)	n	A	q (kN/m ²)	L0
1	Hunian (Ground-Lt.14)	12.95	100	1	1295 m ²	1.92 kN/m ²	2486.4 kN
2	Bordes	1.5		2	3 m	5.46 kN/m	16.4 kN
3	Tangga			2	4 m	8.7341 kN/m	34.9 kN
4	Ramp			11	1	11 m	49.0674 kN/m
						Total per lantai	3077.5 kN
						Total 14 lantai	43084.4 kN
							4308.44 ton

Beban yang terhitung pada permodelan ETABS 2016 yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan beban pada ETABS 2016

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
Dead	0	0	27186.252
Live	0	0	4073.1964

- Beban Mati = 27186.25 tonf
- Baban Hidup = 4073.19 tonf
- DL + LL = 27186.25 + 4073.19 = 31259.44 ton

Selisih antara perhitungan manual dengan permodelan ETABS yaitu sebagai berikut:

$$W_{\text{manual}} - W_{\text{permodelan}} = 31748.1 - 31259.44 = 488.6 \text{ ton.}$$

$$\text{Selisih} = \frac{488.6}{31748.1} \times 100\% = 1.54\%$$

Selisih 1.54% < 10%, dengan perhitungan manual. Dengan demikian pemodelan struktur dianggap sesuai.

4.3.7.2 Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)

Untuk mencegah pengunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periода

fundamental pendekatan (T_a) untuk struktur dinding geser beton ditentukan sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]}$$

Keterangan:

h_n = ketinggian total struktur (m)

A_B = luas struktur (m^2)

A_i = luas badan dinding geser "i" (m^2)

D_i = panjang dinding geser "i" (m)

h_i = tinggi dinding geser "i" (m)

x = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau

Nilai T_a di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas berdasarkan Tabel 14 SNI 1726:2012 yang tergantung dari nilai S_{DI} .

Untuk nilai $S_{DI}=0.5269$, nilai koefisien batas (C_u) adalah 1,4. Struktur studi kasus memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung (h_n) adalah 46,5 m, dan luas struktur $9235,5 m^2$.

Tabel 4.16 Koefisien untuk Batas Atas

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

Untuk arah X:

$$D_x = 4 \text{ m}$$

$$h_1 = h_2 = 46.3 \text{ m}$$

$$A_x = 4 \times 46.3 = 186.4 \text{ m}^2$$

$$C_w = \frac{100}{9235.5} \left\{ 5x \left(\frac{46.3}{46.3} \right)^2 \frac{186.4}{\left[1 + 0.83 \left(\frac{46.3}{4} \right)^2 \right]} \right\}$$

$$= 0,071036$$

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{0,071036}} \times 46.3 = 1.084$$

$$T = C_u \times T_a = 1,4 \times 1.084 = 1.52$$

Dari Tabel 4.16, T analisis ETABS arah X = 1.383

1.084 < Tx < 1.52 (OK)

Untuk arah Y:

$$D_1 = D_2 = 4 \text{ m}$$

$$h_1 = h_2 = 46.3 \text{ m}$$

$$A_1 = A_2 = 4 \times 46.3 = 186.4 \text{ m}^2$$

$$C_w = \frac{100}{9235.5} \left\{ 2x \left(\frac{46.3}{46.3} \right)^2 \frac{186.4}{\left[1 + 0.83 \left(\frac{46.3}{4} \right)^2 \right]} \right\}$$

$$= 0,035518$$

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{0,035518}} \times 46.3 = 1.533$$

$$T = C_u \times T_a = 1,4 \times 1.533 = 2.146$$

T analisis ETABS arah Y = 1.687

1.533 < Ty < 2.146 (OK)

Tabel 4.16 Periode Struktur dari ETABS

Case	Mode	Period	UX	UY
		sec		
Modal	1	1.687	0.1072	0.5269
Modal	2	1.383	0.5353	0.1207
Modal	3	0.972	0.013	0.0217
Modal	4	0.482	0.0015	0.1547
Modal	5	0.319	0.1801	0.0015
Modal	6	0.278	0.0006	0.0473
Modal	7	0.247	0.0024	0.0008
Modal	8	0.227	0.0036	0.0004
Modal	9	0.199	0.00003895	0.0219
Modal	10	0.158	0.0033	0.0016
Modal	11	0.156	0.0021	0.0111
Modal	12	0.146	0.0561	0.001
Modal	13	0.144	0.0002	0.0134
Modal	14	0.128	0.0009	0.0001
Modal	15	0.126	0.0001	0.004
Modal	16	0.123	0.0006	0.0006
Modal	17	0.108	0.0001	0.0005
Modal	18	0.103	0.0178	0.0004
Modal	19	0.101	0.0019	0.0042
Modal	20	0.1	0.0002	0.0018
Modal	21	0.094	0.0002	0.0056
Modal	22	0.092	0.0005	0
Modal	23	0.091	0.00002712	0.0001
Modal	24	0.087	0.0053	0.0004
Modal	25	0.084	0.0004	0.0004

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa periода fundamental struktur dalam arah x dan arah y hasil analisa permodelan pada ETABS 2016 telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2012

4.3.7.3 Kontrol Respons Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik. Koefisien respon seismik Cs harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}}$$

Dengan:

S_{DS} = percepatan spektrum respon desain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

S_{DS} = 0,7514

R = 7

I_e = 1

$$Cs = \frac{0,7514}{\frac{7}{1}} = 0,1073$$

Dan nilai Cs tidak perlu melebihi:

$$Cs = \frac{S_{D1}}{T(\frac{R}{I_e})} = \frac{0,5269}{1.995(\frac{7}{1})} = 0,03764$$

Dan nilai Cs harus tidak kurang dari:

$$Cs = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,7514 \times 1 = 0,03306$$

Maka nilai Cs diambil 0,03764

Perhitungan gaya geser (*base shear*) menggunakan SNI 1726:2012 dengan persamaan berikut:

$$V = Cs \times W$$

Di mana:

Cs = koefisien respon seismik

$W = \text{berat seismik efektif}$

$$V_{\text{statik}} = 0,03764 \times 31748000 \text{ kg} = 1194937 \text{ kg}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar sebagai berikut:

Tabel 4.17 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
EX Max	1314.9036	316.7684
EY Max	407.6554	1183.0493

Kontrol:

- Arah X

$$\begin{aligned} V_{\text{dinamik}} &\geq 0,85 \times V_{\text{statik}} \\ 1314.9 &\geq 0,85 \times 1194.937 \text{ ton} \\ 1314.9 &\geq 1015.7 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Arah Y

$$\begin{aligned} V_{\text{dinamik}} &\geq 0,85 \times V_{\text{statik}} \\ 1183.0 &\geq 0,85 \times 1194.937 \text{ ton} \\ 1183.0 &\geq 1015.7 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur bangunan ini masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.8

4.3.7.4 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS 2016 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 4.18, didapat partisipasi massa arah X sebesar 90,53% pada modal ke 12 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,97% pada modal ke

12. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

Tabel 4.18 Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1.687	0.1072	0.5269
Modal	2	1.383	0.6425	0.6477
Modal	3	0.972	0.6555	0.6694
Modal	4	0.482	0.657	0.8241
Modal	5	0.319	0.8371	0.8256
Modal	6	0.278	0.8377	0.873
Modal	7	0.247	0.8401	0.8738
Modal	8	0.227	0.8437	0.8741
Modal	9	0.199	0.8437	0.896
Modal	10	0.158	0.8471	0.8976
Modal	11	0.156	0.8492	0.9087
Modal	12	0.146	0.9053	0.9097
Modal	13	0.144	0.9055	0.923
Modal	14	0.128	0.9064	0.9231
Modal	15	0.126	0.9064	0.9272
Modal	16	0.123	0.907	0.9278
Modal	17	0.108	0.9071	0.9283
Modal	18	0.103	0.9249	0.9288
Modal	19	0.101	0.9268	0.9329
Modal	20	0.1	0.927	0.9347
Modal	21	0.094	0.9272	0.9403
Modal	22	0.092	0.9277	0.9403

Modal	23	0.091	0.9278	0.9405
Modal	24	0.087	0.9331	0.9408
Modal	25	0.084	0.9335	0.9413

4.3.7.5 Kontrol Batas Simpangan antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \times \frac{C_d}{I}$$

dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem ganda dan dinding geser khusus, dari tabel 9 SNI 1726-2012 didapatkan nilai $C_d = 5,5$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{sx}$$

dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Tabel 4.19 Simpangan antar Lantai yang diizinkan

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit – langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,025h _{sx} ^c	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010h _{sx}	0,010h _{sx}	0,010h _{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h _{sx}	0,007h _{sx}	0,007h _{sx}
Semua struktur lainnya	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}	0,010h _{sx}

Untuk tinggi tingkat 3 m, simpangan ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times 3$$

$$= 0,06 \text{ m}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program bantu struktur ETABS, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.20 Simpangan antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban gempa

Lt	Δ_x	Δ_y	Δ_a	$\Delta_x \leq \Delta_a$	$\Delta_y \leq \Delta_a$
	mm	mm	mm		
Atap	49.657	43.958	60	OK	OK
14	45.851	40.493	60	OK	OK
13	42.013	37.007	60	OK	OK
12	38.099	33.475	60	OK	OK
11	34.141	29.923	60	OK	OK
10	30.167	26.376	60	OK	OK
9	26.21	22.863	60	OK	OK
8	22.292	19.414	60	OK	OK
7	18.455	16.066	60	OK	OK
6	14.749	12.863	60	OK	OK
5	11.243	9.859	60	OK	OK
4	8.024	7.112	60	OK	OK
3	5.189	4.684	60	OK	OK
2	2.845	2.655	60	OK	OK
Ground	0.595	0.634	60	OK	OK

Dari hasil Tabel 4.20 di atas maka analisis struktur Apartemen Purimas Kota Surabaya memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1

4.3.7.6 Kontrol Sistem Ganda

Untuk sistem rangka ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Tabel 4.21 Kontrol Distribusi Sistem Ganda

Lt	Ex	Ey	SWx	Swy	Cx	Cy
	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf
Atap	203.3	188.9	141.9	111.7	61.4	77.2
14	390.1	361.2	199.8	194.7	190.3	166.5
13	532.3	487.1	304.7	300.3	227.6	186.8
12	641.5	577.7	410.5	381.2	231.0	196.5
11	732.8	646.6	356.2	384.4	376.6	262.2
10	816.8	704.2	438.9	439.5	377.9	264.7
9	894.4	755.8	516.5	490.2	377.9	265.6
8	967.7	809.2	587.5	545.9	380.2	263.3
7	1037.9	868.7	657.6	609.2	380.3	259.5
6	1105.3	934.7	807.8	664.6	297.5	270.1
5	1168.7	1003.2	872.1	742.3	296.6	260.9
4	1226.1	1069.3	947.2	817.9	278.9	251.4
3	1272.8	1127.6	1019.2	884.3	253.6	243.3
2	1306.1	1171.7	1139.9	976.8	166.2	194.9
Ground	1314.9	1183.1	1200.7	850.3	114.2	332.8
Σ	13610.7	11889.0	9600.5	8393.3	4010.2	3495.7
% terhadap geser total		71%	71%	29%	29%	29%

Keterangan:

- Ex : Gaya geser nominal total yang ditumpu oleh gedung akibat gempa arah x
- Ey : Gaya geser nominal total yang ditumpu oleh gedung akibat gempa arah y
- SWx : Gaya geser nominal yang ditumpu oleh dinding geser akibat gempa arah x
- SWy : Gaya geser nominal yang ditumpu oleh dinding geser akibat gempa arah y
- Cx : Gaya geser nominal yang ditumpu oleh rangka akibat gempa arah x

C_y : Gaya geser nominal yang ditumpu oleh rangka akibat gempa arah x

Karena total gaya yang diterima struktur rangka dalam arah x dan y yaitu **29%** dan **29%** telah melebihi nilai 25%, maka struktur telah memenuhi persyaratan distribusi gaya pada sistem ganda.

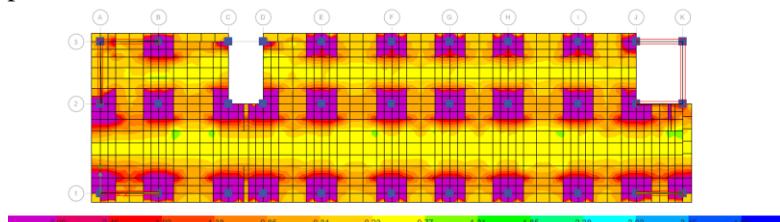
4.4 Perencanaan Struktur Primer

4.4.1 Umum

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuananya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Komponen utama terdiri dari kolom, dinding geser dan *flat slab*. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut.

4.4.2 Perencanaan Pelat/Flat Slab

Momen yang digunakan untuk merencanakan tulangan plat adalah momen rata-rata terbesar dari kombinasi beban lantai.



Gambar 4.32 Momen yang terjadi pada Pelat (lantai ground)

4.4.2.1 Data Perencanaan

Untuk perencanaan diapakai data sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c) : 35 MPa

Mutu baja (f_y) : 400 MPa

Tebal pelat yang direncanakan :

- Tebal pelat lantai : 20 cm
- Tebal pelat atap : 20 cm

Tebal selimut beton minimum untuk tulangan, SNI 2847:2013 pasal 7.7.1 :

Beton yang berhubungan dengan tanah dan cuaca

Batang D-19 hingga D-56 50

Batang D16, jarring kawwat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil 40

Diameter tulangan rencana = 19 mm

4.4.2.2 Tahap Penulangan Pelat

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d, fy, f'c, dan Mu
2. menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 pasal (10.2.7.3)}$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 lampiran}$$

B (8.4.2)

$$\rho_{\max} = 0.025 \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b \quad \dots \dots \dots \text{SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)}$$

$$\rho_{\min} = 0.002 \quad \dots \dots \dots \text{SNI 03-2847-2013 pasal (7.12.2.1)}$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{fy}{0.85 f'c}$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

Diketahui harga $\phi = 0.75 \dots SNI 2847:2013$ pasal (9.3.2.7)

6. Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmnR_n}{f_y}} \right)$$

Dimana : $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{As}{bx d} \quad \text{---} \rightarrow As = \rho x b x d$$

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$S < 450 \text{ mm}$ M *SNI 2847:2013* pasal (7.6.5)

$S < 3 \times h$ *SNI 2847:2013* pasal (7.6.5)

9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = $AS_{\text{perlu}} / AS_{\text{tulangan}}$

10. Jarak tulangan (s) = $1000/n$

4.4.2.3 Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu X

Tabel 4.22 Momen plat lantai

Column Strip (Arah x)	Mu (Tonf-m)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-24,0509	24050900
Lapangan	23,5079	23507900

Tebal *decking* = 20 mm

Diameter tulangan utama = 19 mm

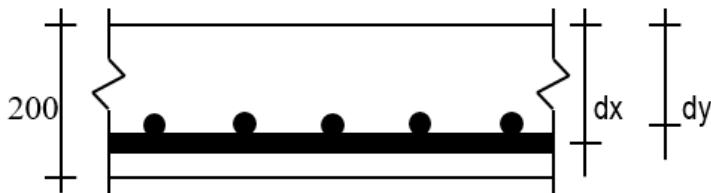
Tebal Drop Panel = 150 mm

Tebal Plat Lantai = 200 mm

b = 1000 mm

$$d = dx = 200 - 20 - (0,5 \times 19) = 170,5 \text{ mm}$$

$$dy = 200 - 20 - 19 - (0,5 \times 19) = 151,5 \text{ mm}$$



Gambar 4.33 Potongan Memanjang Pelat

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f c'}{f y} \left(\frac{600}{600 + f y} \right)$$

$$\rho_b = 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,026775$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 170,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 24050900 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 24050900}{0,9 \times 1000 \times 170,5^2} = 4,596$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 4,596}{400}} \right) = 0,0125$$

$\rho_{\max} = 0,0267 > \rho_{\text{pakai}} = 0,0125 > \rho_{\min} = 0,002$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0125 \times 1000 \times 170,5 = 2139 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 sebanyak 8 buah

Jarak tulangan = $1000/8 = 125 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan **D19-125** ($As = 2268 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $As_{\min} \geq 1/3 As$
- $As_{\min} \geq 1/3 \times 2268$
- $As_{\min} \geq 714$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0125 \times 1000 \times 170,5 = 2139 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D19-150** ($As' = 2010,6 \text{ mm}^2$)

▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$b = 1000 \text{ mm}$

$dx = 170,5 \text{ mm}$

$M_u = 23507900 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 23510000}{0,9 \times 1000 \times 170,5^2} = 4,493$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 4,493}{400}} \right) = 0,0122$$

$\rho_{\max} = 0,0267 > \rho_{\text{pakai}} = 0,0122 > \rho_{\min} = 0,002$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0122 \times 1000 \times 170,5 = 2087 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 sebanyak 8 buah

Jarak tulangan = $1000/8 = 125 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan **D19-125** ($A_s = 2268 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $A_{s\min} \geq 1/3 A_s$
- $A_{s\min} \geq 1/3 \times 2268$
- $A_{s\min} \geq 714$

$$A'_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0125 \times 1000 \times 170,5 = 2139 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D19-150** ($A'_s = 2010,6 \text{ mm}^2$)

4.4.2.4 Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu X

Tabel 4.23 Momen plat lantai

Middle Strip (Arah x)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-48,515	48515000
Lapangan	114,735	114735000

Tebal decking	= 20 mm
Diameter tulangan utama	= 19 mm
Tebal Drop Panel	= 150 mm
Tebal Plat Lantai	= 200 mm
b = 1000 mm	
d = 200 - 20 - (0,5 x 19)	= 170,5 mm
d' = 200 - 170,5	= 29,5 mm

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= 0,0389 \\ \rho_{\max} &= 0,02923 \\ \rho_{\min} &= 0,00395 \\ m &= 11,7647\end{aligned}$$

■ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$\begin{aligned}b &= 1000 \text{ mm} \\ dx &= 170,5 \text{ mm} \\ Mu &= 48515000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5) \times 48515000}{0,9 \times 1000 \times 170,5^2} = 0,6144$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,6144}{400}} \right) = 0,0016$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi \times f_y \times (dx - d') \times b \times dx}$$

$$= \frac{0,5 \times 48515000}{0,9 \times 400 \times (170,5 - 29,5) \times 1000 \times 170,5}$$

$$= 0,001757$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0016 + 0,001757 = 0,003308 < \rho_{\text{min}} = 0,00395$ dipakai
 ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 170,5 = 877,532 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D19-150** ($As = 1005,3096 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\text{min}} \geq 1/3 As$
- $As_{\text{min}} \geq 1/3 1005,3096$
- $As_{\text{min}} \geq 335,1032$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,001757 \times 1000 \times 170,5 = 395,235 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D19-300** ($As' = 804,25 \text{ mm}^2$)

▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 170,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 114735000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5) \times 114735000}{0,9 \times 1000 \times 170,5^2} = 1,455$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,455}{400}} \right) = 0,0037$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx}$$

$$= \frac{0,5 \times 114735000}{0,9 \times 400 \times (170,5 - 29,5) \times 1000 \times 170,5}$$

$$= 0,0041625$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0037 + 0,0041625 = 0,00788 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$ dipakai
 ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00788 \times 1000 \times 170,5 = 1749,696 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D19-150** ($As = 2010,619 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\text{min}} \geq 1/3 As$
- $As_{\text{min}} \geq 1/3 2010,619$
- $As_{\text{min}} \geq 670,2064$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,0041625 \times 1000 \times 170,5 = 924,09375 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D19-300** ($As' = 1005,3 \text{ mm}^2$)

4.4.2.5 Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu Y

Tabel 4.24 Momen plat lantai

Column Strip (Arah y)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-89,186	89186000
Lapangan	37,39114	37391140

Tebal *decking* = 20 mm

Diameter tulangan utama = 22 mm

Tebal Drop Panel = 150 mm

Tebal Plat Lantai = 200 mm

b = 1000 mm

d = 200 - 20 - (0,5 x 22) = 169 mm

d' = 200 - 169 = 31 mm

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$\rho_{balance}$ = 0,0389

ρ_{max} = 0,02923

ρ_{min} = 0,00395

m = 11,7647

▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

b = 1000 mm

dx = 169 mm

Mu = 89186000 Nmm

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 89186000}{0,9 \times 1000 \times 169^2} = 1,131$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,131}{400}} \right) = 0,0029$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi \times f_y \times (dx - d') \times b \times dx}$$

$$= \frac{0,5 \times 89186000}{0,9 \times 400 \times (169 - 31) \times 1000 \times 169}$$

$$= 0,003235$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0029 + 0,003235 = 0,006111 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$ dipakai
 ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,006111 \times 1000 \times 169 = 1356,835 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D22-150** (**As = 1608,495 mm²**)

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_{S_{\text{min}}} \geq 1/3 As$
- $A_{S_{\text{min}}} \geq 1/3 1608,495$
- $A_{S_{\text{min}}} \geq 536,165$

$$A_{S'_{\text{perlu}}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,003235 \times 1000 \times 169 = 718,315 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D22-300** (**As' = 804,25 mm²**)

▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 169 \text{ mm}$$

$$Mu = 37391140 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5) \times 37391140}{0,9 \times 1000 \times 169^2} = 0,4742$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,4742}{400}} \right) = 0,0012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 37391140}{0,9 \times 400 \times (169 - 31) \times 1000 \times 169} \\ &= 0,00135\end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0012 + 0,00135 = 0,00255 < \rho_{\text{min}} = 0,00395$ dipakai
 ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned}A_{\text{Sperlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00395 \times 1000 \times 169 = 877,532 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **D22-150** ($A_s = 1608,495 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_{\text{Smin}} \geq 1/3 A_s$
- $A_{\text{Smin}} \geq 1/3 1005,3096$
- $A_{\text{Smin}} \geq 335,1032$

$$\begin{aligned}A'_{\text{Sperlu}} &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,00135 \times 1000 \times 169 = 301,152 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D22-300** ($A'_s = 804,25 \text{ mm}^2$)

4.4.2.6 Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu Y

Tabel 4.25 Momen plat lantai

Middle Strip (Arah y)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-87,869	87869630
Lapangan	65,175	65175000

Tebal *decking* = 20 mm

Diameter tulangan utama = 22 mm

Tebal Drop Panel = 150 mm

Tebal Plat Lantai = 200 mm

b = 1000 mm

d = 200 - 20 - (0,5 x 22) = 169 mm

d' = 200 - 169 = 31 mm

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$\rho_{balance}$ = 0,0389

ρ_{max} = 0,02923

ρ_{min} = 0,00395

m = 11,7647

■ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

b = 1000 mm

dx = 169 mm

Mu = 87869630 Nmm

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 87869630}{0,9 \times 1000 \times 169^2} = 1,1143$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,1143}{400}} \right) = 0,0028$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx}$$

$$= \frac{0,5 \times 87869630}{0,9 \times 400 \times (169 - 31) \times 1000 \times 169}$$

$$= 0,003187$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0028 + 0,003187 = 0,00602 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$ dipakai
 ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00602 \times 1000 \times 169 = 1336,64568 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D22-300 (As = 1608,495 mm²)**

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\text{min}} \geq 1/3 As$
- $As_{\text{min}} \geq 1/3 1608,495$
- $As_{\text{min}} \geq 536,165$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,003187 \times 1000 \times 169 = 707,7128 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D22-450 (As' = 804,25 mm²)**

▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 169 \text{ mm}$$

$$Mu = 65175000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5) \times 65175000}{0,9 \times 1000 \times 169^2} = 0,827$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,827}{400}} \right) = 0,002$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx}$$

$$= \frac{0,5 \times 65175000}{0,9 \times 400 \times (169 - 31) \times 1000 \times 169}$$

$$= 0,002365$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,002 + 0,002365 = 0,00445 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$ dipakai
 ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00445 \times 1000 \times 169 = 989,3628 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D22-300 (As = 1608,495 mm²)**

▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\text{min}} \geq 1/3 As$
- $As_{\text{min}} \geq 1/3 1005,3096$
- $As_{\text{min}} \geq 335,1032$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,002365 \times 1000 \times 169 = 524,927 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D22-450 (As' = 804,25 mm²)**

Tabel 4.26 Penulangan plat

Arah Penulangan	Posisis Tulangan		Penulangan
Arah X	Tumpuan Column Strip	Tarik	D19 - 125
		Tekan	D19 - 150
	Lapangan Column Strip	Tarik	D19 - 125
		Tekan	D19 - 150
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D19 - 150
		Tekan	D19 - 300
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D19 - 150
		Tekan	D19 - 300
Arah Y	Tumpuan Column Strip	Tarik	D22 - 150
		Tekan	D22 - 300
	Lapangan Column Strip	Tarik	D22 - 150
		Tekan	D22 - 300
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D22 - 300
		Tekan	D22 - 450
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D22 - 300
		Tekan	D22 - 450

4.4.2.7 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam perencanaan pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

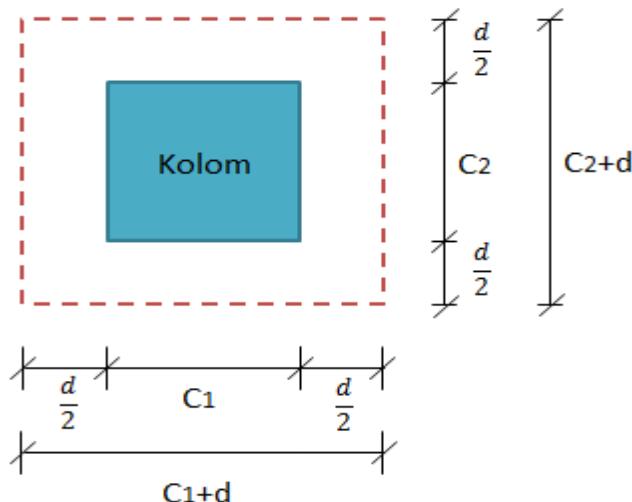
Tabel 4.27 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS

Kolom Interior (mm)	Vu (N)	Mu (N-mm)
900x900	440480	521540005
800x800	363329,3	293873600
700x700	258481,7	416556600

Tabel 4.28 Nilai Vu dan Mu Hasil ETABS

Kolom Eksterior (mm)	Vu (N)	Mu (N-mm)
900x900	185627,2	205248500
800x800	173692	36305900
700x700	175272,8	250200500

a. Kolom 900x900 Interior



Gambar 4.34 Letak Bidang Kritis Kolom Interior

Vu	= 440480 N
Pelat	= 250 mm
Drop Panel	= 150 mm
Selimut	= 20 mm
C1,C2	= 900 mm
as kolom interior = 40	mm
as kolom eksterior	= 30 mm
d	$= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2}$ = 356mm
bo	$= 2 \times (C1 + d + C2 + d)$ $= 2 \times (900 + 356 + 900 + 356)$ = 5024mm
Ao	$= bo \times d$ $= 5024 \times 356$ $= 1788544 \text{mm}^2$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \\
 V_c &= 5655872,735 \text{ N} \\
 V_c &= \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 4557120,389 \text{ N} \\
 V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f'_c} \\
 V_c &= 3770581,824 \text{ N} \\
 V_c &= 3770581,824 \text{ N menentukan} \\
 V_u(\text{terjadi}) &= 440480 \quad \text{N} \\
 V_u(\text{terjadi}) &< V_c \quad (\text{tidak butuh tulangan geser})
 \end{aligned}$$

b. Kolom 800x800 Interior

$$\begin{aligned}
 V_u &= 363329,3 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 250 \quad \text{mm} \\
 \text{Drop Panel} &= 150 \quad \text{mm} \\
 \text{Selimut} &= 20 \quad \text{mm} \\
 C_1, C_2 &= 900 \quad \text{mm} \\
 d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
 &= 356 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (C_1 + d + C_2 + d) \\
 &= 2 \times (700 + 356 + 700 + 356) \\
 &= 4224 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 4224 \times 356 \\
 &= 1503744 \text{ mm}^2 \\
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \\
 V_c &= 4755256,058 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 4256914,83 N \\
 V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f'_c} \\
 V_c &= 3170170,705 N \\
 V_c &= 3770581,824 N \text{ menentukan} \\
 V_u(\text{terjadi}) &= 363329,3 N \\
 V_u(\text{terjadi}) &< V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

c. **Kolom 700x700 Interior**

$$\begin{aligned}
 V_u &= 258481,7 N \\
 \text{Pelat} &= 250 mm \\
 \text{Drop Panel} &= 150 mm \\
 \text{Selimut} &= 20 mm \\
 C_1, C_2 &= 900 mm \\
 d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
 &= 356 mm \\
 b_o &= 2 \times (C_1 + d + C_2 + d) \\
 &= 2 \times (600 + 356 + 600 + 356) \\
 &= 3824 mm \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 3824 \times 356 \\
 &= 1361344 mm^2 \\
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \\
 V_c &= 4304947,719 N \\
 V_c &= \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12}
 \end{aligned}$$

$$= 4106812,05 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_{c'}}$$

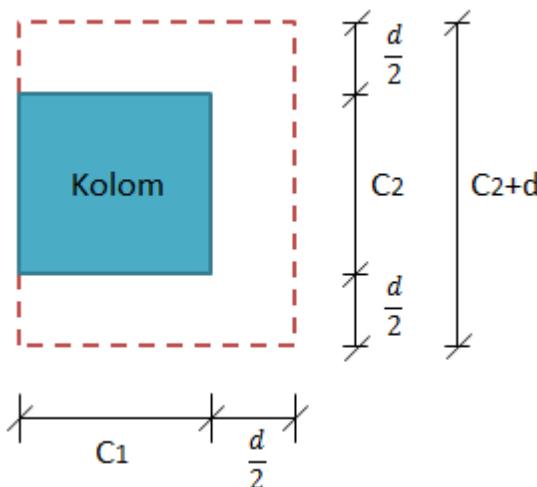
$$V_c = 2869965,146 \text{ N}$$

$$V_c = 2869965,146 \text{ N} \text{ menentukan}$$

$$V_u(\text{terjadi}) = 258481,7 \text{ N}$$

$V_u(\text{terjadi}) < V_c$ (tidak butuh tulangan geser)

d. Kolom 900x900 Eksterior



Gambar 4.35 Letak Bidang Kritis Kolom Eksterior

$$V_u = 185627,2 \text{ N}$$

$$\text{Pelat} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Drop Panel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} = 20 \text{ mm}$$

$$C_1, C_2 = 900 \text{ mm}$$

$$d = (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\ = 356 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 bo &= 2 \times (C1 + \frac{1}{2}d + C2 + d) \\
 &= 2 \times (900 + 178 + 900 + 356) \\
 &= 4668 \text{ mm} \\
 Ao &= bo \times d \\
 &= 4668 \times 356 \\
 &= 1661808 \text{ mm}^2 \\
 Vc &= \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{fc'} \times bo \times d}{6} \\
 Vc &= 5255098,314 \text{ N} \\
 Vc &= \left(\frac{\alpha s \times d}{bo} + 2\right) \frac{\sqrt{fc'} \times bo \times d}{12} \\
 &= 3755571,546 \text{ N} \\
 Vc &= \frac{1}{3} \times bo \times d \times \sqrt{fc'} \\
 Vc &= 3503398,876 \text{ N} \\
 Vc &= 3503398,876 \text{ N menentukan} \\
 Vu(\text{terjadi}) &= 185627,2 \quad \text{N} \\
 Vu(\text{terjadi}) &< Vc \quad (\text{tidak butuh tulangan geser})
 \end{aligned}$$

e. Kolom 800x800 Eksterior

$$\begin{aligned}
 Vu &= 173692 \text{ N} \\
 Pelat &= 250 \quad \text{mm} \\
 Drop Panel &= 150 \quad \text{mm} \\
 Selimut &= 20 \quad \text{mm} \\
 C1, C2 &= 900 \quad \text{mm} \\
 d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
 &= 356 \text{ mm} \\
 bo &= 2 \times (C1 + \frac{1}{2}d + C2 + d) \\
 &= 2 \times (700 + 178 + 700 + 356)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3868 \text{ mm} \\
 \text{Ao} &= b_o \times d \\
 &= 3868 \times 356 \\
 &= 1377008 \text{ mm}^2 \\
 \text{Vc} &= \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \\
 \text{Vc} &= 4354481,636 \text{ N} \\
 \text{Vc} &= \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 3380314,597 \text{ N} \\
 \text{Vc} &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f'_c} \\
 \text{Vc} &= 2752884,978 \text{ N} \\
 \text{Vc} &= 2752884,978 \text{ N} \text{ menentukan} \\
 \text{Vu(terjadi)} &= 173692 \quad \text{N} \\
 \text{Vu(terjadi)} &< \text{Vc} \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

f. Kolom 700x700 Eksterior

$$\begin{aligned}
 \text{Vu} &= 175272,8 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 250 \quad \text{mm} \\
 \text{Drop Panel} &= 150 \quad \text{mm} \\
 \text{Selimut} &= 20 \quad \text{mm} \\
 \text{C1,C2} &= 900 \quad \text{mm} \\
 \text{d} &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{1}{2} \\
 &= 356 \text{ mm} \\
 \text{bo} &= 2 \times \left(C1 + \frac{1}{2} d + C2 + d \right) \\
 &= 2 \times (600 + 178 + 600 + 356) \\
 &= 3468 \text{ mm} \\
 \text{Ao} &= b_o \times d \\
 &= 3468 \times 356
 \end{aligned}$$

$$= 1234608 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6}$$

$$V_c = 3904173,297 \text{ N}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12}$$

$$= 3305263,207 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f'_c}$$

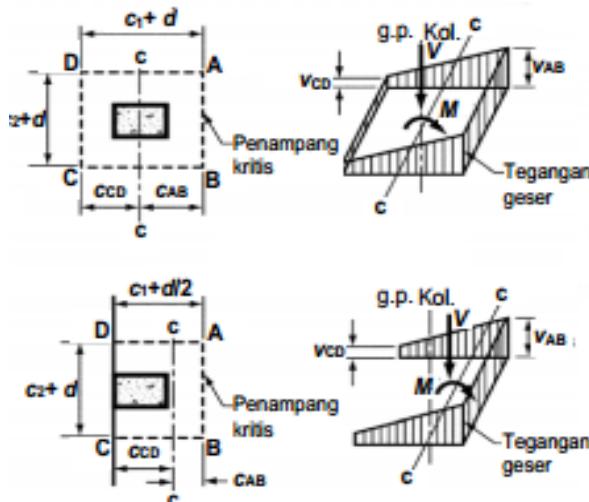
$$V_c = 2602782,198 \text{ N}$$

Vc = 2602782,198 N menentukan

$$V_u(\text{terjadi}) = 175272,8 \text{ N}$$

$V_u(\text{terjadi}) < V_c$ (tidak butuh tulangan geser)

4.4.2.8 Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom



Gambar 4.36 Distribusi Tegangan Geser (SNI 2847:2013)

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.11.7.1, dalam perencanaan pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada muka kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris.

a. Kolom 900x900 Interior

Vu	= 440480	N
	= 44048	kg
Mu	= 521540000	Nmm
	= 52154	kNm
Ao	= 1788544mm ²	
	= 1,788544m ²	
d	= 356mm	
c ₁ ,c ₂ + d	= 900 + 356	
	= 1256mm	
Cab	= 1/2 × 1256	
	= 628mm	

$$J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$$

$$J_c = \frac{0,356(1,256)^3}{6} + \frac{(1,256)0,356^3}{6} + \frac{0,356(1,256)(1,256)^2}{2}$$

$$J_c = 0,244569m^4$$

$$\gamma = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,256}{1,256}}}$$

$$= 0,4$$

VuAB

$$= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$$

$$= \frac{44048}{1,788544} + \frac{0,4 \times 52154 \times 0,628}{0,47969}$$

$$= 78195,89\text{kg} = 781958,9\text{N}$$

VuCD

$$= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$$

$$= \frac{44048}{1,788544} - \frac{0,4 \times 52154 \times 0,628}{0,47969}$$

$$= -28940,2\text{kg} = -289402\text{N}$$

Vuperlu

$$= 78195,89\text{kg} = 781958,9\text{N}$$

ϕV_c

$$= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

ϕV_c

$$= 1442248\text{N}$$

Vu

$$< \quad \phi V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}$$

b. Kolom 800x800 Interior

Vu	= 363329,3	N
	= 36332,93	kg
Mu	= 293873600	Nmm
	= 29387,36	kgm
Ao	= 1503744mm ²	
	= 1,503744m ²	
d	= 356mm	
c ₁ ,c ₂ + d	= 700 + 356	
	= 1056mm	
Cab	= 1/2 × 1056	
	= 528mm	

$$Jc = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$$

$$Jc = \frac{0,356(1,056)^3}{6} + \frac{(1,056)0,356^3}{6} + \frac{0,356(1,056)(1,056)^2}{2}$$

$$Jc = 0,147681m^4$$

$$\gamma = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,256}{1,256}}}$$

$$= 0,4$$

$$\begin{aligned} Vu_{AB} &= \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma \times Mu \times Cab}{Jc} \\ &= \frac{36332,93}{1,503744} + \frac{0,4 \times 29387,36 \times 0,528}{0,147681} \\ &= 103878,3kg = 1038783N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_{CD} &= \frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma \times Mu \times Cab}{Jc} \\ &= \frac{36332,93}{1,503744} - \frac{0,4 \times 29387,36 \times 0,528}{0,147681} \\ &= -45293,9kg = 452939N \end{aligned}$$

$$Vuperlu = 103878,3kg = 1038783N$$

$$\phi Vc = \phi \times 0,17 \times \sqrt{fc'} \times bo \times d$$

$$\phi Vc = 1212590N$$

Vu < ϕVc (tidak butuh tulangan geser)

c. Kolom 700x700 Interior

$$\begin{aligned}
 Vu &= 258481,7 \quad N \\
 &= 25848,17 \quad kg \\
 Mu &= 416556600 \quad Nmm \\
 &= 41655,66 \quad kgm \\
 Ao &= 1361344 mm^2 \\
 &= 1,361344 m^2 \\
 d &= 356mm \\
 c_1, c_2 + d &= 600 + 356 \\
 &= 956mm \\
 Cab &= 1/2 \times 956 \\
 &= 478mm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Jc &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2} \\
 &= \frac{0,356(0,956)^3}{6} + \frac{(0,956)0,356^3}{6} + \frac{0,356(0,956)(0,956)^2}{2} \\
 &= 0,110871 m^4
 \end{aligned}$$

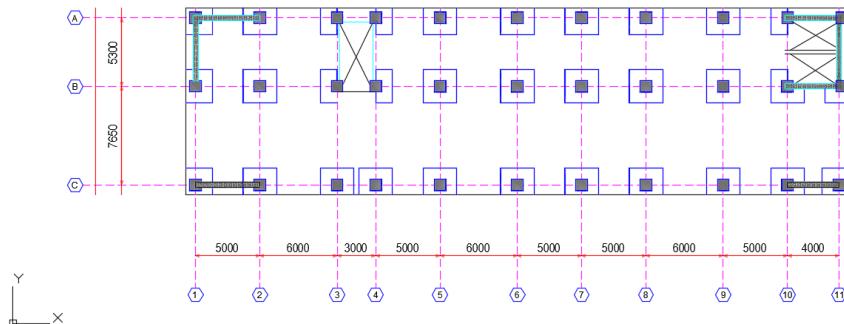
$$\begin{aligned}
 \gamma &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}} \\
 &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,256}{1,256}}} \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu_{AB} &= \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma \times Mu \times Cab}{Jc} \\
 &= \frac{25848,17}{1,361344} + \frac{0,4 \times 41655,66 \times 0,478}{0,110871} \\
 &= 90823,81 kg = 908238,1 N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VuCD} &= \frac{\text{Vu}}{\text{Ao}} - \frac{\gamma \times \text{Mu} \times \text{Cab}}{J_c} \\
 &= \frac{25848,17}{1,361344} - \frac{0,4 \times 41655,66 \times 0,478}{0,110871} \\
 &= -52849,3 \text{kg} = 528493 \text{N} \\
 \text{Vuperlu} &= 90823,81 \text{kg} = 908238,1 \text{N} \\
 \phi Vc &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{fc'} \times bo \times d \\
 \phi Vc &= 1097762 \text{N} \\
 \text{Vu} &< \phi Vc \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

4.4.3 Perencanaan Drop Panel

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom. Setelah dilakukan pengujian terhadap tegangan geser pons pada pelat di sekitar kolom, ternyata hasilnya melebihi syarat tegangan geser pons. Agar struktur tidak mengalami retak akibat geser pons, maka dipasang drop panel setebal 15 cm.

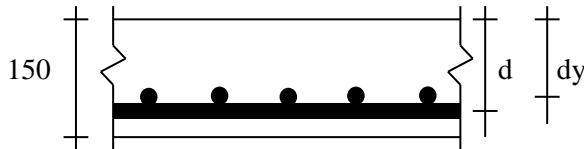


Gambar 4.37 Denah Struktur Drop Panel

Dimensi Drop Panel:

- | | |
|---------|-----------|
| Panjang | : 2,6 m |
| Lebar | : 2,6 m |
| Tinggi | : 15 cm |
| B | = 1000 mm |

$$\begin{array}{lll} d & = dx = 150 - 20 - (0,5 \times 19) & = 120,5 \text{ mm} \\ dy & = 150 - 20 - 19 - (0,5 \times 19) & = 101,5 \text{ mm} \end{array}$$



Gambar 4.38 Potongan Memanjang Drop Panel

4.4.3.1 Perhitungan Tulangan Drop Panel

Pembebatan pada Drop Panel:

-	Beban Mati (DL)	
	Plat	= 0,2 × 2400
	Tegel	= 24 kg/m ²
	Plafond	= 11 kg/m ²
	Penggantung	= 7 kg/m ²
	Spesi	= 21 kg/m ²
	Dackting + Plumbing	= 25 kg/m ² +
		= 568 kg/m ²
-	Beban Hidup (qL)	(SNI 1727:2013)
	Berat pelat lantai	= 195,8 kg/m ²

Gaya dalam yang diterima drop panel, output dari program bantu ETABS adalah:

$$M (+) = 29,517 \text{ ton.m} = 295170000 \text{ Nmm}$$

$$M (-) = -52,383 \text{ ton.m} = 523830000 \text{ Nmm}$$

➤ Penulangan Momen positif (M+)

$$\beta_1 = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0.0357$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,026775$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 120,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 295170000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 295170000}{0,9 \times 1000 \times 120,5^2} = 5,641$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 5,641}{400}} \right) = 0,0158\end{aligned}$$

$\rho_{\max} = 0,0267 > \rho_{\text{pakai}} = 0,0158 > \rho_{\min} = 0,002$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0158 \times 1000 \times 120,5 = 2690 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D19 sebanyak 10 buah

$$\text{Jarak tulangan} = 1000/10 = 100 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan **D19-100** ($A_s = 2836 \text{ mm}^2$)

➤ Penulangan Momen negatif (M-)

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,026775$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 120,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 523830000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 523830000}{0,9 \times 1000 \times 120,5^2} = 10,02$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 10,02}{400}} \right) = 0,0319$$

$\rho_{\min} = 0,002 < \rho_{\max} = 0,0267 < \rho_{\text{pakai}} = 0,0158$ dipakai ρ_{\max} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0267 \times 1000 \times 120,5 = 3227 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 sebanyak 12 buah

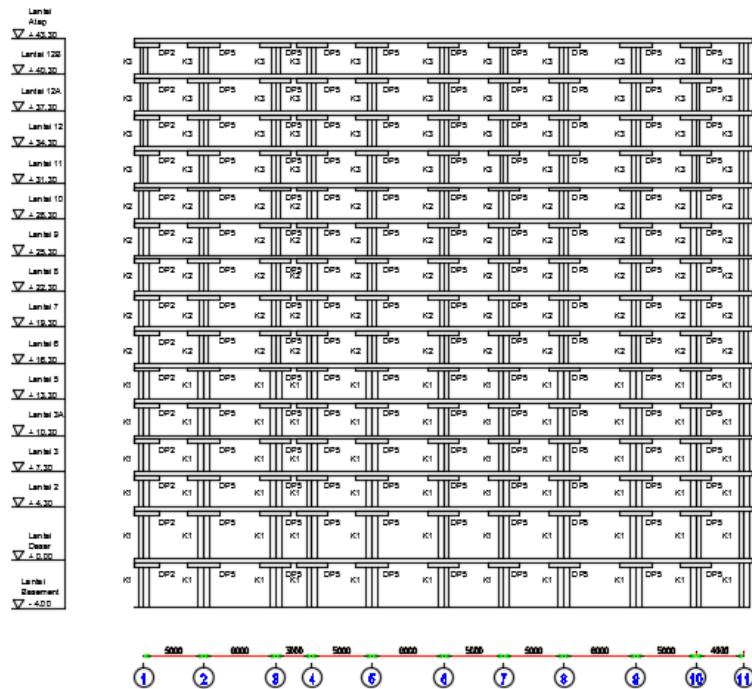
$$\text{Jarak tulangan} = 1000/12 = 80 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan **D19-80** ($As = 3402,34 \text{ mm}^2$)

4.4.4 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskannya beban struktur di atasnya ke elemen struktur di bawahnya. Dalam tugas akhir ini, direncanakan dimensi dan tipe kolom dibagi menjadi 3 tipe setiap 5 lantai.

4.4.4.1 Data Perencanaan



Gambar 4.39. Potongan Rangka

Data kolom perencanaan dimensi kolom tersebut adalah sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c)	: 40 MPa
Mutu tulangan lentur (f_y)	: 390 MPa
Mutu tulangan geser tump (f_{ys})	: 690 MPa (Grade 100)
Mutu tulangan geser lap (f_{ys})	: 390 MPa
Dimensi kolom A (Lt.11-atap)	: 70/70 cm
Dimensi kolom B (Lt 6-10)	: 80/80 cm
Dimensi kolom C (Lt. Ground - 5)	: 90/90 cm
Tebal decking	: 50 mm
Tinggi kolom	: 300 cm

Sebagai contoh, diambil analisa pada kolom dengan gaya dalam terbesar yaitu Kolom C. Data kolom perencanaan dimensi kolom C tersebut adalah sebagai berikut :

Dimensi kolom : 90/90 cm

Diameter tulangan utama (D) : 25 mm

Dengan menggunakan program ETABS diperoleh besarnya gaya dalam pada Kolom A adalah sebagai berikut:

Tabel 4.29. Gaya tekan dan momen Kolom A pada berbagai kombinasi beban

Kombinasi Beban	P _u (kN)	M _{u1} (kNm)	M _{u2} (kNm)
1,4D	1552,0	42,77	30,08
1,2D+1,6L	1772,7	45,25	42,73
(1,2+0,2S _{DS})D+L+E	2343,3	153,19	150,47
(0,9-0,2S _{DS})D+L±E	1103,6	132,44	133,67
Envelope	2343,3	153,19	150,47

Dan gaya geser dan torsi ultimate sebagai berikut:

$$V_{u1} = 137,78 \text{ kN}$$

$$V_{u2} = 78,33 \text{ kN}$$

$$T_u = 2,594 \text{ kNm}$$

4.4.4.2 Kontrol Dimensi Kolom

Persyaratan pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.1:

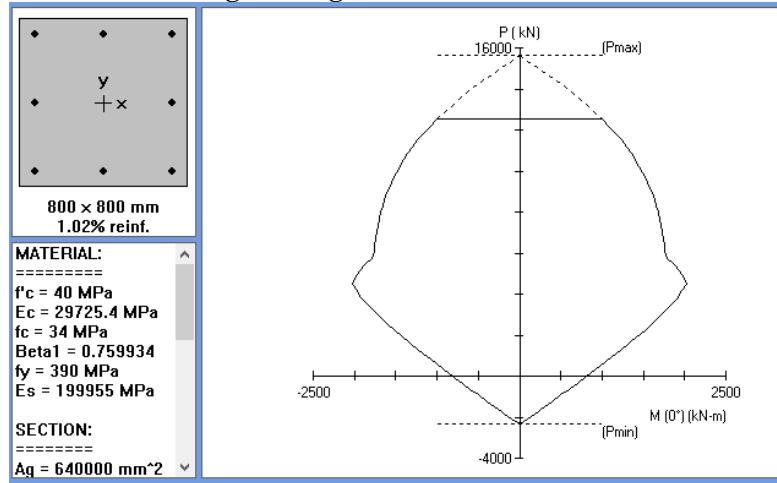
- Kolom sebagai penahan gaya aksial dan gempa
- $P_u > A_g f'_c / 10$

$$9246 > 900 \times 900 \times 35 / 10 = 2560 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Kontrol dimensi kolom:

- Penampang terpendek = 900 mm > 300 mm (OK)
- Ratio b/h = 900/900 = 1 > 0,4 (OK)

4.4.4.3 Penulangan Longitudinal Kolom



Gambar 4.40. Diagram Interaksi Aksial – Momen Kolom

Rasio tulangan longitudinal harus memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1%- 8%. Dengan program bantu *spColumn*, berdasarkan kombinasi beban pada **Tabel 4.12**, maka kolom memerlukan:

Tulangan longitudinal 12D25, dengan $\rho = 1,27\%$ (OK)

4.4.4.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 12.3.5.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned}\phi P_n(\max) &= 0,8\phi(0,85 \times f'c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}) \\ &= 0,8 \times 0,65 \times (0,85 \times (35) \times (900 \times 900 - 28 \times 510) + 400 \times 28 \times 510) \\ &= 12824 \text{ KN} \geq P_u = 9246 \text{ KN (OK)}\end{aligned}$$

4.4.4.5 Kontrol Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1, harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (*joints*) di setiap ujung komponen struktur.

Dengan bantuan *spColumn*, dengan $f_s = 1,25f_y$, didapat:

$$M_{prc} = 782 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2M_{prc}}{L_n} = \frac{2 \times 1901}{3,0} = 1267,33kN$$

Gaya geser balok :

$$M_{prb^+} = 315,70 \text{ kNm}$$

$$M_{prb^-} = 383,47 \text{ kNm}$$

$$V_u = 2 \times \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_1} \times \frac{l_2}{l_1 + l_2}$$

$$V_u = 2 \times \frac{315,7 + 383,47}{3,0} \times \frac{3,0}{(3,0 + 3,0)}$$

$$V_u = 233,06 \text{ kN}$$

Gaya geser dari analisa struktur:

$$V_u = \sqrt{137,66^2 + 78,33^2} = 158,39kN$$

Nilai gaya geser diambil nilai terbesar dari ketiga nilai di atas yaitu 1267,33 kN.

4.4.4.6 Penulangan Geser Kolom

Daerah sendi plastis menurut SNI 2847:2013 ps.

21.6.4.1:

$$l_0 \geq h = 900 \text{ mm}$$

$$l_0 \geq l_n/6 = 3000/6 = 500 \text{ mm}$$

$$l_0 \geq 450 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } l_0 = 900 \text{ mm}$$

Spasi daerah sendi plastis menurut SNI 2847:2013 ps.

21.6.4.3:

$$s \leq b/4 = 900/4 = 225 \text{ mm}$$

$$s \leq 6D_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$h_x = (600 - 2 \times 50 - 16) / 2 = 342 \text{ mm} < 350 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 342}{3} = 102,7 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq s \leq 150 \text{ mm}$$

diambil spasi daerah sendi plastis = 100 mm

Luas tulangan geser yang diperlukan menurut SNI 2847:2013 ps. 21.6.4.4:

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,3 \times \frac{sb_c f_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \\ &= 0,3 \times \frac{100 \times 681 \times 40}{690} \left[\left(\frac{640000}{490000} \right) - 1 \right] = 365,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,09 \times \frac{sb_c f_c}{f_{yt}} \\ &= 0,09 \times \frac{100 \times 681 \times 40}{690} = 358,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

diambil nilai A_{sh} yang terbesar yaitu $365,75 \text{ mm}^2$

Maka untuk daerah sendi plastis sepanjang 800mm dari muka joint, dipasang D19-100 Grade 100 ($A_{sh} = 398,2 \text{ mm}^2$)

Mengingat beban aksial ter faktor kolom eksterior minimal $9246 \text{ kN} > 2560 \text{ kN}$, maka Nilai V_c diambil sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2.

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b_w d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{9246000}{14 \times 640000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 800 \times 742 = 320,43 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{398,2 \times 690 \times 742}{100} = 2042,8 \text{ kN}$$

$$\phi(V_s + V_c) = 0,75 \times (2042,8 + 320,43)$$

$$= 1707,4 \text{ kN} > V_u = 1267,33 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Karena $V_u \geq \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan di luar daerah sendi plastis yaitu:

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{1267,33 - 0,75 \times 320,43}{0,75} = 1369,34 kN$$

$$A_{V1} = \frac{75\sqrt{f_c} bS}{1200 f_y} = \frac{75 \times \sqrt{40} \times 800 \times 1000}{1200 \times 390} = 810,8 mm^2$$

$$A_{V2} = \frac{bS}{3f_y} = \frac{800 \times 1000}{3 \times 390} = 683,7 mm^2$$

$$A_{V3} = \frac{V_s S}{f_y d} = \frac{1369,34 \times 1000}{390 \times 742} = 4722,4 mm^2$$

diambil $A_v = 4722,4 mm^2$

Jarak tulangan:

Dipasang sengkang 4 kaki D19

$$s = \frac{n(1/4)\pi D^2 S}{A_v} = \frac{4 \times (1/4) \times \pi \times 16^2 \times 1000}{4722,4} = 170,3 mm$$

Spasi sengkang untuk daerah di luar sendi plastis menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5:

$$s \leq b = 800 mm$$

$$s \leq 48D_s = 48 \times 16 = 768 mm$$

$$s \leq 6D_b = 6 \times 32 = 162 mm$$

$$s \leq 150 mm$$

$$\text{diambil } s = 150 mm$$

Maka di luar daerah sendi plastis digunakan sengkang D19-150.

4.4.4.7 Kontol Penulangan Torsi

Pengaruh puntir terbesar yang dapat diabaikan menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.2:

$$A_{cp} = 800 \times 800 = 640000 mm^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (800 + 800) = 3200 mm$$

$$\begin{aligned}
 T_u &< \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 A_g \lambda \sqrt{f_c}}} \\
 &< 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{40} \times \left(\frac{640000^2}{2400} \right) \sqrt{1 + \frac{9246000}{0,33 \times 640000 \times \sqrt{40}}}
 \end{aligned}$$

$< 567,14 \text{ kNm}$

$$T_u = 2,594 \text{ kNm} < 567,14 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan torsi dapat diabaikan.

4.4.4.8 Rekapitulasi Analisa Struktur Kolom

Rekapitulasi hasil analisa struktur dan penulangan seluruh tipe kolom ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.30. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Ket	Kol A	Kol B	Kol C
Dimensi	70/70 cm	80/80 cm	90/90 cm
Tulangan longitudinal	12D25	12D25	12D25
Sengkang tumpuan	4D19-100 Grade 100	4D19-100 Grade 100	4D19-100 Grade 100
Sengkang lapangan	4D19-200	4D19-200	4D19-200

4.4.5 Perencanaan Dinding Geser

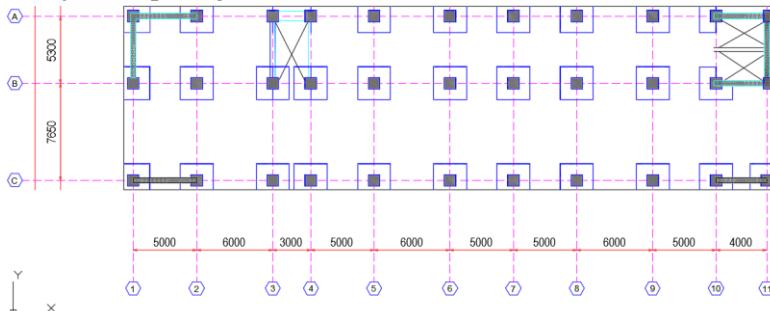
Dinding geser (*shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekan, geser, maupun tekuk. Dalam tugas akhir ini analisa struktur dinding geser dilakukan untuk mengkaji apakah dimensi yang direncanakan memenuhi kapasitas yang dibutuhkan untuk menahan beban.

4.4.5.1 Data Perencanaan

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f'_c)	= 35 MPa
Mutu baja (f_y)	= 390 MPa
Bentang dinding geser	= 4 m
Tinggi dinding geser	= 3 m
Tebal dinding geser	= 400 mm

Denah penempatan dinding geser dinding geser ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.41 Denah Penempatan Dinding Geser (Balok Hitam)

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horisontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai dasar. Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program ETABS didapatkan kombinasi envelope beban maksimum sebagai berikut:

Tabel 4.31 Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS)

Kombinasi	Arah X			Arah Y		
	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)
Envelope	16281,01	3959,54	20790	18301,15	1180,16	55150

4.4.5.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_n = 0,55 \phi f' c \cdot A_g \left[1 - \left(\frac{k \cdot lc}{32h} \right)^2 \right]$$

Di mana:

lc = panjang kolom

h = tebal dinding geser

k = faktor panjang efektif, di mana $k = 0,8$

- Untuk arah X

$$P_u = 16281,01 \text{ kN}$$

$$A_g = 400 \times 6000 = 24 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,55 \times 0,75 \times 35 \times 24 \times 10^5 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 4000}{32 \times 400} \right)^2 \right] \\ &= 27843750 \text{ N} \\ &= 27843,75 \text{ kN} > P_u = 16281,01 \text{ kN} (\text{OK})\end{aligned}$$

- Untuk arah Y

$$P_u = 18301,15 \text{ kN}$$

$$A_g = 400 \times 4000 = 16 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,55 \times 0,75 \times 30 \times 16 \times 10^5 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 4000}{32 \times 400} \right)^2 \right] \\ &= 18562500 \text{ N} \\ &= 18562,5 \text{ kN} > P_u = 18301,15 \text{ kN} (\text{OK})\end{aligned}$$

4.4.5.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi 0,83 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d \geq V_u$$

Di mana:

h = tebal dinding geser

d = 0,8 lw

- Untuk arah X

$$V_u = 3959,54 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 6000$$

$$\begin{aligned}
 &= 4800 \text{ mm} \\
 \phi Vn &= \phi 0,83 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d \\
 &= 0,75 \times 0,83 \sqrt{30} \times 400 \times 4800 \\
 &= 4909785,005 \text{ N} \\
 &= 4909,785 \text{ kN} > Vu = 3959,54 \text{ kN} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Untuk arah Y
- $Vu = 1180,16 \text{ kN}$
- $d = 0,8 \times 4000$
- $= 3200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \phi Vn &= \phi 0,83 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d \\
 &= 0,75 \times 0,83 \sqrt{30} \times 400 \times 3200 \\
 &= 3273190,004 \text{ N} \\
 &= 3273,19 \text{ kN} > Vu = 1180,16 \text{ kN} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4.4.5.4 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.6

$$Vc = 0,27 \lambda \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{Nu \cdot d}{4lw}$$

- Untuk arah X
- $Vu = 3959,54 \text{ kN}$
- $Nu = Pu = 16281,01 \text{ kN}$
- $lw = 6000 \text{ mm}$
- $d = 0,8 \times 6000$
- $= 4800 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,27 \sqrt{30} \times 400 \times 4800 + \frac{16281010 \times 4800}{4 \times 6000} \\
 &= 5385746,994 \text{ N} \\
 &= 5385,746 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5\Phi Vc &= 0,5 \times 0,75 \times 5385,746 \\
 &= 2019,655 \text{ kN} < Vu = 3959,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser horizontal, di mana:

$$Vn = Vc + Vs$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v f_y d}{s} \\ A_v &= \text{luas tulangan horizontal} \\ s &= \text{jarak tulangan horizontal} \end{aligned}$$

- Untuk arah Y
- $V_u = 1180,16 \text{ kN}$
 $N_u = P_u = 18301,15 \text{ kN}$
 $l_w = 4000 \text{ mm}$
 $d = 0,8 \times 4000$
 $= 3200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\sqrt{30} \times 400 \times 3200 + \frac{18301150 \times 4800}{4 \times 6000} \\ &= 5079926,065 \text{ N} \\ &= 5079,926 \text{ kN} \\ 0,5\Phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times 5079,926 \\ &= 1904,97 \text{ kN} > V_u = 1180,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser horizontal, di mana:

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ V_s &= \frac{A_v f_y d}{s} \\ A_v &= \text{luas tulangan horizontal} \\ s &= \text{jarak tulangan horizontal} \end{aligned}$$

4.4.5.5 Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding di antara dua komponen batas melebihi $0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \sqrt{f'c}$, di mana A_{cv} adalah luas bruto yang dibatasi oleh tebal badan dan panjang penampang dinding (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2).

- Arah X

$$\begin{aligned} 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \sqrt{f'c} &= 0,17 \times (6000 \times 400) \times 1 \times \sqrt{30} \\ &= 1676031,026 \text{ N} \\ &= 1676,031 \text{ kN} < 3959,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka diperlukan minimal dua lapis tulangan

- Arah Y

$$\begin{aligned} 0,17 \cdot Acv \cdot \lambda \sqrt{f'c} &= 0,17 \times (4000 \times 400) \times 1 \times \sqrt{30} \\ &= 1955369,53 \text{ N} \\ &= 1955,369 \text{ kN} > 1180,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tidak diperlukan dua lapis tulangan

4.4.5.6 Penulangan Geser Horizontal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.2 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025.

- Arah X

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $lw/5 = 6000/5 = 1200 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka dipakai jarak tulangan $s = 250 \text{ mm}$

Dipakai tulangan geser horizonta **2D13-200 mm** ($As = 258 \text{ mm}^2$)

$$\rho_t = \frac{As}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 250} = 0,00258 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} Vs &= \frac{\text{Av. fy. d}}{s} \\ &= \frac{258 \times 400 \times 4800}{250} \\ &= 1585152 \text{ N} \\ &= 1585,152 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Vn = Vc + Vs$$

$$\begin{aligned} &= 5385,746 + 1585,152 \\ &= 6970,899 \text{ kN} > Vu = 3959,54 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

- Arah Y

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $lw/5 = 4000/5 = 800 \text{ mm}$

b. $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$

c. 450 mm

Maka dipakai jarak tulangan $s = 250 \text{ mm}$

Dipakai tulangan geser horizontal **2D13-200 mm** ($As = 258 \text{ mm}^2$)

$$\rho t = \frac{As}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 250} = 0,00258 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$Vs = \frac{Av.fy.d}{s}$$

$$= \frac{258 \times 400 \times 3200}{250}$$

$$= 1320960 \text{ N}$$

$$= 1320,96 \text{ kN}$$

$$Vn = Vc + Vs$$

$$= 5079,926 + 1320,96$$

$$= 6400,88 \text{ kN} > Vu = 1180,16 \text{ kN (OK)}$$

4.4.5.7 Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.4 rasio luas tulangan geser vertikal terhadap lus beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari:

$$0,0025 + 0,5(2,5 - \frac{hw}{lw})(\rho t - 0,0025) \text{ dan } 0,0025$$

- Arah X

$$0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{4000}{6000} \right) (0,00258 - 0,0025) = 0,002574$$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

a. $lw/5 = 6000/5 = 1200 \text{ mm}$

b. $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$

c. 450 mm

Maka digunakan tulangan geser vertikal **2D13-200 mm** ($As = 258 \text{ mm}^2$)

$$\rho l = \frac{As}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 250} = 0,00258 > 0,002574 \text{ (OK)}$$

- Arah Y

$$0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{4000}{6000} \right) (0,00258 - 0,0025) = 0,002574$$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a. $1w/5 = 4000/5 = 800 \text{ mm}$
- b. $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c. 450 mm

Maka digunakan tulangan geser vertikal **2D13-200** mm
($As = 258 \text{ mm}^2$)

$$\rho l = \frac{As}{h \times s} = \frac{258}{400 \times 250} = 0,00258 > 0,002574 \text{ (OK)}$$

4.5 Perencanaan Pondasi

4.5.1 Umum

Pada umumnya pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terletak di bagian terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaannya, pondasi terdiri dari dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak.

Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *Spun Pile* produk dari Jaya Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (*pile cap*) dan perencanaan sloof (*tie beam*).

4.5.2 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun.

4.5.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- *Diameter outside (D)* : 600 mm
- *Thickness* : 100 mm
- *Bending momen crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,5 tm
- *Allowable axial* : 252,7 ton

4.5.4 Daya Dukung

4.5.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_r). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Qu = Qp + Qs$$

Di samping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut.

Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang dalam kelompok. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *SPT* menurut Luciano Decourt.

$$QL = Qp + Qs$$

Dimana :

QL = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

QP = *Resistance ultime* di dasar pondasi

QS = *Resistance ultime* akibat lekatan lateral

$Qp = qp \cdot Ap = (Np \cdot K) \cdot Ap$

Dimana :

Ap = Luas penampang ujung tiang

Np = Harga rata-rata SPT 4B diatas dasar pondasi dan

4B

dibawah dasar pondasi.

K = Koefisien karakteristik tanah

$12 \text{ t/m}^2 = 117,7 \text{ kPa}$, (untuk lempung)

$20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa}$, (untuk lanau berlempung)

$25 \text{ t/m}^2 = 245 \text{ kPa}$, (untuk lanau berpasir)

$40 \text{ t/m}^2 = 392 \text{ kPa}$, (untuk pasir)

Qp = Tegangan di ujung tiang

$Qs = qs \cdot As = (Ns/3 + 1) \cdot As$

Dimana :

qs = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

Ns = Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan ; $3 \leq N \leq 50$

As = Keliling x panjang tiang yang terbenam

Harga N di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan perumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck):

$$N' = 15 + 0,5(N-15)$$

Dimana:

N = Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah

4.5.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk daya dukung pondasi group, terlebih dahulu dikoreksi dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi Ce.

$$QL(\text{group}) = QL(1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

dengan n = jumlah tiang dalam group

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah:

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arctg} \left(\frac{D}{S} \right) \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

4.5.4.3 Repartisi Beban di Atas Tiang Berkelompok

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertical ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x_i^2}$$

Dimana :

P_i = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

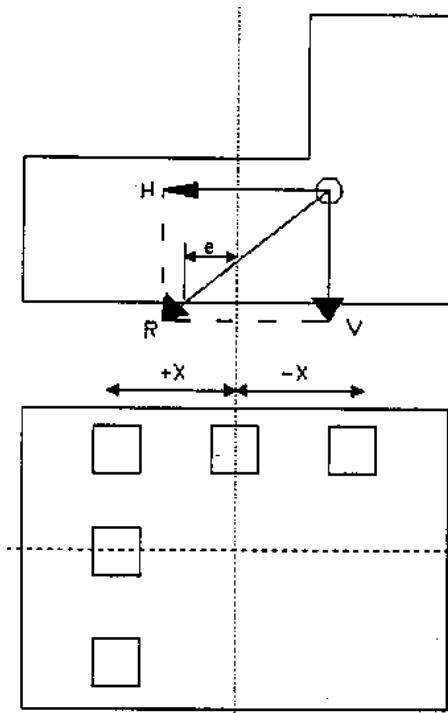
y_{\max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y

x_{\max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah x

$\sum y_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah y

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negatif bila berlawanan dengan arah e.



Gambar 4.42 Repartisi beban-beban yang bekerja di atas kelompok tiang pondasi yang disatukan oleh poer

4.5.5 Perhitungan Tiang Pancang

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS 2016, diambil output reaksi perletakan yang terbesar dengan hasil ialah sebagai berikut (dalam hal ini, nilai beban yang dimasukkan bukanlah beban service, tetapi beban awal sebelum ditambah faktor beban) :

$$\begin{aligned}
 P &= 734,133 & t \\
 M_{ux} &= 4579,64 & \text{kgm} \\
 M_{uy} &= 10658,19 & \text{kgm} \\
 H_x &= 10196,2 & \text{kg} \\
 H_y &= 4409,62 & \text{kg}
 \end{aligned}$$

4.5.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dari hasil data tanah yang didapatkan dari Lab Mektan ITS digunakan contoh untuk kedalaman 18m dengan diameter tiang pancang 600 mm (lihat Tabel 4.32). Dari data tanah tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan *Luciano Decourt* :

$$QN = Q_p + Q_s$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_p &= (N_p \times K) \times A_p \\ &= (35,1875 \times 40 \times 0,28274) = 397,961 \quad t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (N_s/3 + 1) \times A_s \\ &= (5,614 + 1) \times 1,88496 \times 18,5 = 230,6425 \quad t \end{aligned}$$

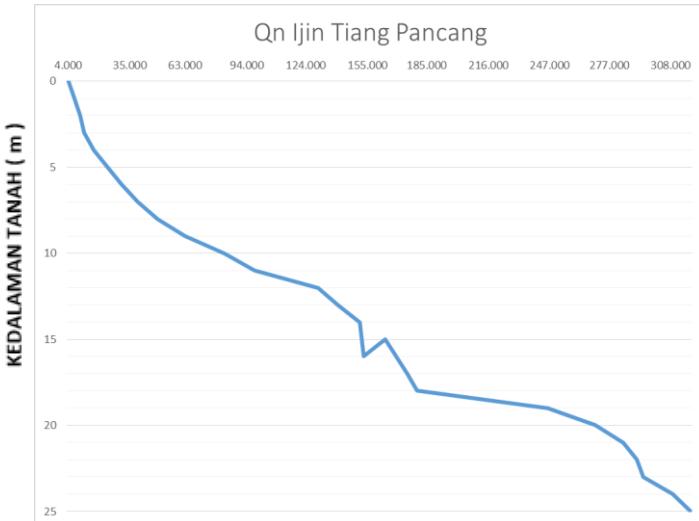
$$\begin{aligned} Q_L &= Q_p + Q_s \\ &= 397,961 + 230,6425 = 628,60375 \quad t \end{aligned}$$

$$Q_U = \frac{Q_L}{S_f} = \frac{628,60375}{3} = 209,53 \quad t$$

Dari hasil Qu yang didapatkan maka rencana jumlah tiang pancang adalah :

$$n = \frac{P_n}{Q_u} = \frac{734,133}{209,53} = 3,504 \approx 4 \text{ buah}$$

Secara lengkap perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal disajikan dalam tabel berikut ini



Gambar 4.43 Grafik Hubungan Qn Tiang Pancang dan Kedalaman Tanah

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Daya Dukung

D (m)	Jenis Tanah	N-SPT	N'	Np	K (t/m²)	qp	Qp	Ns	qs	As	Qs	QI	Qu
0	LL	0	0	2.375	20	47.500	13.430	3.000	2.000	0.000	0.000	13.430	4.477
1	LL	1.5	1.5	3.300	20	66.000	18.661	3.000	2.000	1.885	3.770	22.431	7.477
2	LL	3	3	4.083	20	81.667	23.091	3.000	2.000	3.770	7.540	30.631	10.210
3	LL	5	5	4.643	20	92.857	26.255	3.000	2.000	5.655	11.310	37.564	12.521
4	LL	7	7	6.643	20	132.857	37.564	3.300	2.100	7.540	15.834	53.398	17.799
5	LL	8	8	8.929	20	178.571	50.490	4.083	2.361	9.425	22.253	72.743	24.248
6	LL	8	8	11.500	20	230.000	65.031	4.643	2.548	11.310	28.813	93.844	31.281
7	LL	14	14	14.286	20	285.714	80.784	5.813	2.938	13.195	38.759	119.543	39.848
8	LL	20	17.5	17.143	20	342.857	96.941	7.111	3.370	15.080	50.824	147.765	49.255
9	LL	27	21	22.214	20	444.286	125.619	8.500	3.833	16.965	65.031	190.650	63.550
10	LL	34	24.5	29.643	20	592.857	167.626	9.955	4.318	18.850	81.396	249.022	83.007
11	LL	39	27	34.643	20	692.857	195.901	11.375	4.792	20.735	99.353	295.254	98.418
12	LP	72	43.5	37.500	25	937.500	265.072	13.846	5.615	22.619	127.017	392.089	130.696
13	LP	105	60	36.357	25	908.929	256.993	17.143	6.714	24.504	164.530	421.523	140.508
14	LP	83	49	36.714	25	917.857	259.518	19.267	7.422	26.389	195.868	455.386	151.795
15	LP	60	37.5	38.571	25	964.286	272.645	20.406	7.802	28.274	220.599	493.244	164.415
16	LL	13	13	40.857	20	817.143	231.042	19.971	7.657	30.159	230.926	461.967	153.989
17	LP	39	27	39.214	25	980.357	277.189	20.361	7.787	32.044	249.530	526.719	175.573
18	LP	65	40	37.571	25	939.286	265.577	21.395	8.132	33.929	275.898	541.475	180.492
19	P	104	59.5	37.571	40	1502.857	424.923	23.300	8.767	35.814	313.971	738.894	246.298
20	P	82	48.5	41.071	40	1642.857	464.507	24.500	9.167	37.699	345.575	810.082	270.027
21	P	60	37.5	42.571	40	1702.857	481.472	25.091	9.364	39.584	370.651	852.122	284.041
22	P	60	37.5	42.214	40	1688.571	477.432	25.630	9.543	41.469	395.759	873.191	291.064
23	P	60	37.5	40.857	40	1634.286	462.083	26.125	9.708	43.354	420.895	882.978	294.326
24	P	60	37.5	42.786	40	1711.429	483.895	26.580	9.860	45.239	446.056	929.951	309.984
25	P	60	37.5	42.786	40	1711.429	483.895	27.000	10.000	47.124	471.239	955.134	318.378

Berdasarkan tabel di atas, daya dukung 1 pondasi berdiameter 600 mm pada kedalaman 18 m adalah:

$$P_{jin} = 180,49 \text{ t}$$

Daya dukung izin pondasi satu tiang diameter 600 mm berdasarkan mutu bahan adalah:

$$P_{tiang} = 252,7 \text{ t}$$

4.5.5.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 60 cm. Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan di bawah ini :

- Untuk jarak antar tiang pancang :

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

$$2,5 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$150 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang = 150 cm

- Untuk jarak tiang pancang :

$$1 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1 \times 60 \leq S_1 \leq 2 \times 60$$

$$60 \text{ cm} \leq S_1 \leq 120 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tiang ke tepi = 60 cm

Dimana : S = jarak antar tiang pancang

S_1 = jarak tiang pancang ke tepi

Dipakai : jarak antar tiang pancang (S) = 150 cm

Jarak tepi tiang pancang (S_1) = 60 cm

Pada pondasi tiang grup/kelompok, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi, yang dirumus pada persamaan di bawah ini :

$$QL(\text{group}) = QL(1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

$$(\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arctg} \left(\frac{D}{S} \right) \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam 1 baris

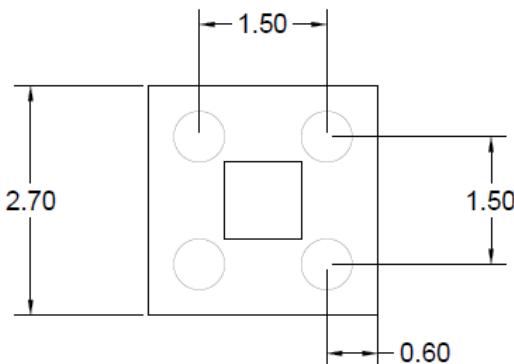
n = jumlah kolom tiang pancang

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \left\{ \frac{\arctan\left(\frac{600}{1500}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) \right\} = 0,74535$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ijin\ grup} &= \eta \times Q_{ijin\ 1tiang} \times n \\ &= 0,74535 \times (252,7) \times 4 \\ &= 753,404\ t > P_u = 734,133\ t \end{aligned}$$



Gambar 4.44 Konfigurasi rencana tiang pancang

4.5.5.3 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (P_{max})

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y \times x_{\max}}{\sum x_i^2} \leq P_{ijin(tiang)}$$

Di mana :

P_i = total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

y_{\max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y

x_{\max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah x

$\sum y_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah y

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negatif bila berlawanan dengan arah e.

$$\sum x_i^2 = 4(1500^2) = 9000000 \text{ mm}^2 = 9 \text{ m}^2$$

$$\sum y_i^2 = 4(1500^2) = 9000000 \text{ mm}^2 = 9 \text{ m}^2$$

Momen yang bekerja:

$$\begin{aligned} Mx &= Mux + (Hy \times t) = 4,58 + (4,41 \times 1,2) \\ &= 9,87 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My &= Muy + (Hx \times t) = 10,66 + (10,19 \times 1,2) \\ &= 22,88 \text{ tm} \end{aligned}$$

Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok

$$\text{a. Reaksi kolom} = 734133 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat poer} &= 2,7 \times 2,7 \times 1,2 \times 2400 = 20995,2 \text{ kg} \\ \text{Berat total } (\Sigma V) &= 755128,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan:

$$P_{\max} = \frac{755,12}{4} + \frac{9,87}{9} + \frac{22,88}{9} = 192,41 \text{ t} \leq 209,53 \text{ t (OK)}$$

4.5.5.4 Kontrol Kekuatan Tiang

Sesuai dengan spesifikasi dari PT. WIKA BETON direncanakan tiang pancang beton dengan :

- Diameter : 600 mm

- Tebal : 100 mm
- Type : A1
- Allowable axial : 252,7 ton
- Bending Momen crack : 17 tonm
- Bending Momen ultimate : 25,5 tonm

Tiang pancang yang direncanakan di kontrol terhadap beberapa kriteria berikut ini :

a. Kontrol terhadap gaya aksial

Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 80 cm type A1 sesuai dengan spesifikasi dari PT.WIKA BETON, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 415 Ton.

$$P_{\max} < P_{ijin} = 415 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

b. Kontrol terhadap gaya lateral

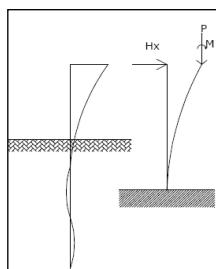
Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philiponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multi layer



Gambar 4.45 Diagram Gaya Lateral Tiang Pondasi

$$\begin{aligned} L_e &= \text{panjang penjepitan} \\ &= 3 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m} > 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } L_e = 1,8 \text{ m}$$

$$M_y = L_e \times H_y$$

$$= 1,8 \times 4409,62 \text{ kg}$$

$$= 7,937316 \text{ tm}$$

$$My (\text{satu tiang pancang}) = \frac{7,937316}{4} = 1,984329 \text{ tm}$$

$My < M_{\text{bending crack}}$ (dari Spesifikasi WIKA BETON)
 $1,984329 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots \text{OK}$

$$Mx = L_e \times H_x$$

$$= 1,8 \times 10,1962 \text{ t}$$

$$= 18,35 \text{ tm}$$

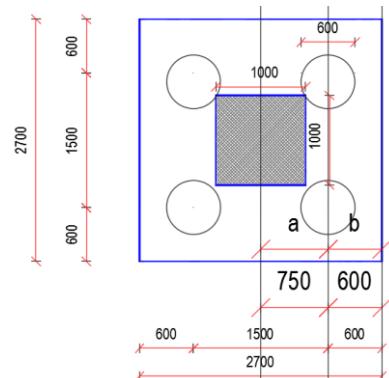
$$My (\text{satu tiang pancang}) = \frac{18,35}{4} = 4,588281 \text{ tm}$$

$My < M_{\text{bending crack}}$ (dari Spesifikasi WIKA BETON)
 $4,588281 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots \text{OK}$

Dari kedua perhitungan momen yang telah dilakukan maka untuk Ø60 cm kelas A1 pada Wika Piles Classification momen tidak diperkenankan melebihi $M = 17 \text{ tm}$.

4.5.6 Perencanaan Poer

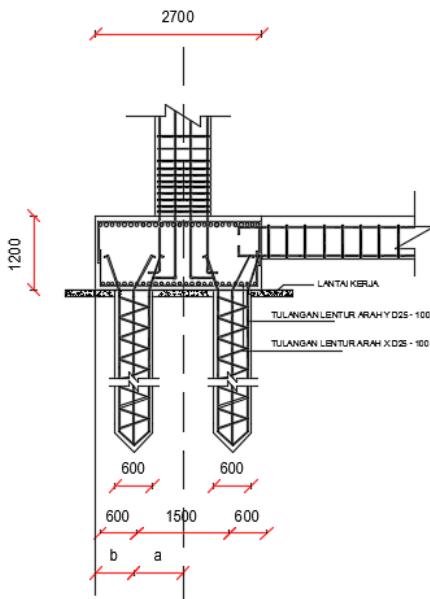
Perencanaan Poer dirancang untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Berdasarkan hal tersebut poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.



Gambar 4.46 Rencana Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer ($B \times L$) = $2,7 \times 2,7$ m
- Tebal poer (t) = 1,2 m
- Diameter tulangan utama= 25 mm
- Diameter sengkang = 12 mm
- Dimensi kolom = 900×900 mm
- Tebal selimut beton = 50 mm
- Tinggi efektif balok poer
 Arah x (d_x) = $1200 - 50 - \frac{1}{2} \times 25$ = 1137,5 mm
 Arah y (d_y) = $1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2} \times 25$ = 1112,5 mm

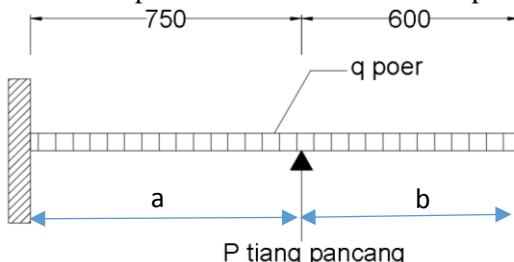


Gambar 4.47 Potongan Poer

a. Penulangan poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban

yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer.



Gambar 4.48 Analisis Poer sebagai Balok Kantilever

Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$\text{Berat poer } (q_u) = 2,7 \times 1,20 \times 2400 = 7776 \text{ kg/m}$$

$$P_t = 2P_{\text{maks}} = 2 \times 199,7 \text{ ton} = 399,4 \text{ ton}$$

Penulangan arah x

Penulangan lentur:

$$Pu = 1,2 \times 399,4 = 479,28 \text{ t}$$

$$qu = 7,776 \text{ t/m}$$

Momen – momen yang bekerja:

$$\begin{aligned} M &= (Pt \times x) - \left(\frac{1}{2} q \times l^2 \right) \\ &= (399,4 \times 0,75) - \left(\frac{1}{2} \times 7,776 \times 1,35^2 \right) \\ &= 299,55 - 7,08 \\ &= 292,47 \text{ tm} \\ &= 2924700000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,44$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2924700000}{0,9 \times 1000 \times 1137,5^2} = 2,512$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,44} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 2,512}{400}} \right) \\ = 0,0066$$

$$Asperlu = \rho_{perlu} \times bw \times d \\ = 0,0066 \times 1000 \times 1137,5 \\ = 7473,5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Asperlu}{AD25} = \frac{7473,5}{510} = 14,6 \approx 15 \text{ buah} \\ S = \frac{bw}{n-1} = \frac{1000}{15-1} = 192,85 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan lentur arah X yaitu D25-100 mm

Penulangan arah y

Penulangan lentur:

$$Pu = 1,2 \times 399,4 = 479,28 \text{ t} \\ qu = 7,776 \text{ t/m}$$

Momen – momen yang bekerja:

$$M = (Pt \times x) - \left(\frac{1}{2} q \times l^2 \right) \\ = (399,4 \times 0,75) - \left(\frac{1}{2} \times 7,776 \times 1,35^2 \right) \\ = 299,55 - 7,08 \\ = 292,47 \text{ tm} \\ = 2924700000 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,44 \\ Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2924700000}{0,9 \times 1000 \times 1137,5^2} = 2,512 \\ \rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,44} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 2,512}{400}} \right) \\ = 0,0066$$

$$Asperlu = \rho_{perlu} \times bw \times d \\ = 0,0066 \times 1000 \times 1137,5$$

$$= 7473,5 \text{ mm}^2$$

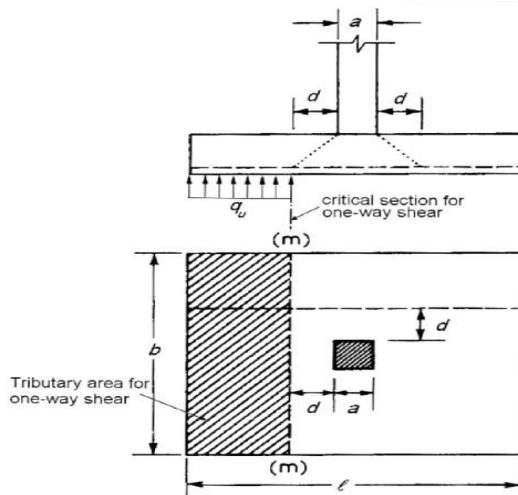
$$n = \frac{\text{Asperlu}}{\text{AD25}} = \frac{7473,5}{510} = 14,6 \approx 15 \text{ buah}$$

$$S = \frac{bw}{n-1} = \frac{1000}{15-1} = 192,85 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan lentur arah Y yaitu D25-100 mm

b. Kontrol Geser Satu Arah

Perencanaan pile cap harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1 Kuat geser yang disumbangkan beton diambil :



Gambar 4.49 Daerah Kritis Geser Satu Arah

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f'c} \times b \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1112,5 = 9688665,352 \text{ N} = 968,8665352 \text{ t}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 968,8665352 \text{ t} = 726,65 \text{ t}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2 \times \text{Pijin} \times 1,5 \\
 V_u &= 2 \times 209,53 \times 1,5 = 628,59 \text{ t} \\
 \phi V_c &< V_u \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

c. Kontrol geser pons pada pile cap

Perencanaan pile cap harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1 Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari :

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.b

$$V_c = 0,33 \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.c

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi = 1

b_0 = keliling dari penampang kritis pada pile cap

$b_0 = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$

dimana :

b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif pile cap

➤ Kontrol geser pons pada tiang pancang tengah (akibat kolom)

$$b_0 = 2(900 + 1137,5) + 2(900 + 1112,5)$$

= 8100 mm

➤ Batas geser pons

$$P \leq \phi V_c$$

➤ Batas geser pons

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$$= \frac{900}{900} = 1$$

α_s = 40, untuk kolom interior

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1137,5 = 19812776,34 \text{ N} = 1981,2776 \text{ t}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1137,5}{8100}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1137,5 = 27168827,1 \text{ N} = 2716,8827 \text{ t}$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1137,5 = 19230047,62 \text{ N} = 1923,0048 \text{ t}$$

Diambil yang terkecil V_c = 1923,0048 t

$$\phi V_c = 0,75 \times 1923,0048 \text{ t} = 1442,2535 \text{ t} =$$

1442,2535 ton > P_u kolom = 734,13347 ton

Sehingga ketebalan dan ukuran pile cap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

d. Kontrol geser ponds tiang pancang tepi

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.b

$$V_c = 0,33\lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.c

Dengan :

Dimensi poer	: $3,5 \times 3,5 \times 1,20 \text{ m}^3$
Selimut beton	: 50 mm
\emptyset tul utama	: D25
Tinggi efektif	: $d = 1200 - 50 - \frac{1}{2} \times 25 = 1137,5 \text{ mm}$

dimana :

$$\begin{aligned} \beta_c &= \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi} \\ &\text{pendek pada pondasi tiang pancang} \\ &= \frac{900}{900} = 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling dari penampang kritis pada poer} \\ &= [2\pi \times (d + D_{tiang})] \\ &= [2\pi \times (1137,5 + 800)] \\ &= 12173,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\alpha_s = 30, \text{ untuk kolom eksterior}$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 12173,7 \times 1137,5 = 44665598,39 \text{ N} = 4466,5598 \text{ t}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 1147,5}{12173,7}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 12173,7 \times 1137,5 = 20376620,33 \text{ N} = 2037,6620 \text{ t}$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 12173,7 \times 1137,5 = 28901269,54 \text{ N} = 2890,1269 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil yang terkecil } V_c &= 2037,6620 \text{ t} \\ \phi V_c &= 0,75 \times 2037,6620 \text{ t} &= 1528,2465 \text{ t} \\ &= 1528,2465 \text{ ton} > P_u \text{ tiang tepi} = 734,13347 \text{ ton} \\ &\quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran poer mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial tiang tepi.

e. Kontrol Balok Tinggi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.7 Balok tinggi adalah komponen struktur yang dibebani pada salah satu mukanya dan ditumpu pada muka yang berlawanan sehingga strat tekan dapat membentuk di antara beban dan tumpuan, dan mempunyai salah satu antara:

(a) bentang bersih ln , sama dengan atau kurang dari empat kali tinggi komponen struktur keseluruhan h ; atau

(b) daerah dengan beban terpusat dalam jarak $2h$ dari muka tumpuan.

Balok tinggi harus didesain dengan memperhitungkan salah satu antara distribusi regangan nonlinier, atau dengan Lampiran A. (Lihat juga 11.7.1 dan 12.10.6).

ln poer = $3600 \text{ mm} < 4h = 4 \times 1200 = 4800 \text{ mm}$, sehingga poer termasuk balok tinggi. Balok tinggi harus dikontrol sesuai ketentuan yang ada dalam SNI:

$$Vu = 160382 \text{ N (hasil ETABS)}$$

$$Vu \leq \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 11.7})$$

$$Av > 0,0025 \times bw \times S \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 11.7.4.1})$$

Dimana $S < d/5$ atau $S < 300 \text{ mm}$

$$d/5 = 1200/5 = 240 \text{ mm}$$

sehingga di gunakan $S = 240 \text{ mm}$

Arah X

$$Vu \leq \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$160382 \text{ N} \leq 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{40} \times 3600 \times 1137,5$$

$$160382 \text{ N} \leq 16122160 \text{ N} \dots \text{OK}$$

$$Av > 0,0025 \times bw \times S$$

$$16175,25 \text{ mm}^2 > 0,0025 \times 3600 \times 240$$

$$16175,25 \text{ mm}^2 > 2160 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Arah Y

$$Vu \leq \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$160382 \text{ N} \leq 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{40} \times 3600 \times 1112,5$$

$$160382 \text{ N} \leq 15767830 \text{ N} \dots \text{OK}$$

$$Av > 0,0025 \times bw \times S$$

$$15819,75 \text{ mm}^2 > 0,0025 \times 3600 \times 240$$

$$15819,75 \text{ mm}^2 > 2160 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

4.5.7 Perencanaan Balok Sloof

Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya.

a. Data Perencanaan

Data-data perancangan perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

P kolom	= 734,13347	ton
Panjang Sloof L	= 6	m
Mutu Beton f_c'	= 40	MPa
Mutu Baja f_y	= 400	MPa
Decking	= 50	mm
Diameter Tulangan Utama	= 25	mm
Diameter Sengkang	= 12	mm
Dimensi Sloof	= 500 x 700	mm
Tinggi Efektif	= 700 - 50 - 12 - (1/2 . 25)	
	= 625,5	mm

b. Dimensi Sloof

Pada perancangan *sloof* ini, penulis mengambil ukuran *sloof* berdasarkan *sloof* yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya aksial terbesar yaitu $P_u = 1080,2$ ton. Penentuan dimensi dari *sloof* dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar :

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c}$$

Maka perhitungannya :

Tegangan tarik ijin :

$$fr_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{40} = 4,427 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi

$$fr = \frac{Pu}{0,8 \times b \times h} = \frac{7341334,7}{0,8 \times 500 \times 700} = 2,622 \text{ Mpa} < fr_{ijin..OK}$$

c. Penulangan Sloof

c.1 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun beban sloof adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } Nu &= 10\% \times 1080,2 \text{ ton} \\ &= 108,01998 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berat yang diterima sloof :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,5 \times 0,7 \times 2,4 = 0,84 \text{ t/m} \\ \text{Berat dinding} &= 5,825 \times 2,4 = 13,98 \text{ t/m} \\ &= 14,82 \text{ t/m} \\ \text{Qu} &= 1,2 \times 14,82 = 17,784 \text{ t/m} \\ &= 177840 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

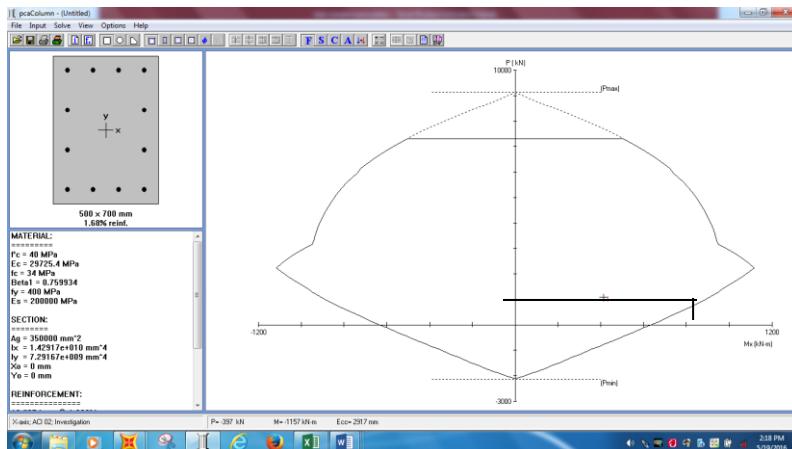
$$\begin{aligned} Mu &= 1/12 \cdot qu \cdot L^2 \\ &= 1/12 \cdot 177840 \cdot 5,45^2 \\ &= 502852 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lalu menggunakan program PCACol dengan memasukkan beban:

$$P = 7341,3347 \text{ kN}$$

$$M = 502,852 \text{ kNm}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada **Gambar 4.49** di bawah ini :



Gambar 4.50 Diagram Interaksi Balok Sloof 50/70

Dari diagram interaksi untuk :

$$f_c = 40$$

$$f_y = 400 \text{ didapat } \rho = 1,68\%$$

Dipasang Tulangan 12 D 25 ($A_s = 5890,486 \text{ mm}^2$)

c.2 Penulangan Geser Sloof

Dari diagram interaksi didapat momen balance M_{pr} sebesar $= 857 \text{ kNm}$

$$V_u = \frac{M_{pr} + M_{pr}}{hn}$$

$$= \frac{857 + 857}{5,45} = 314,495 \text{ kN} = 314495 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c} x b w x dx \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right]$$

$$= \frac{1}{6} x \sqrt{40} x 500 x 625,5 \left[1 + \frac{7341334,7}{14 \times 500 \times 700} \right]$$

$$= 823585,6219 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 \times 823585,6219 \text{ N} = 617689,2164 \text{ N} \\ Vs_{\min} &= 1/3 \times bw \times d \\ &= 1/3 \times 500 \times 625,5 \\ &= 104250 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset(V_c + Vs_{\min}) &= 0,75 \times (617689,2164 + 104250) \\ &= 541454,4123 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&\phi V_c + \phi(1/3)\sqrt{fc} \times bw \times d \\ &= 617689,2164 + 0,75 \times \frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 500 \times 625,5 \\ &= 1112190,386 \text{ N}\end{aligned}$$

Karena :

$$(\phi V_c + \phi V_{s\min}) > Vu$$

$$541454,4123 \text{ N} > 314495 \text{ N}$$

Maka tidak perlu tulangan geser

Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa struktur yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur sekunder :

- a) Pelat tangga dan Pelat bordes direncanakan tebal 200 mm dengan mutu beton f'_c 35 MPa dan dipasang tulangan negatif D16-200 mm.
- b) Pelat Ramp direncanakan tebal 200 mm dengan mutu beton f'_c 35 MPa dan dipasang tulangan negatif D22-300 mm.
- c) Dimensi balok pengantung lift menggunakan balok beton dimensi 30 cm x 40 cm dengan mutu beton f'_c 35 MPa.

2. Hasil perhitungan struktur primer :

- a) Pelat lantai dari beton tebal 200 mm dengan mutu beton f'_c 35 MPa dan dipasang tulangan negatif D22-150 mm.
- b) Drop Panel direncanakan tebal 350 mm dengan mutu beton f'_c 35 MPa dan dipasang tulangan Ø19-100 mm.
- c) Kolom didesain terbagi menjadi dimensi 900 mm x 900 mm, 800 mm x 800 mm, dan 700 mm x 700 mm. Profil kolom menggunakan mutu beton f'_c 35 Mpa dipasang tulangan 12D25 dan tulangan sengkang D19-100
- d) Shearwall direncanakan tebal 400 mm dengan mutu beton f'_c 35 MPa dan dipasang tulangan D13-200 mm.

3. Analisa gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu ETABS. Perhitungan respon spectrum dengan bantuan puskim.pu.go.id wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2012. Perhitungan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Gaya yang

dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati dan beban hidup berdasarkan peraturan di atas.

4. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (spun pile) produk dari WIKA Beton dengan metode tengangan ijin dan pile cap (poer) berdasarkan metode tengangan ultimate.

5. Penggambaran hasil akhir perencanaan kedalam gambar teknik. Semua hasil akhir dari Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bentuk gambar teknik yang dapat dilihat pada lampiran.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai perencanaaan struktur dengan menggunakan *flat slab* dengan memperhatikan aspek teknis, ekonomis dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan dan mudah dalam pelaksanaan.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep Drop Panel yang lebih efisien dan kuat agar digunakan oleh praktisi lapangan .
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait tinggi efektif dan efisien Pelat Flat Slab agar memudahkan dan menguntungkan pekerjaan lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. 2011. **Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary.** Farmington Hills: ACI Committee
- American Society of Civil Engineers. 2000. **Prestandart and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Building (FEMA 356).** Washington DC: ASCE
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.** Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.** Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.** Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI).** Bandung: Penerbit Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebaan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG).** Bandung: Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Juwana, Jimmy. 2005. **Panduan Sistem Bangunan Tinggi, Untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan.** Jakarta: Erlangga
- MacGregor, James G. 1997. **Reinforced Concrete Mechanics and Design 3rd edition.** New Jersey: Prentice-Hall
- McCormac, Jack C. 2004. **Desain Beton Bertulang Edisi Kelima.** Jakarta: Penerbit Erlangga
- Pawirodikromo, W., 2012. **Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan.** Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Soedarsono, Ese. 2002. **Design And Detailing of Flat Slab.**
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa. 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta: Penerbit Pradnya Paramitha

- Teruna, Daniel Rumbi. 2007. "Perencanaan Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan Base isolator (LRB)". **Prosiding Seminar dan Pameran HAKI 2007.**
- Wahyudi, Herman.. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam.** Surabaya: Penerbit ITS
- Wang, Chu-Kia. 1990. **Desain Beton Bertulang Jilid I dan II Edisi Keempat.** Jakarta: Penerbit Erlangga
- Wang, Chu-Kia, Charles G. Salmon dan Binsar Hariandja. 1992. **Desain Beton Bertulang.**
- Zuhri, S., 2011. **Sistim Struktur pada Bangunan Bertingkat.** Surabaya: Penerbit Yayasan Humaniora

LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Denah Modifikasi
Lt 1 - Lt 5

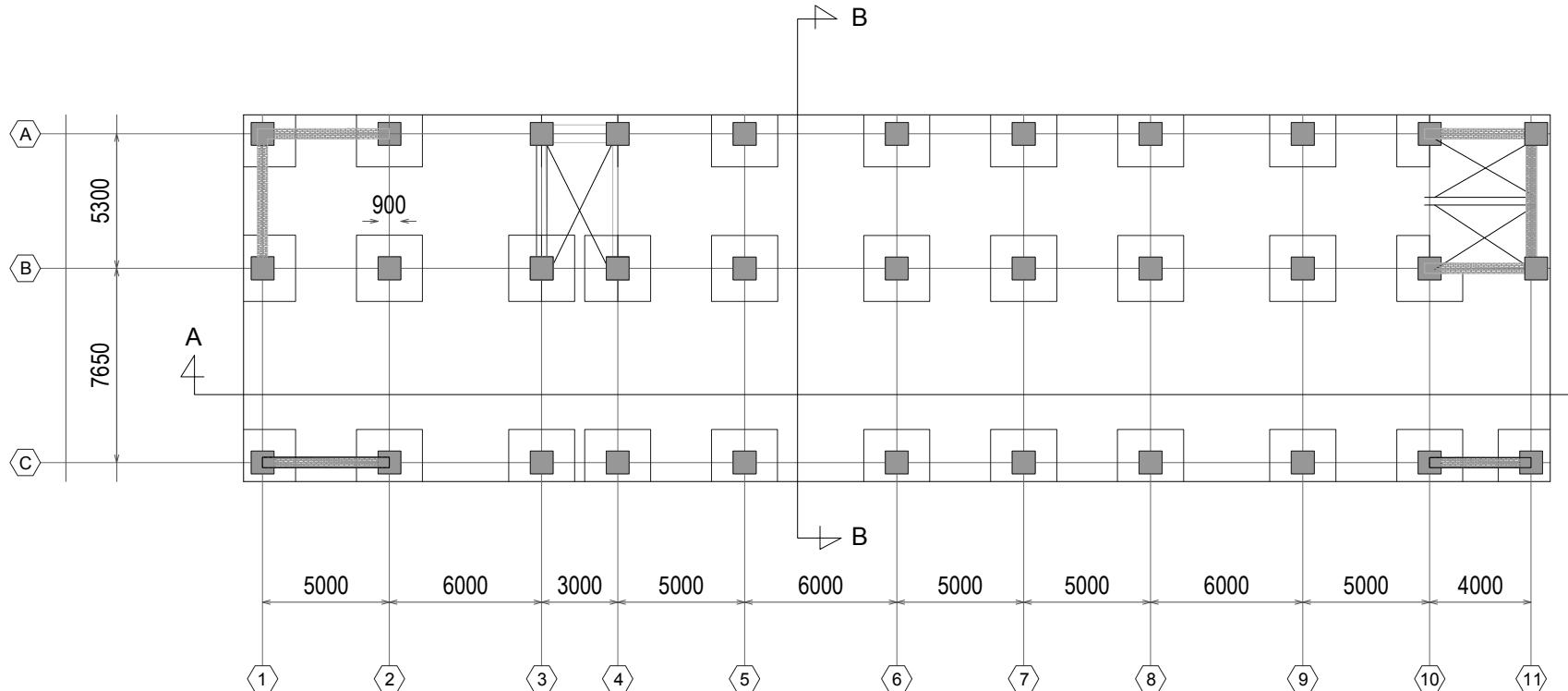
SKALA

1:2000

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

1	44
---	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Denah Modifikasi
Lt 6 - Lt 10

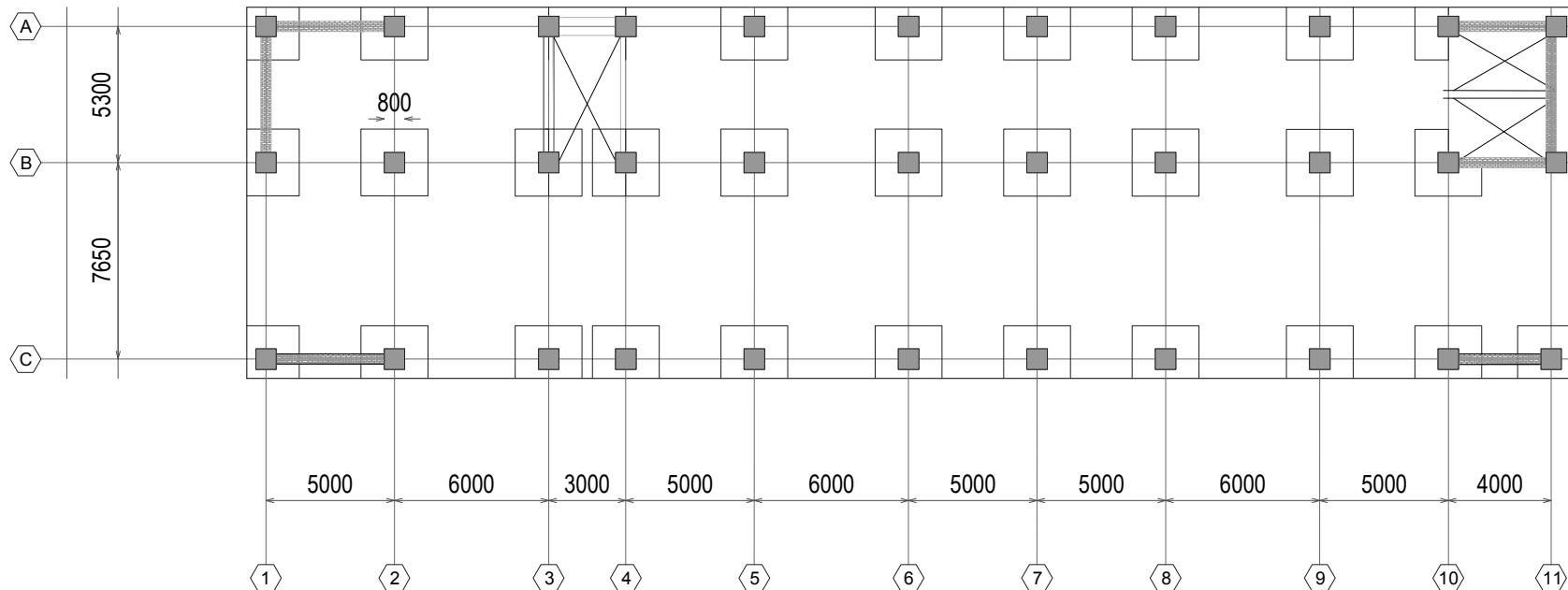
SKALA

1:2000

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

2	44
---	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Denah Modifikasi
Lt 11 - Lt Atap

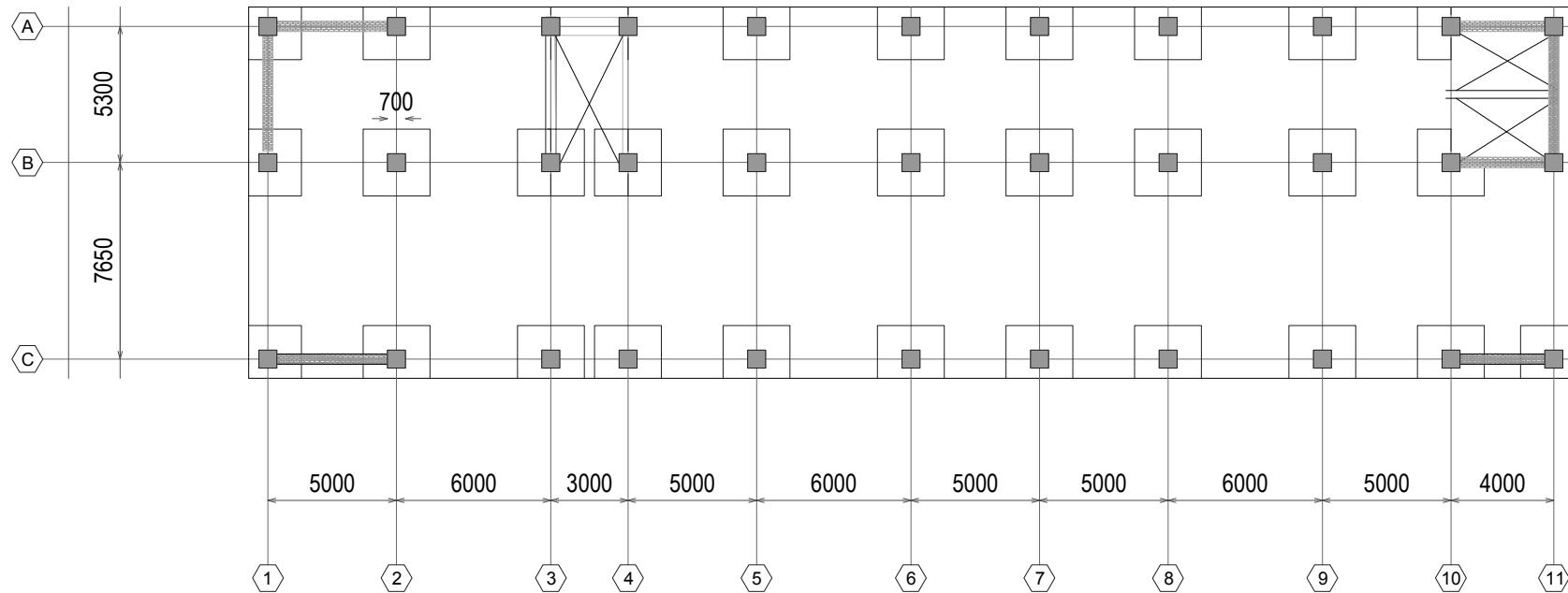
SKALA

1:2000

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

3	44
---	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Denah Kolom
Lt 1 - Lt 5

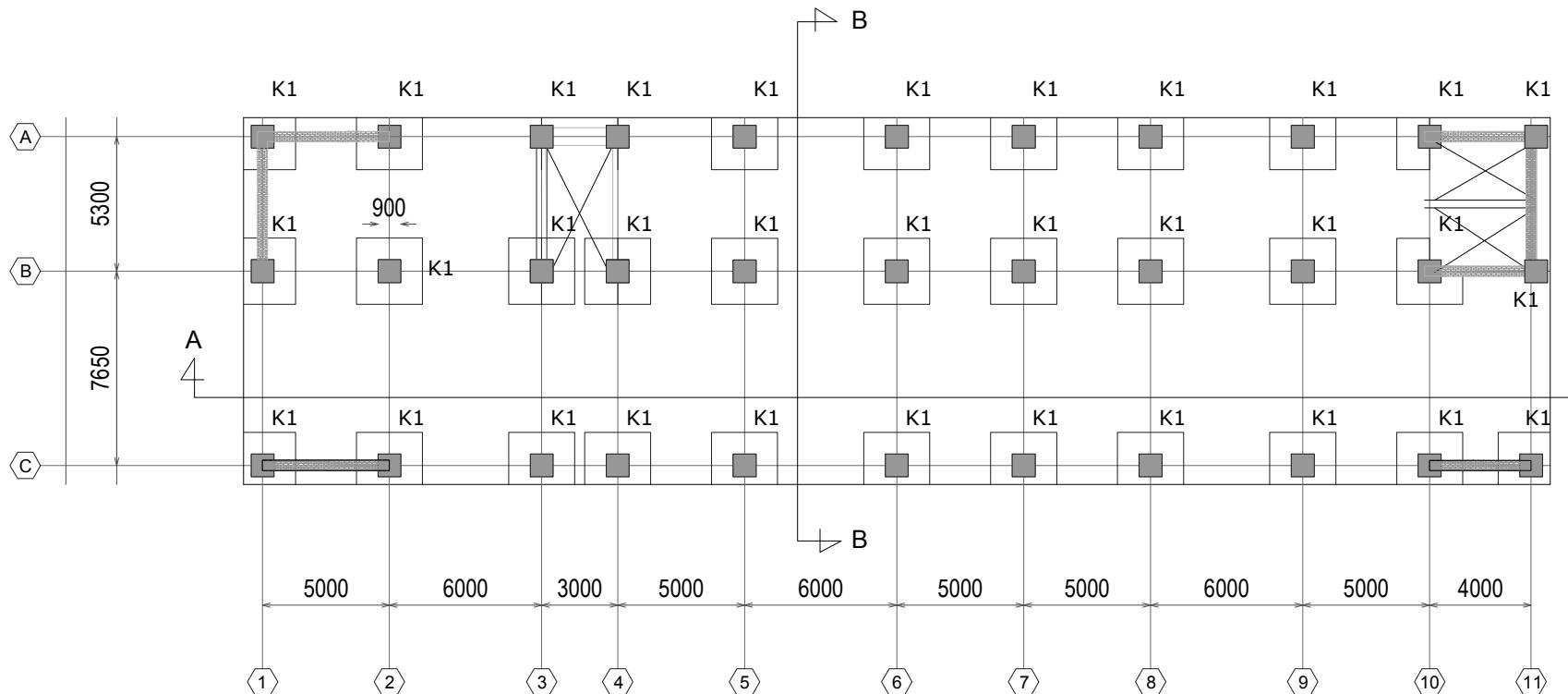
SKALA

1:2000

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

4 44

ukuran dalam mm
K1 : Dimensi kolom 900 mm x 900 mm





**INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

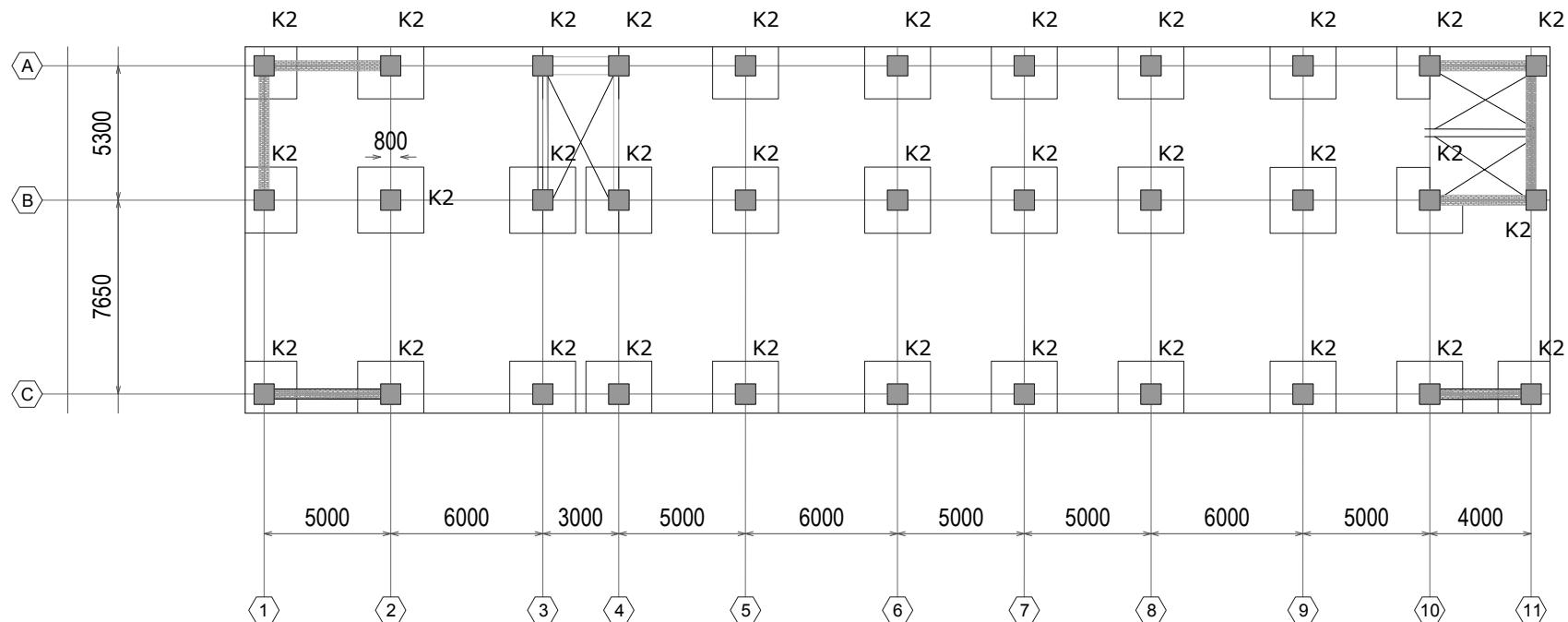
Denah Kolom
Lt 6 - Lt 10

SKALA

1:2000

1

kuran dalam mm
2 : Dimensi kolom 800
mm x 800 mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Denah Kolom
Lt 11 - Lt Atap

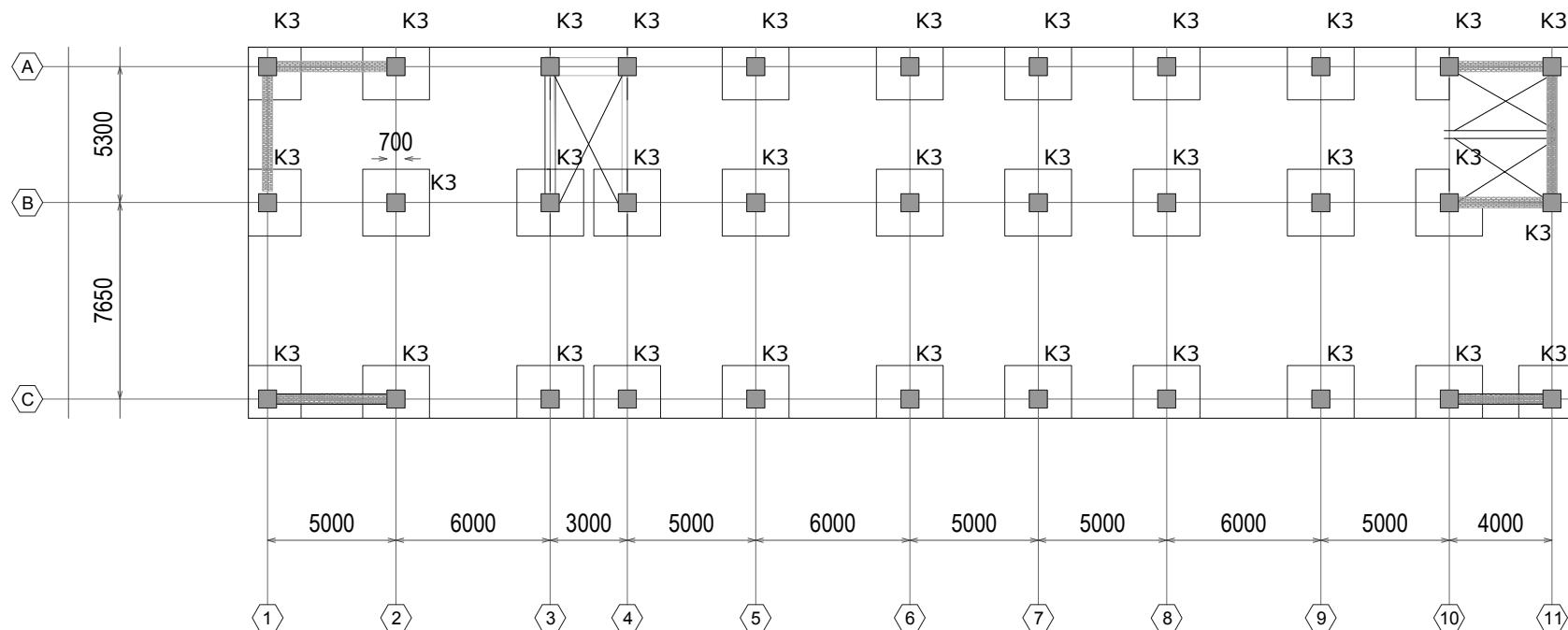
SKALA

1:2000

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

6 44

ukuran dalam mm
K3 : Dimensi kolom 700 mm x 700 mm





JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang

SKALA

1:2500

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

7 44

K1 = KOLOM DIM. 900 mm x 900 mm
K2 = KOLOM DIM. 800 mm x 800 mm
K3 = KOLOM DIM. 700 mm x 700 mm

DP2 = DROP PANEL TYPE 2
DP5 = DROP PANEL TYPE 5

ukuran dalam mm

Lantai Atap
▽ + 43.30

Lantai 12B
▽ + 40.30

Lantai 12A
▽ + 37.30

Lantai 12
▽ + 34.30

Lantai 11
▽ + 31.30

Lantai 10
▽ + 28.30

Lantai 9
▽ + 25.30

Lantai 8
▽ + 22.30

Lantai 7
▽ + 19.30

Lantai 6
▽ + 16.30

Lantai 5
▽ + 13.30

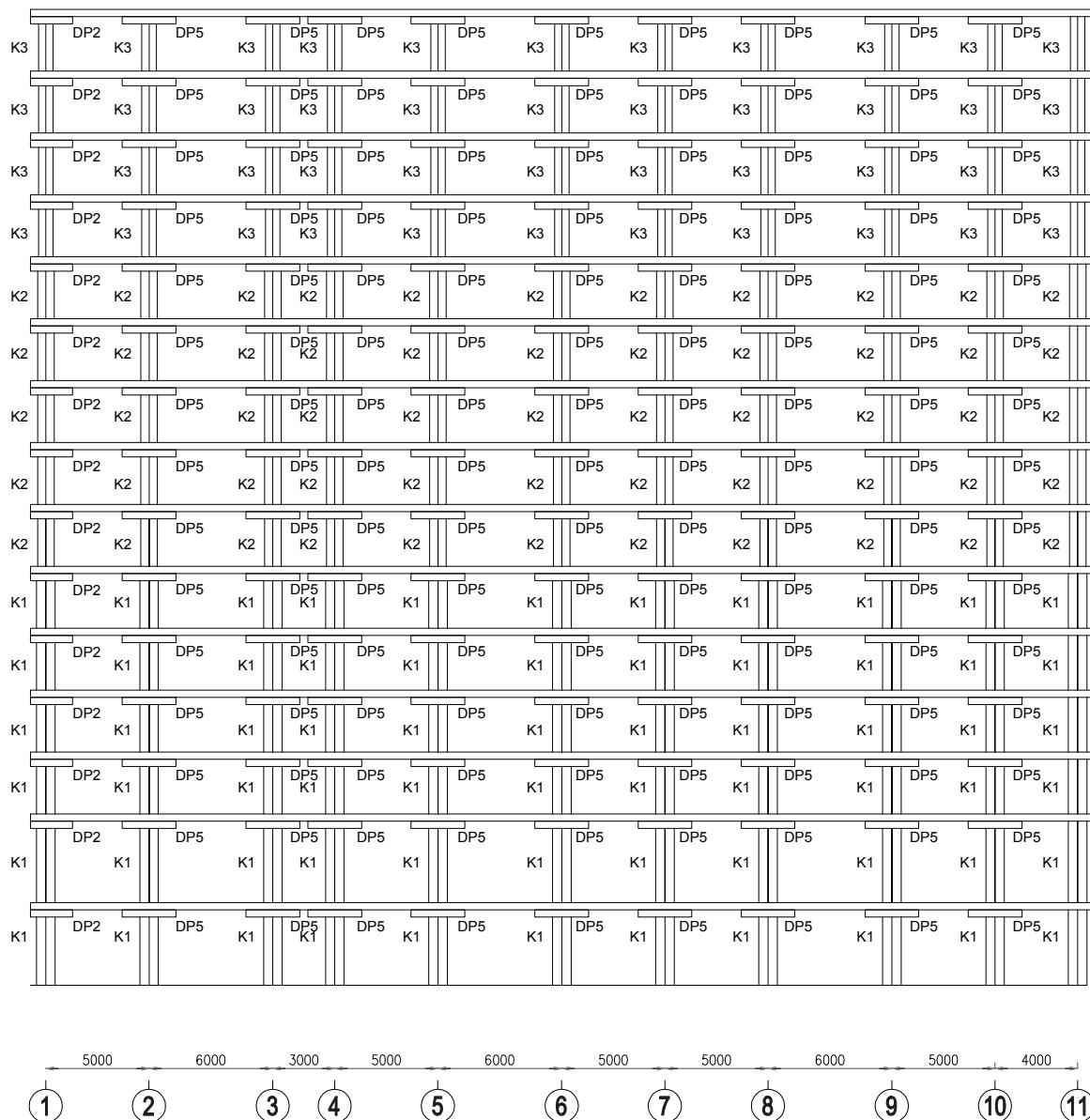
Lantai 3A
▽ + 10.30

Lantai 3
▽ + 7.30

Lantai 2
▽ + 4.30

Lantai Dasar
▽ + 0.00

Lantai Basement
▽ - 4.00





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang

SKALA

1:2500

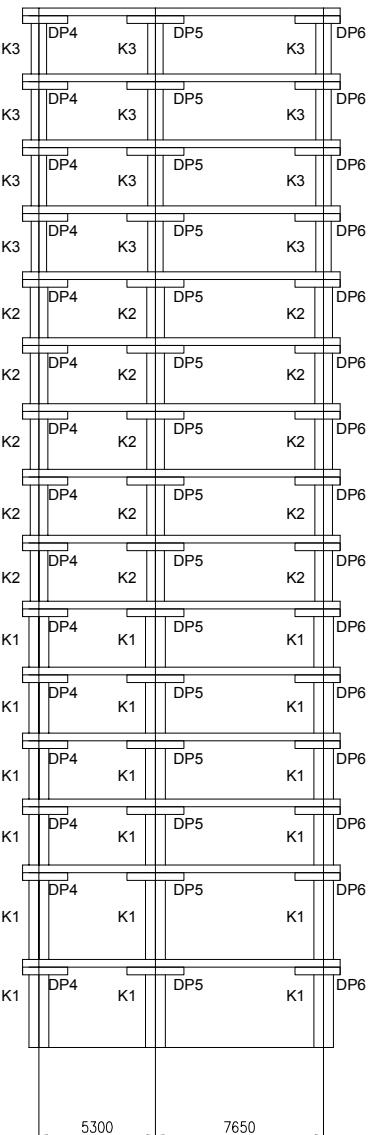
LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
8	44

K1 = KOLOM DIM. 900 mm x 900 mm
K2 = KOLOM DIM. 800 mm x 800 mm
K3 = KOLOM DIM. 700 mm x 700 mm

DP4 = DROP PANEL TYPE 4
DP5 = DROP PANEL TYPE 5
DP6 = DROP PANEL TYPE 6

ukuran dalam mm

Lantai Atap
▽ + 43.30
Lantai 12B
▽ + 40.30
Lantai 12A
▽ + 37.30
Lantai 12
▽ + 34.30
Lantai 11
▽ + 31.30
Lantai 10
▽ + 28.30
Lantai 9
▽ + 25.30
Lantai 8
▽ + 22.30
Lantai 7
▽ + 19.30
Lantai 6
▽ + 16.30
Lantai 5
▽ + 13.30
Lantai 3A
▽ + 10.30
Lantai 3
▽ + 7.30
Lantai 2
▽ + 4.30
Lantai Dasar
+ 0.00
Lantai Basement
▽ - 4.00



(A) (B) (C)





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, S.T.,M.Sc.,Ph.D

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Plat Penulangan

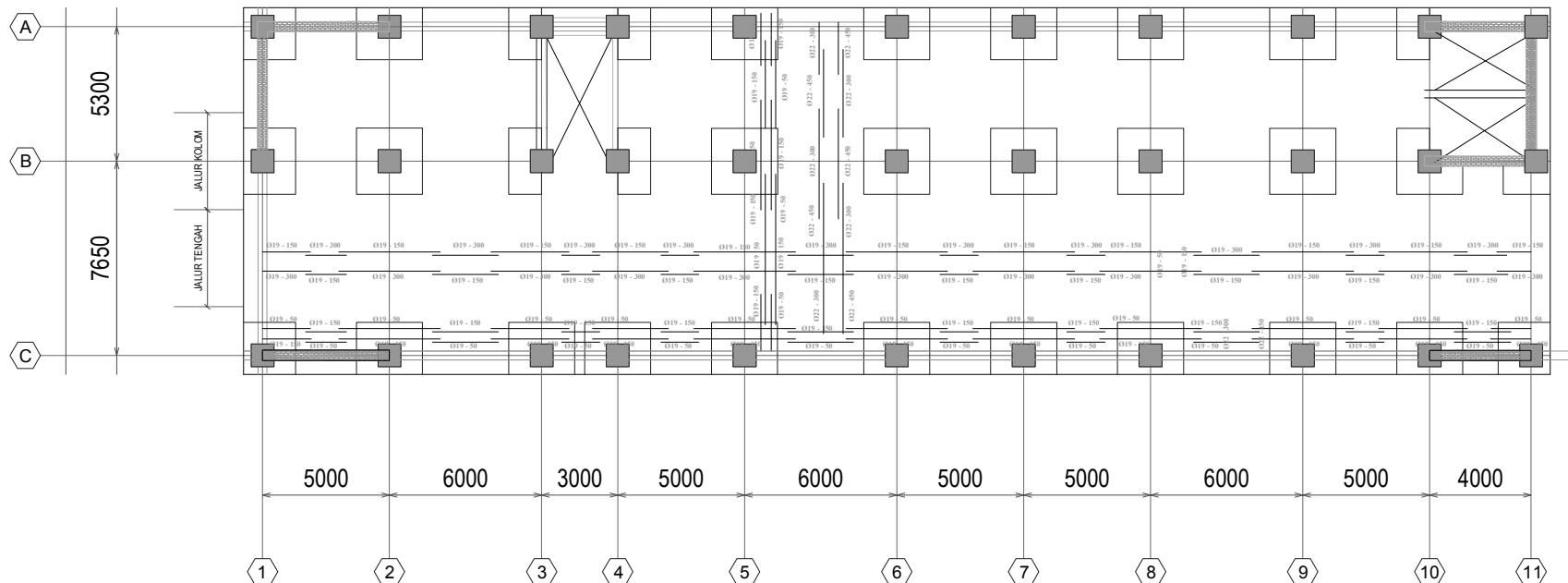
SKALA

1:2000

**JUMLAH
LEMBAR**

44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, S.T.,M.Sc.,Ph.I

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat

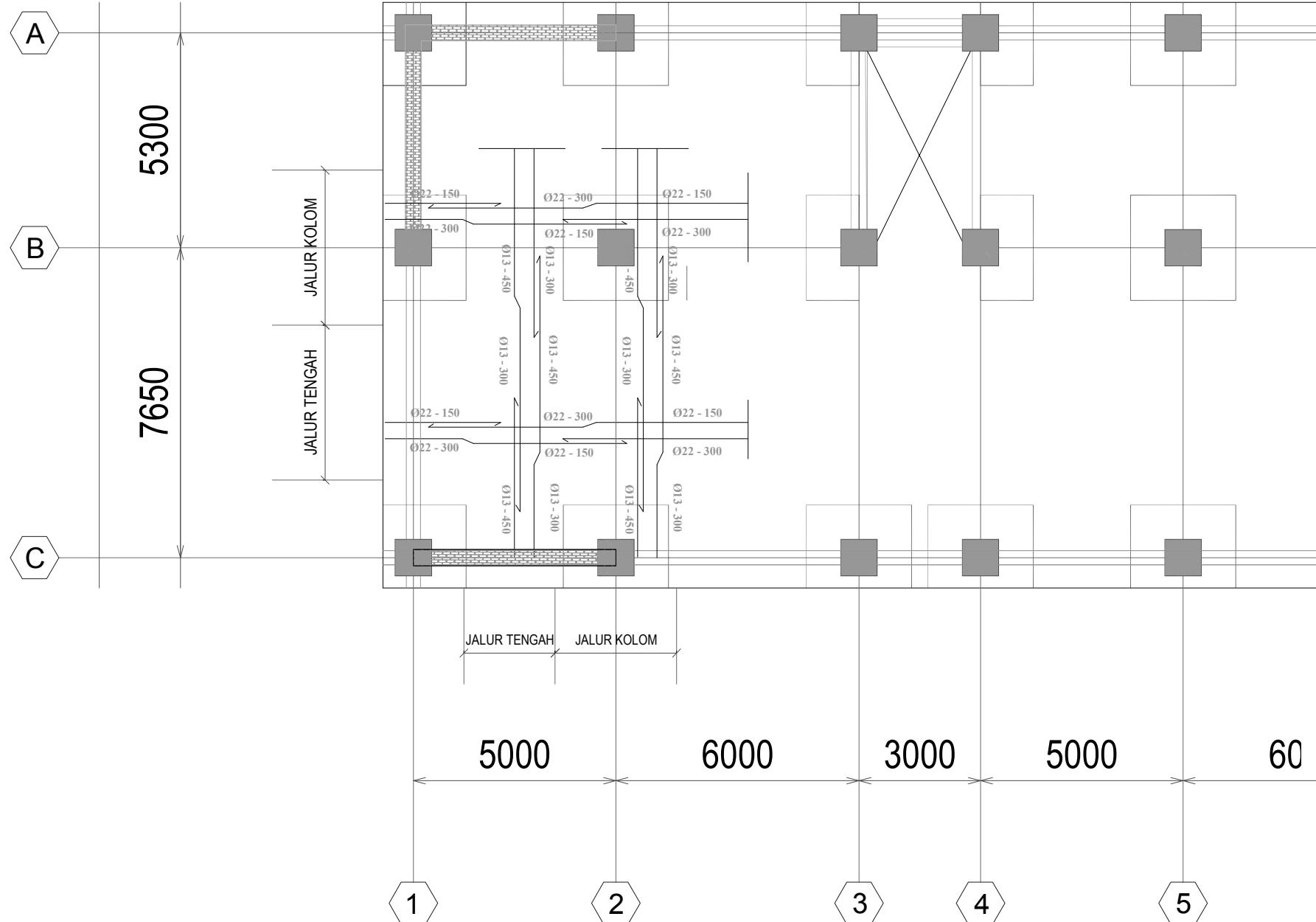
SKALA

1:1000

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

10 44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

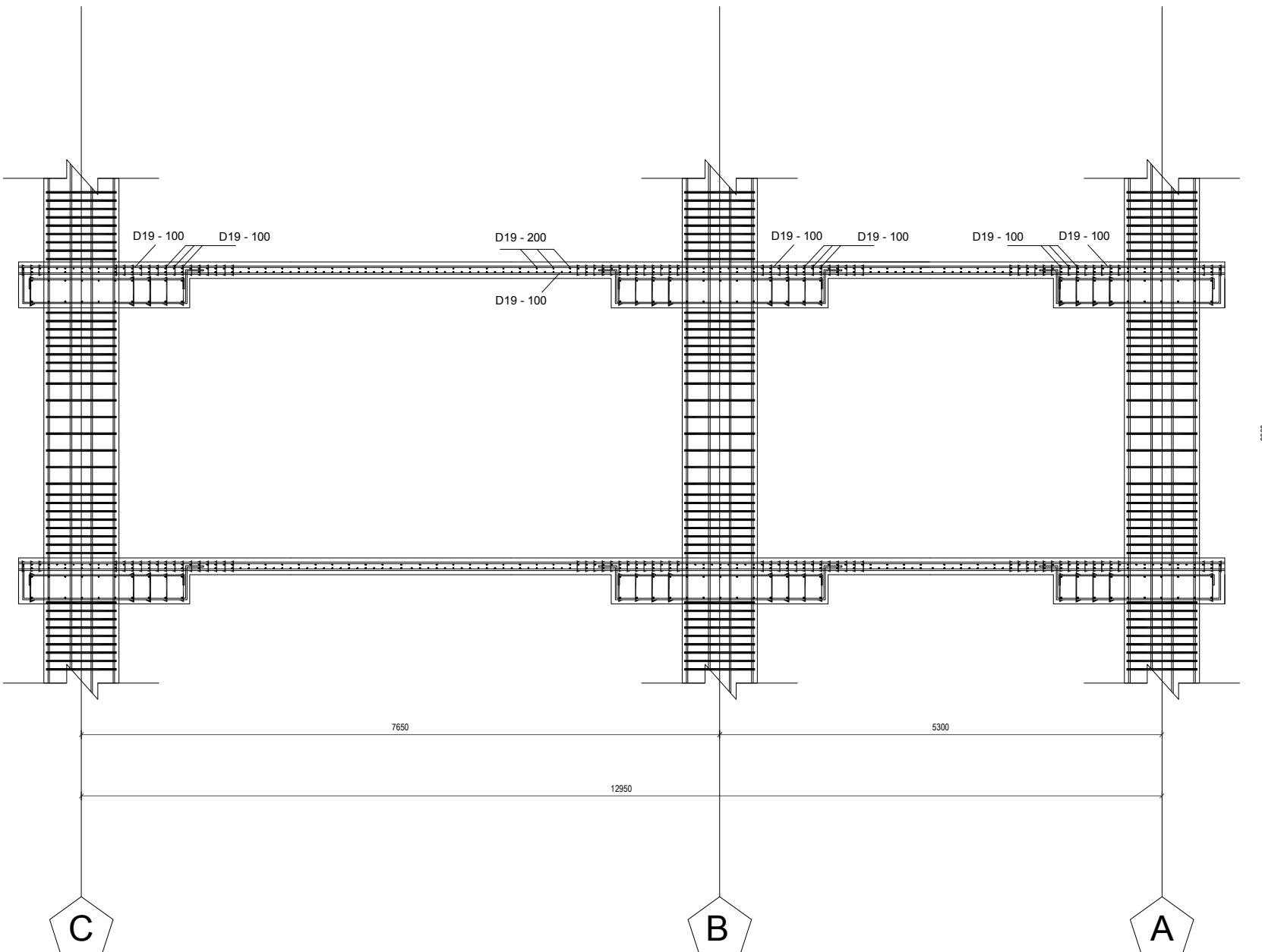
Potongan Melintang
Struktur

SKALA

1:500

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	44

ukuran dalam mm



POTONGAN MELINTANG STRUKTUR

SKALA 1 : 500



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat
(Kolom uk. 900)

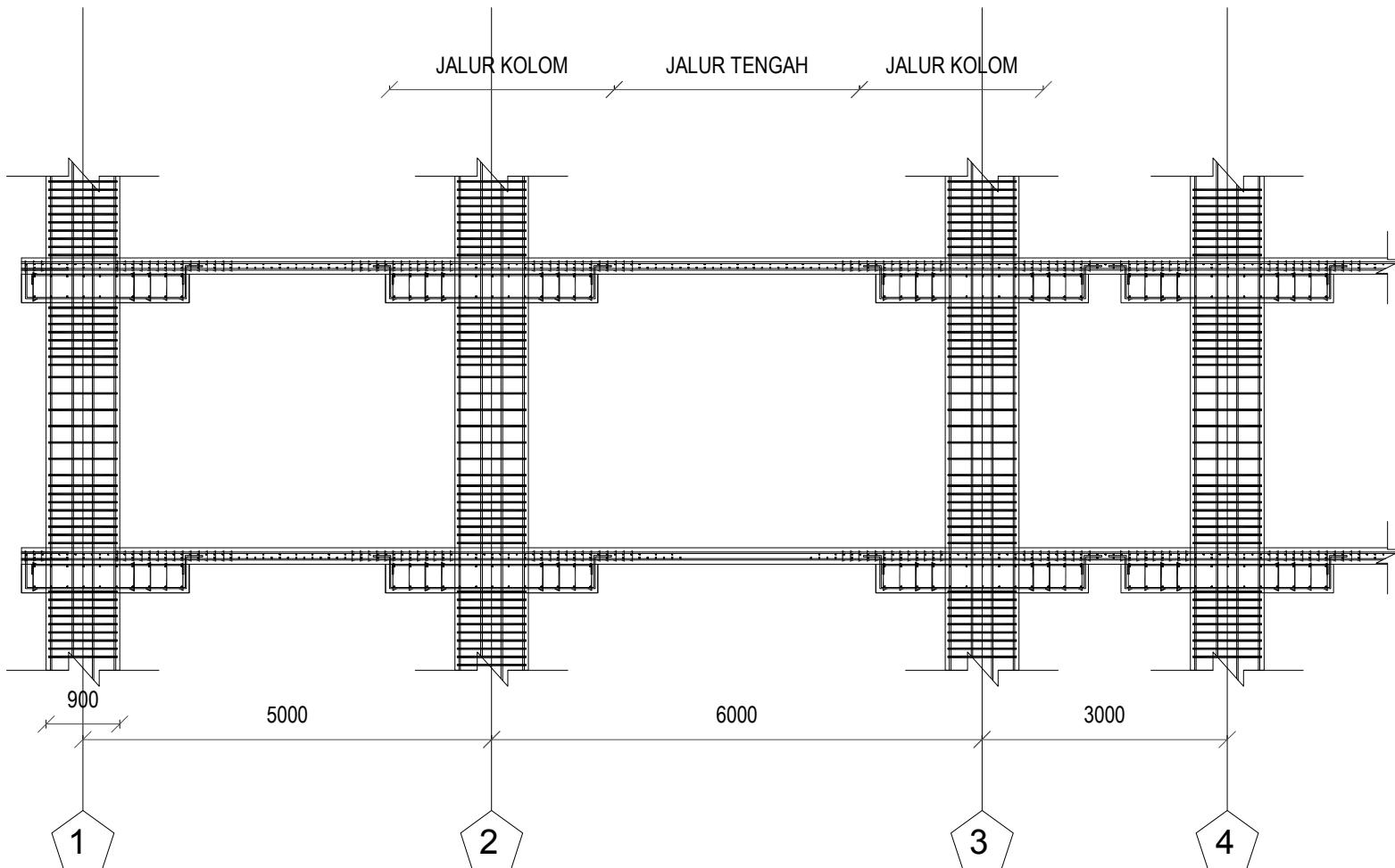
SKALA

1:600

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

12	44
----	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat
(Kolom uk. 800)

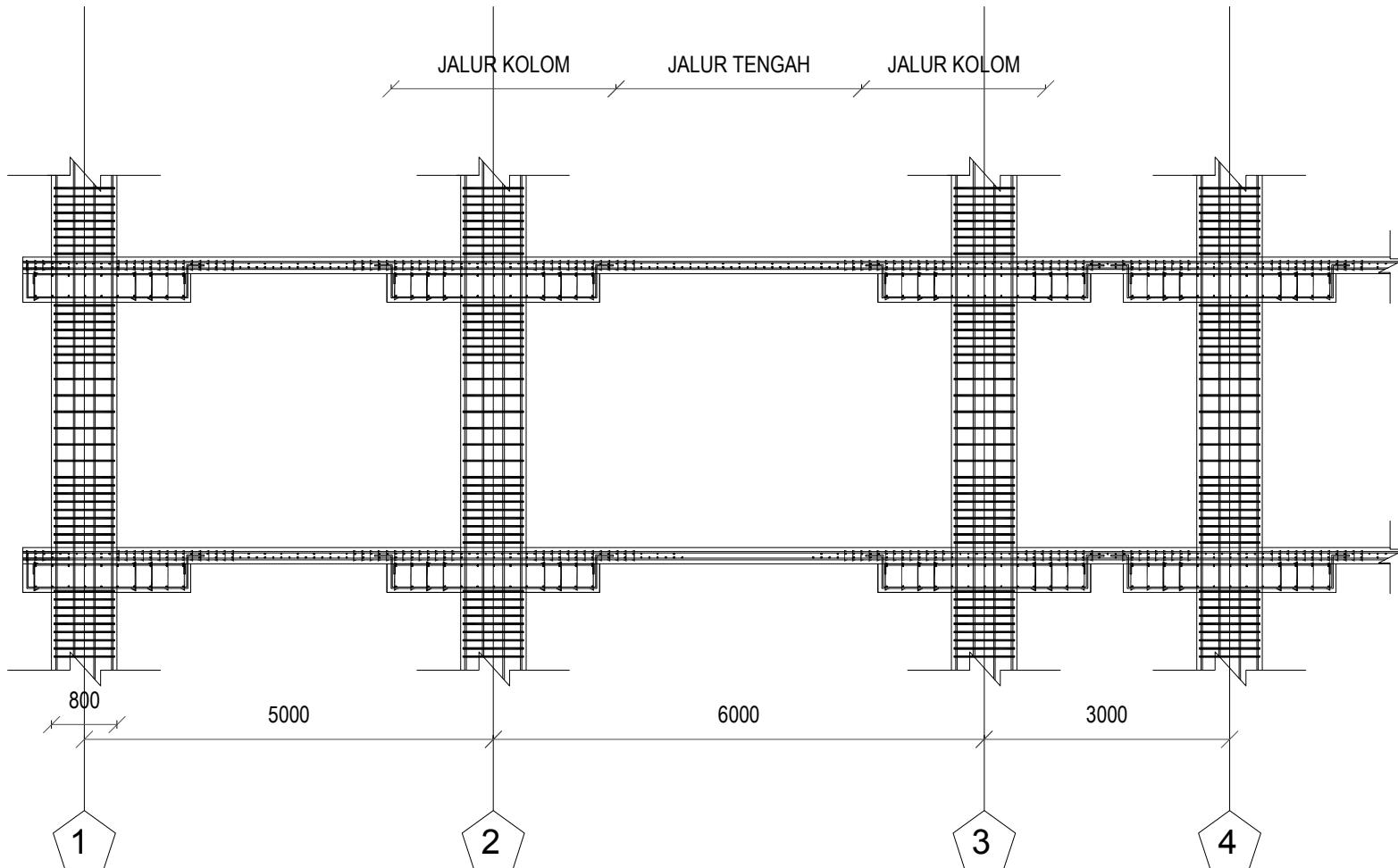
SKALA

1:600

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

13 44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat
(Kolom uk. 700)

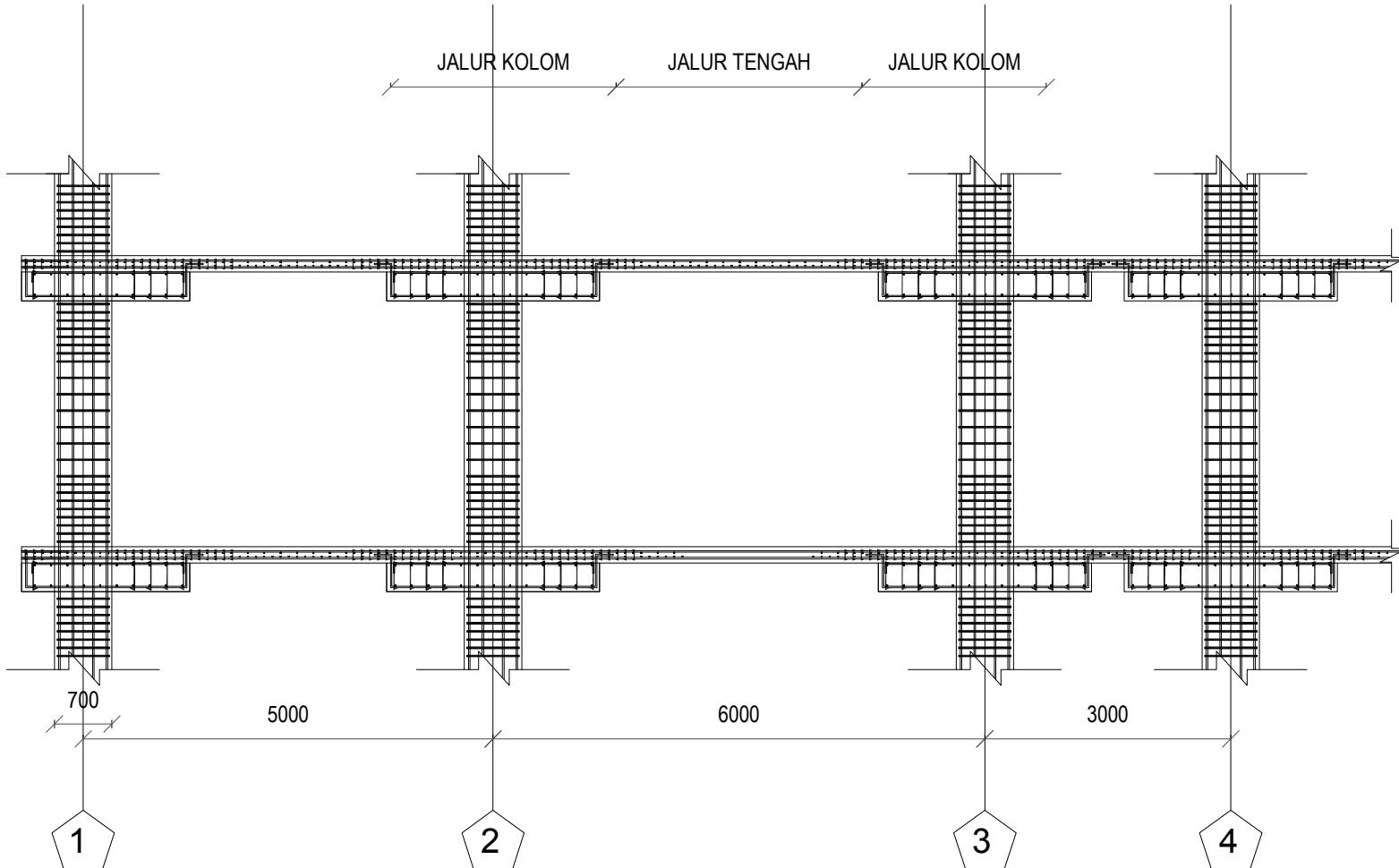
SKALA

1:600

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

14 44

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN PLAT (KOLOM UK. 700)

SKALA 1 : 600



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat
(Kolom uk. 900)

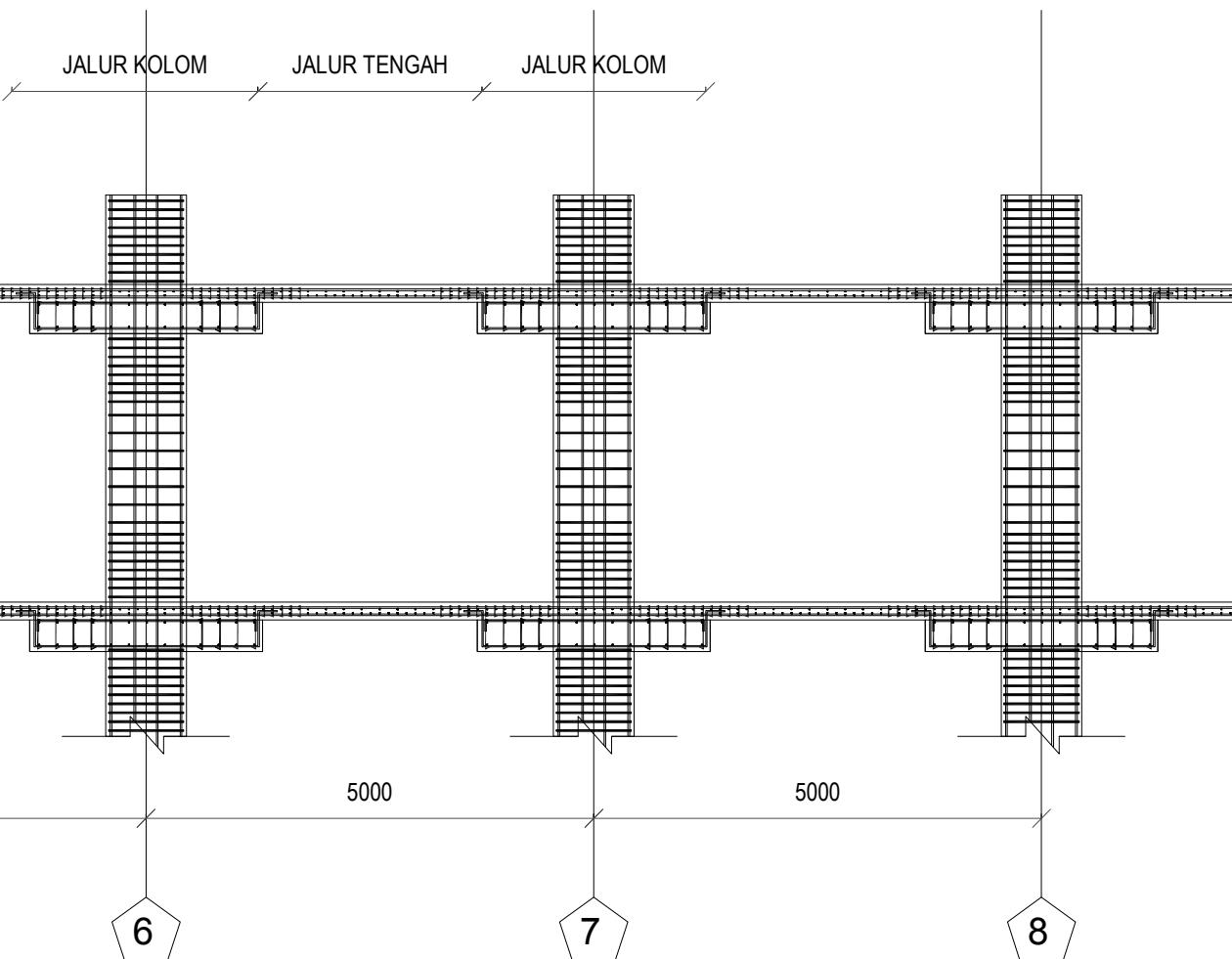
SKALA

1:600

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

15	44
----	----

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN PLAT (KOLOM UK. 900)

SKALA 1 : 600



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat
(Kolom uk. 800)

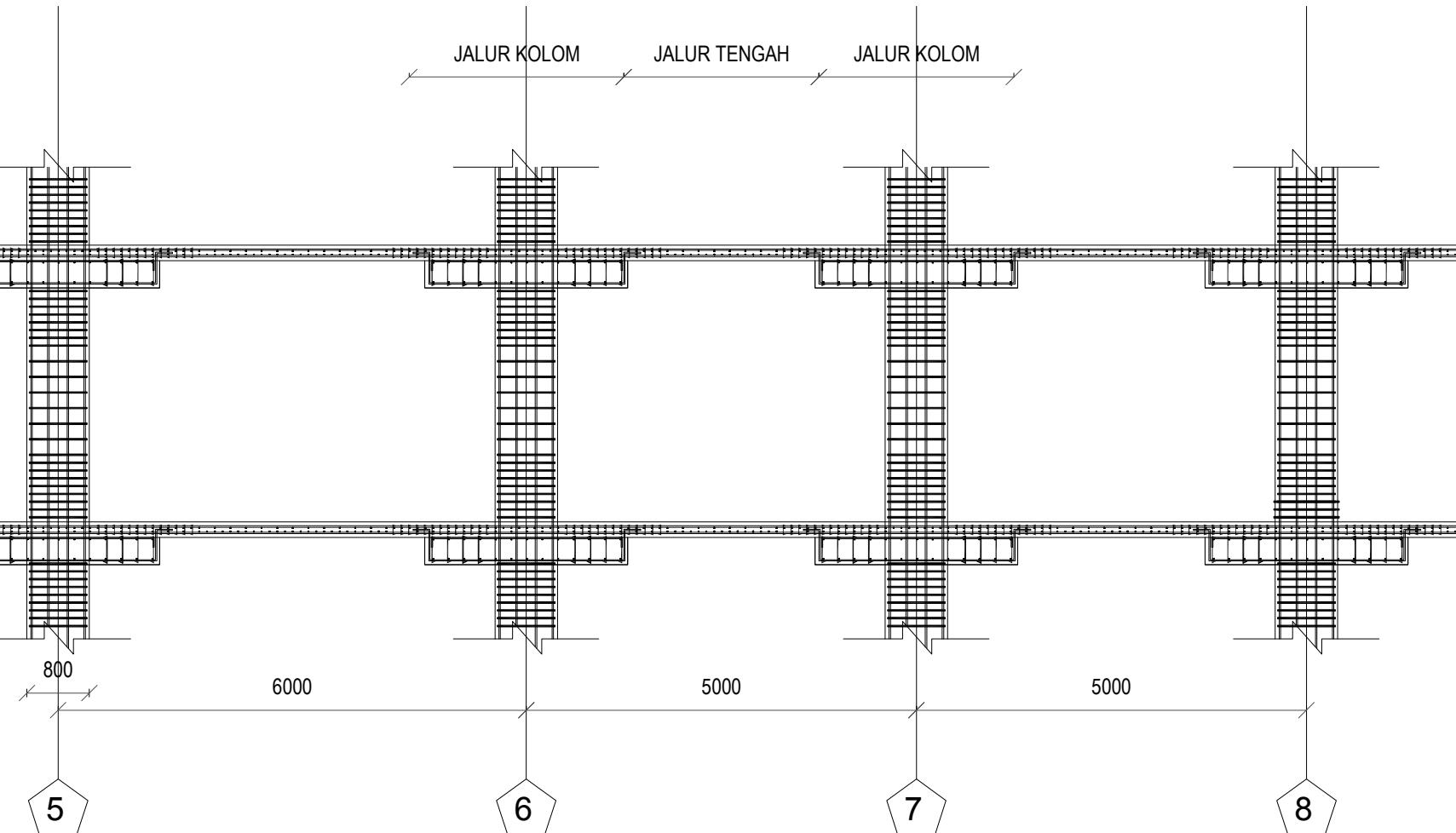
SKALA

1:600

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

16 44

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN PLAT (KOLOM UK. 800)

SKALA 1 : 600



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Plat
(Kolom uk. 700)

SKALA

1:600

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

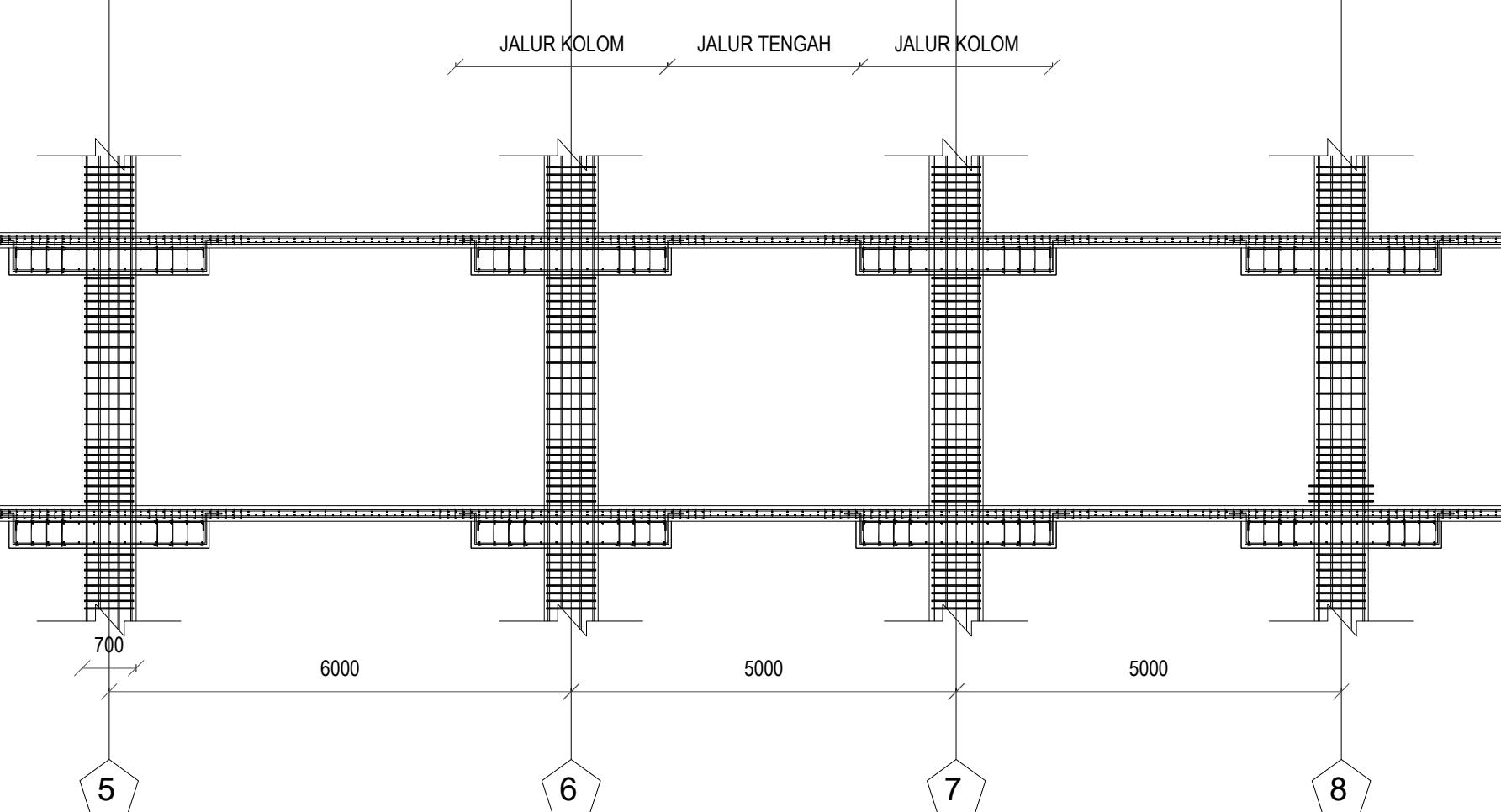
17 44

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN PLAT (KOLOM UK. 700)

SKALA 1 : 600





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Drop Par
DP1

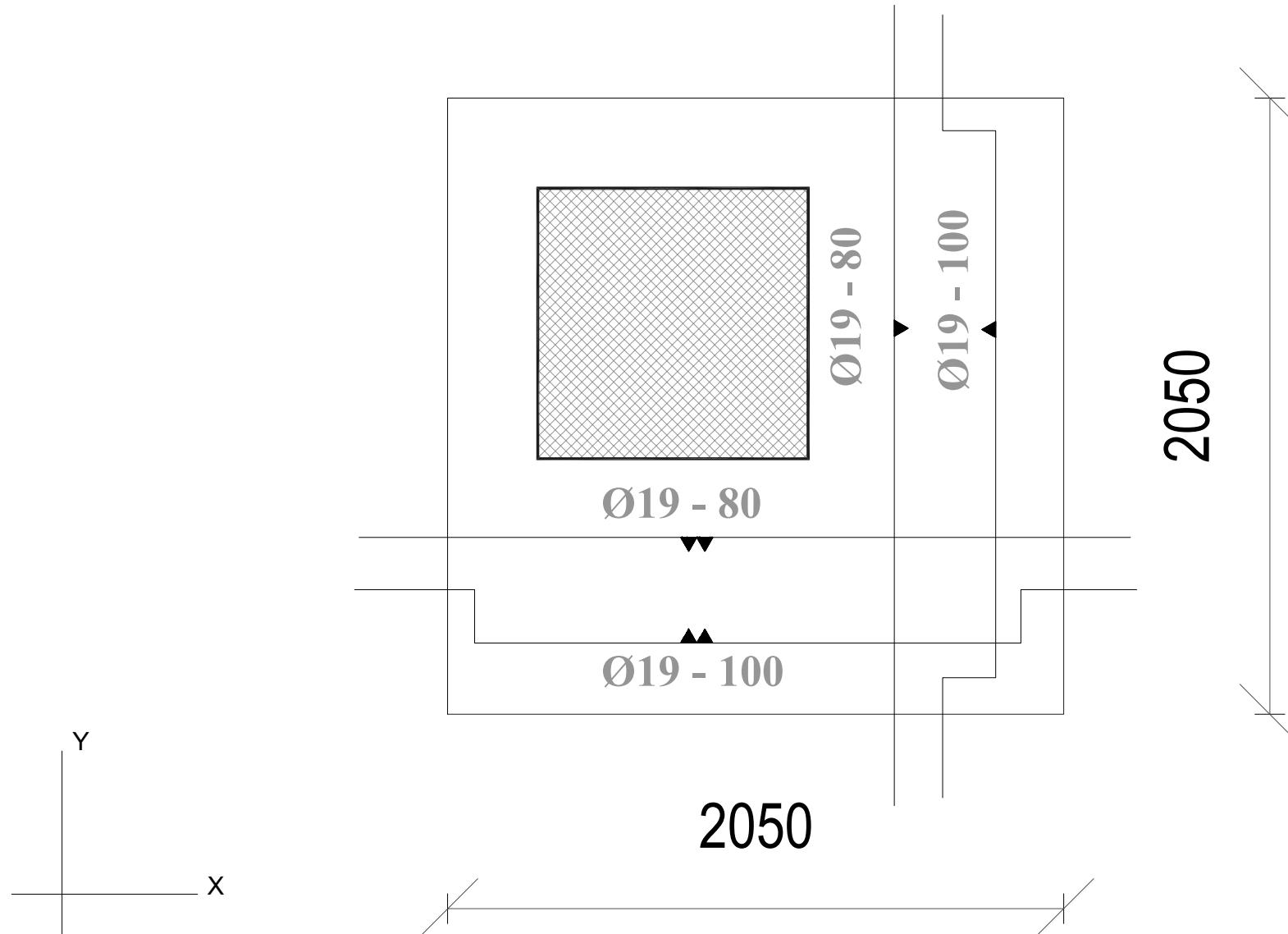
SKALA

1:150

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

18 44

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN DROP PANEL DP 1

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Drop Par
DP2

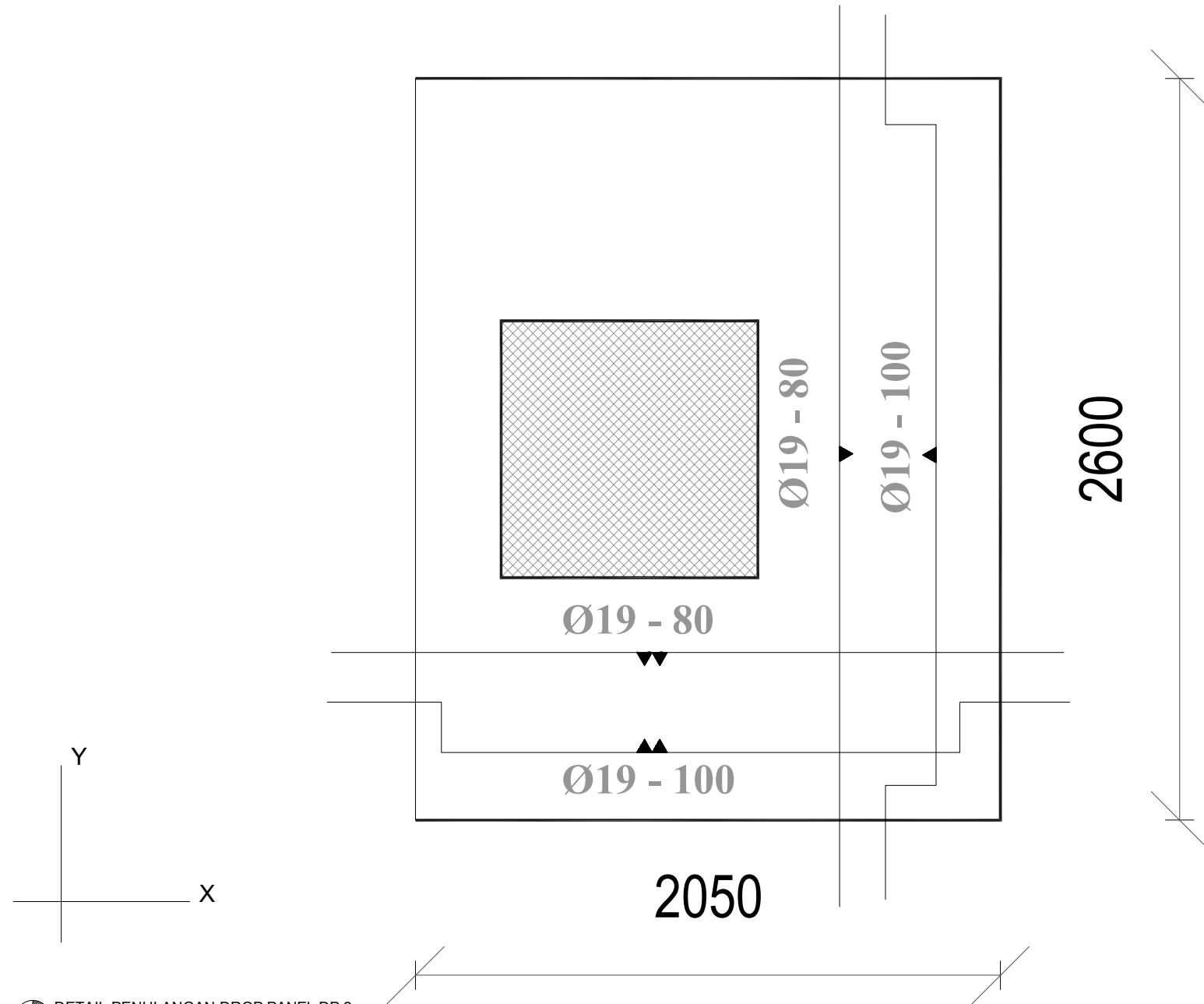
SKALA

1:150

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

19 44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Drop Par
DP3

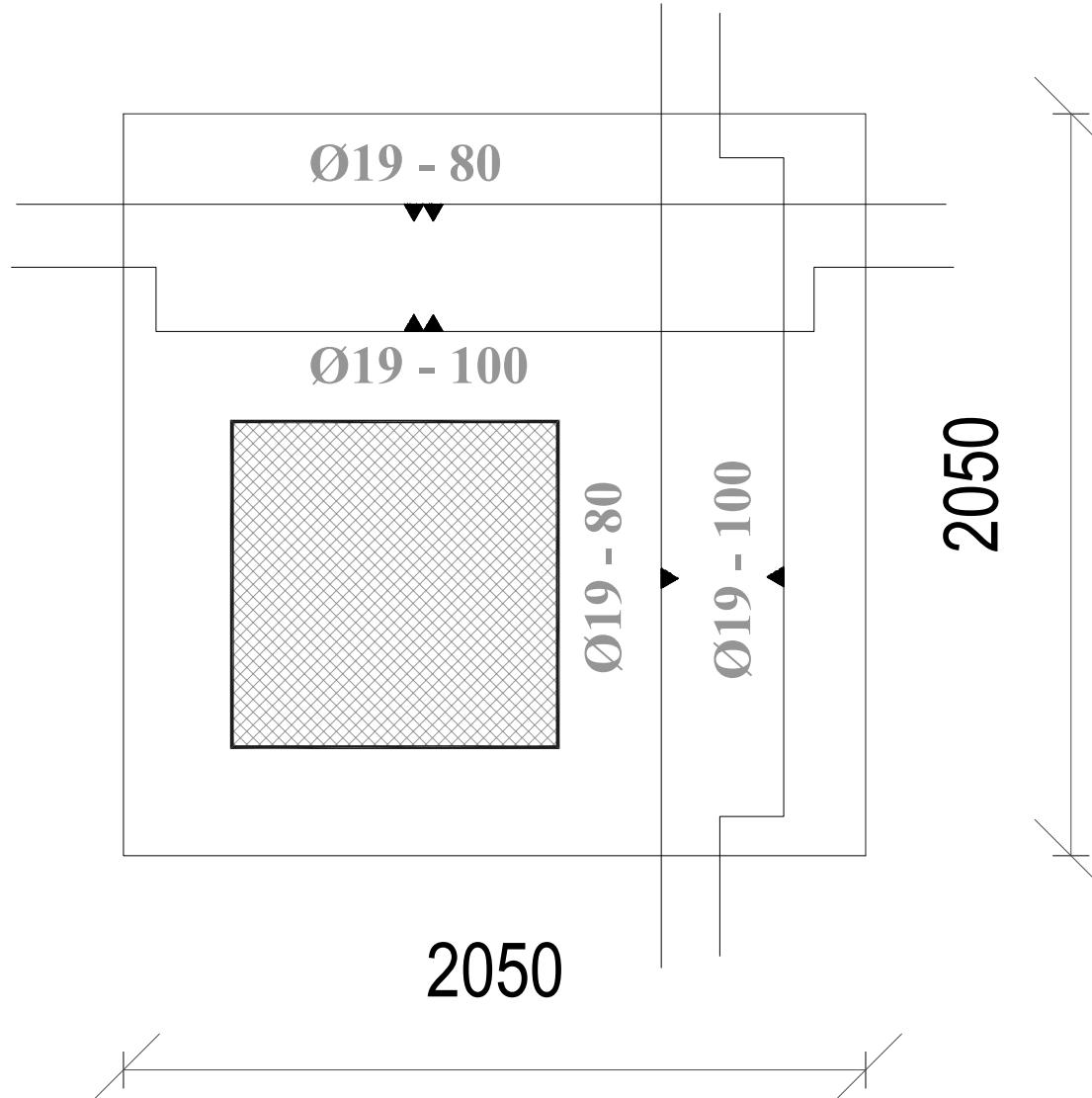
SKALA

1:150

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

20 44

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN DROP PANEL DP 3

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Drop Par
DP4

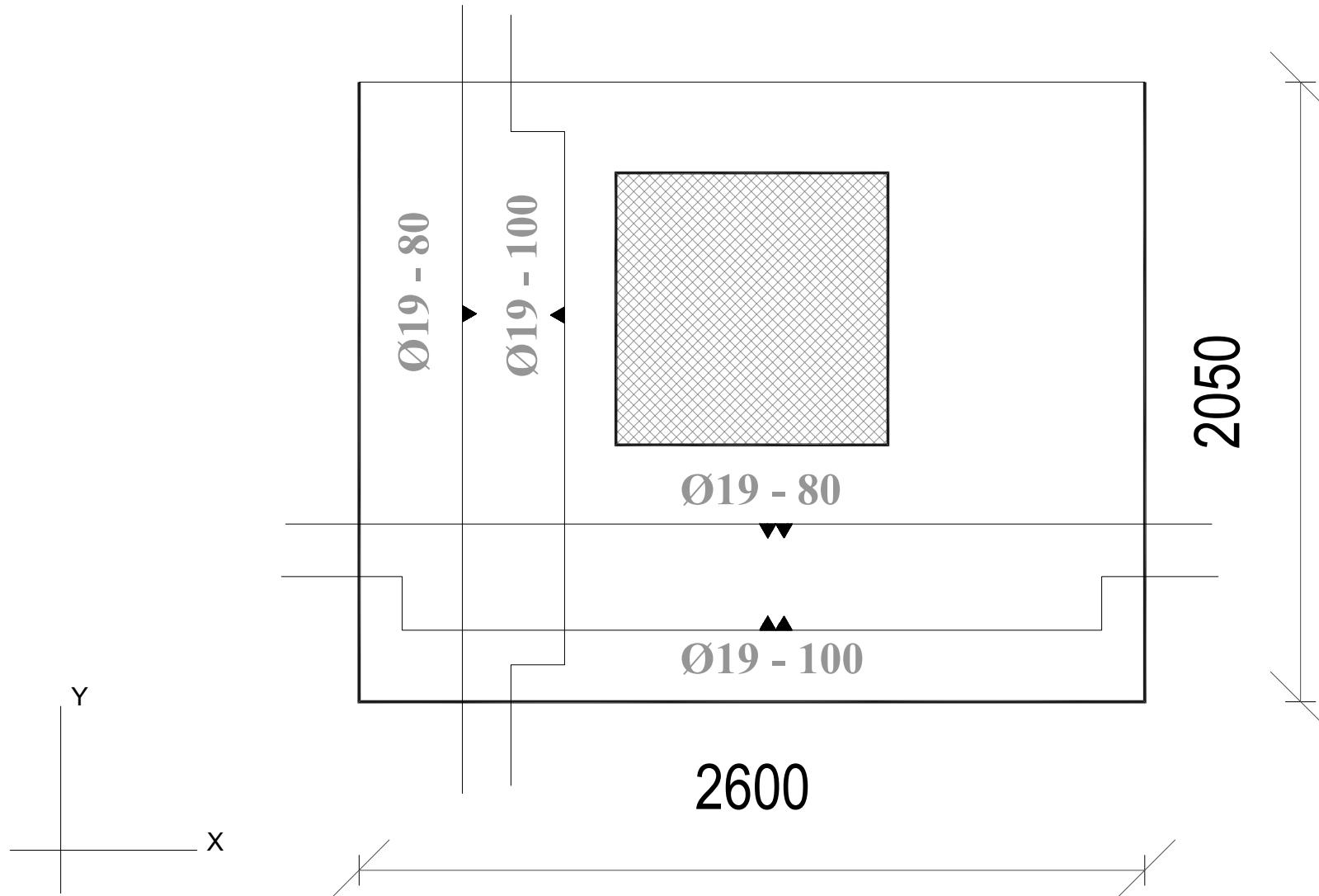
SKALA

1:150

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

21	44
----	----

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN DROP PANEL DP 4

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Drop Par
DP5

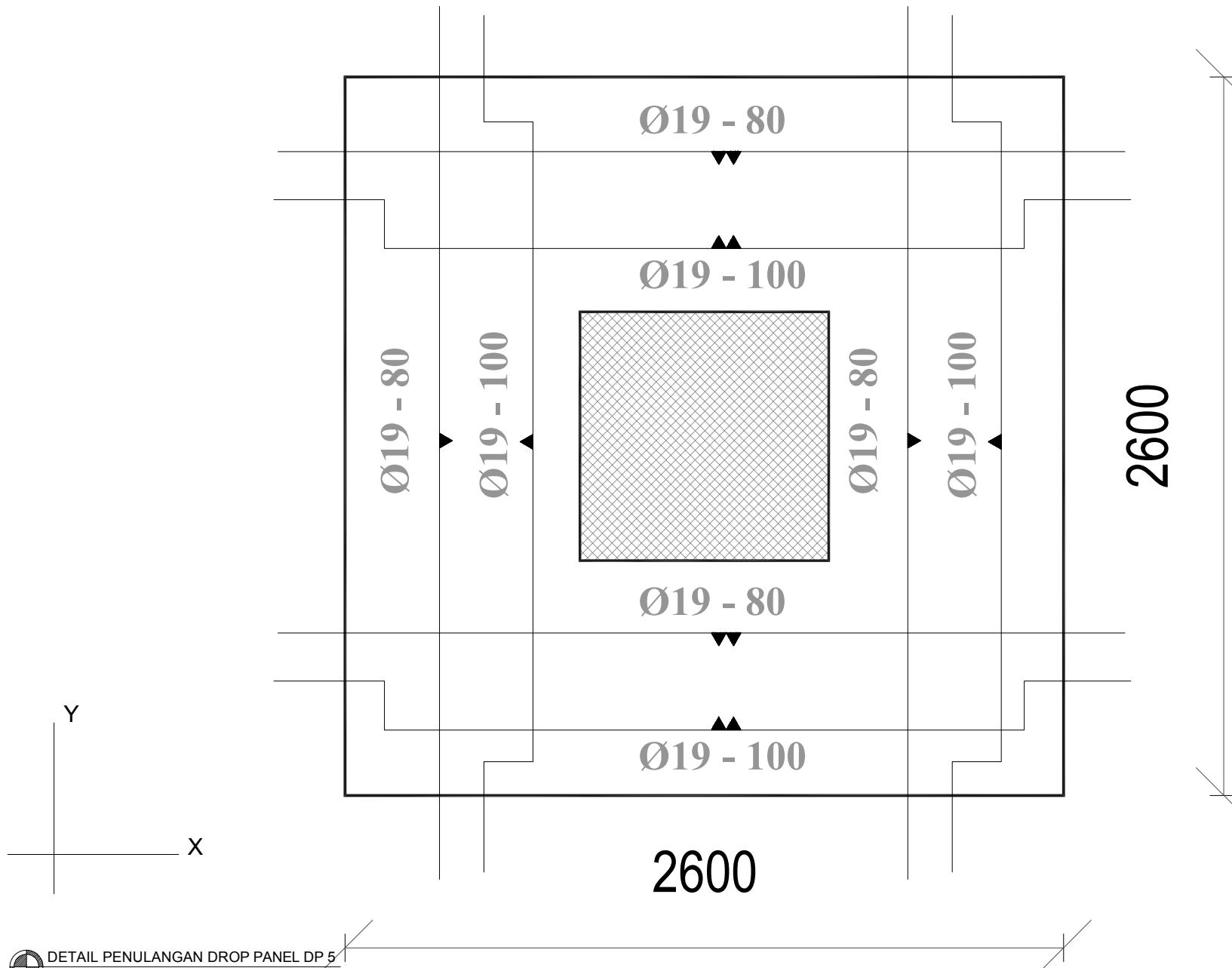
SKALA

1:150

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

22 44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Drop Par
DP6

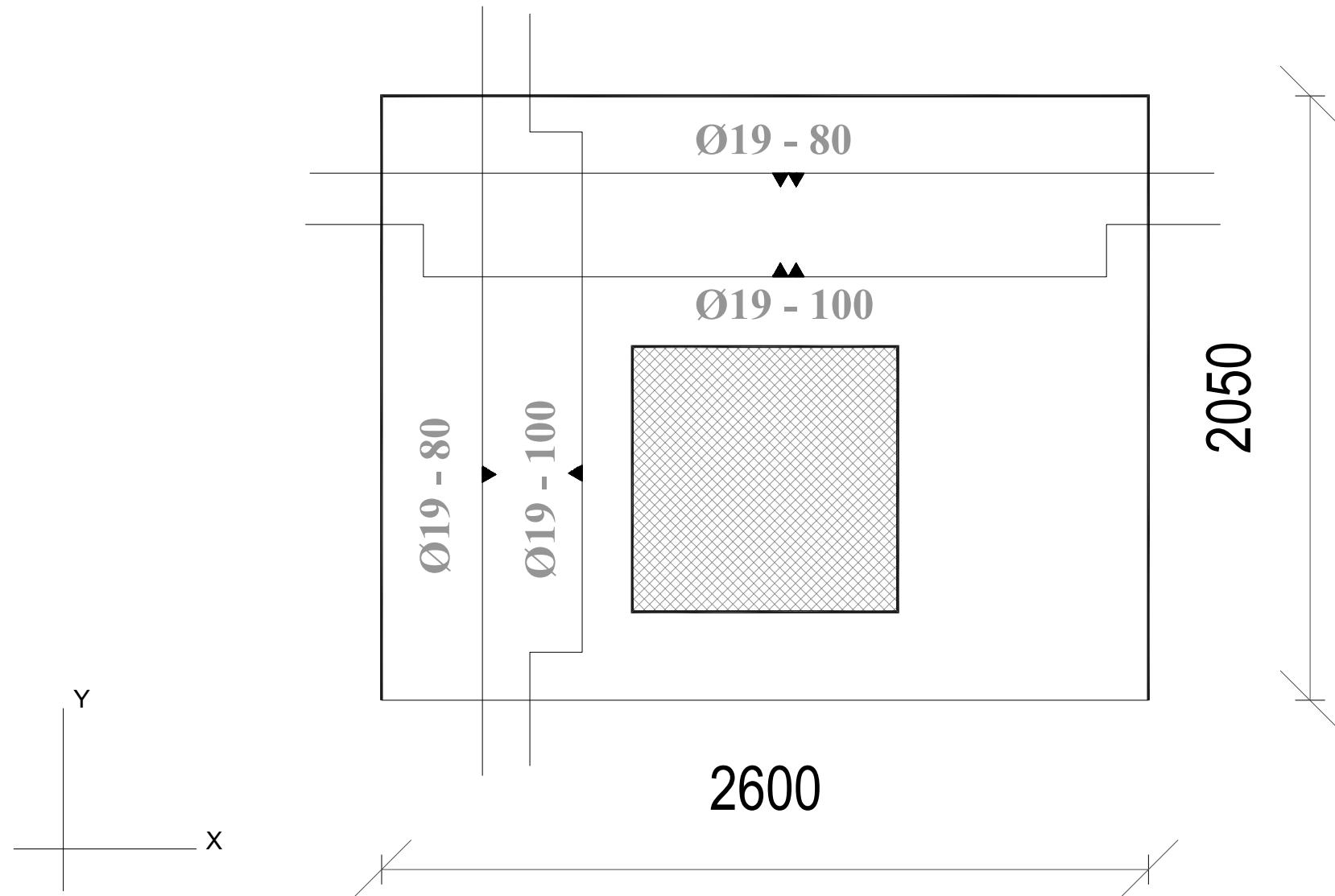
SKALA

1:150

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

23	44
----	----

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN DROP PANEL DP 6

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Kolom

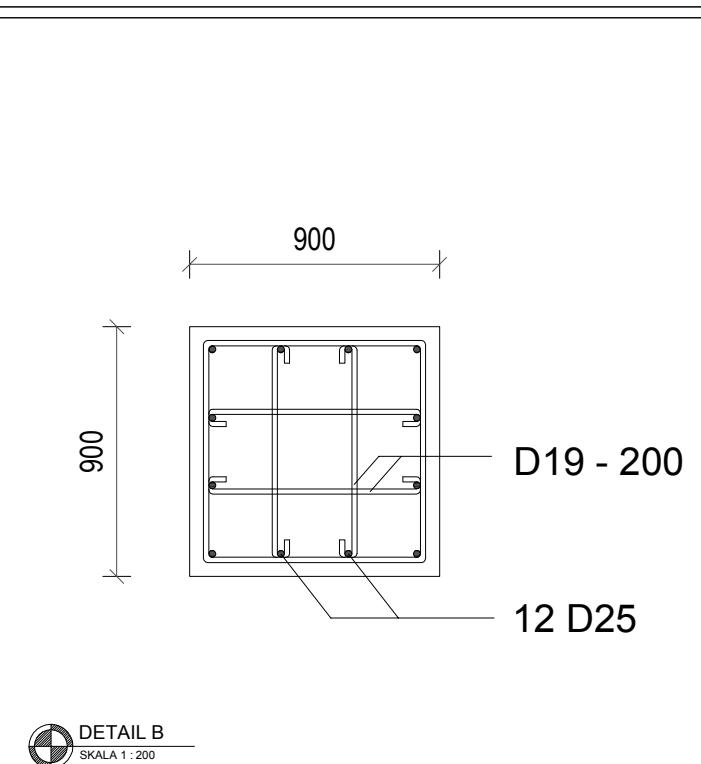
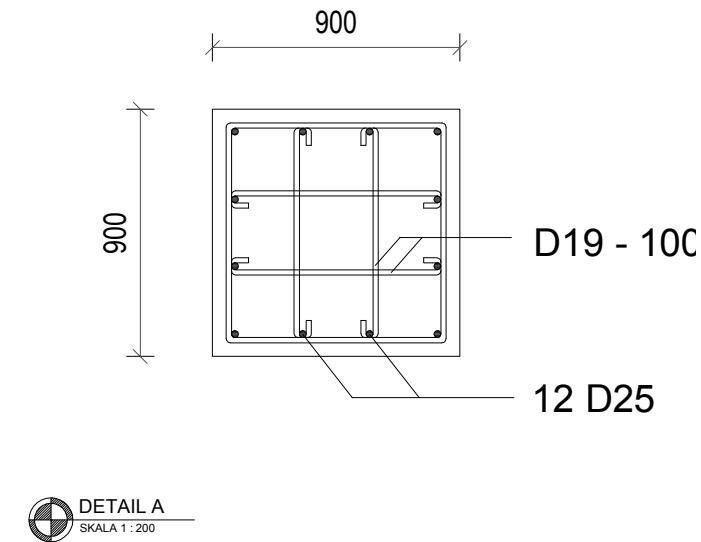
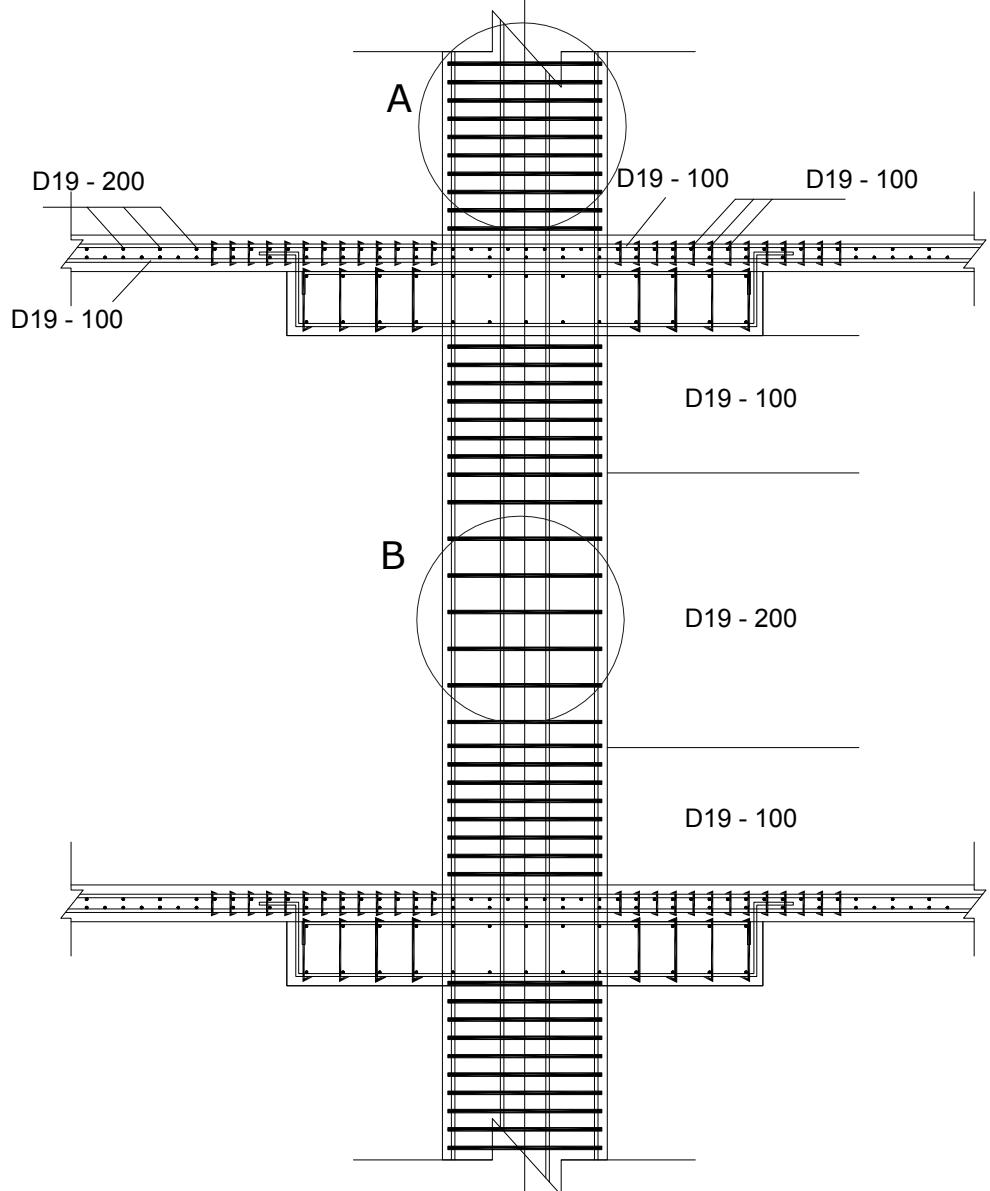
SKALA

1:300
dan
1:200

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

24 44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

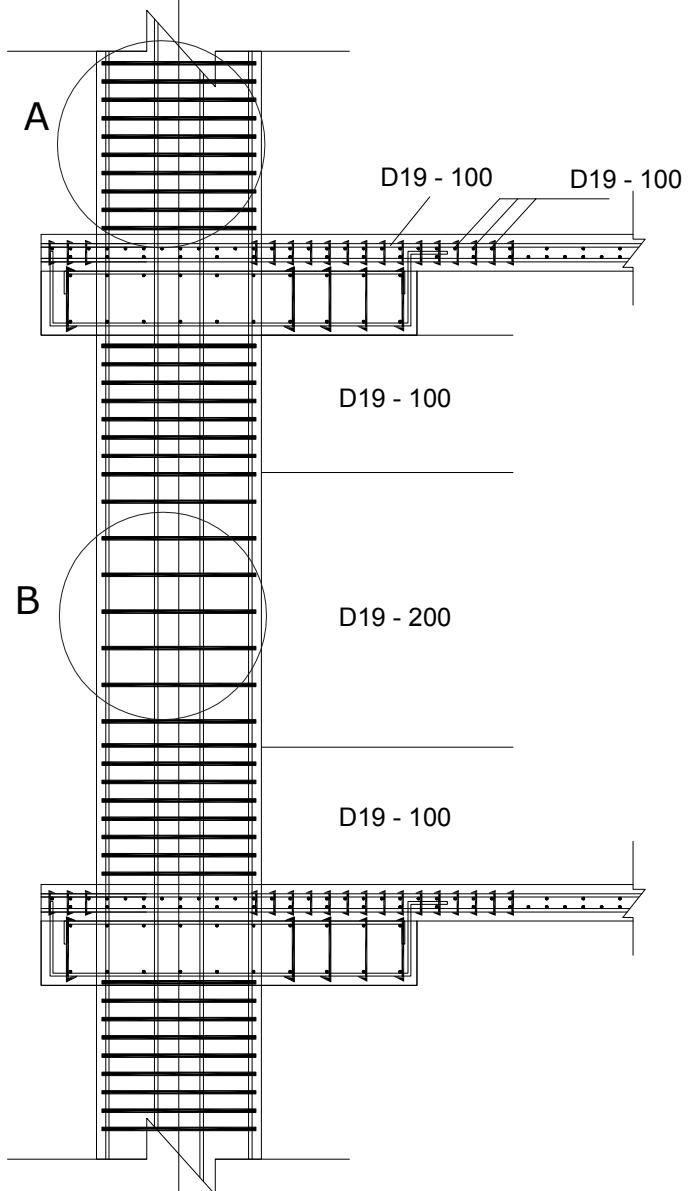
Detail Penulangan Kolom

SKALA

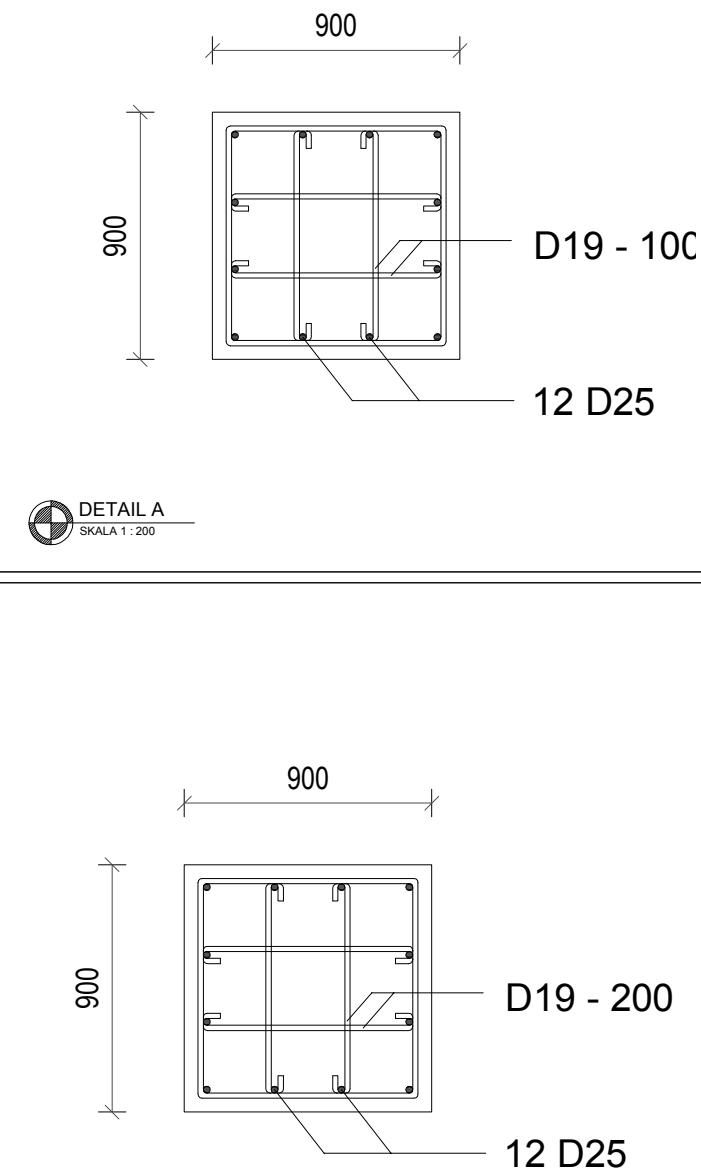
1:300
dan
1:200

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
25	44

ukuran dalam mm



DETAIL PENULANGAN KOLOM TEPI
SKALA 1 : 300



DETAIL A
SKALA 1 : 200

DETAIL B
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Sherwall

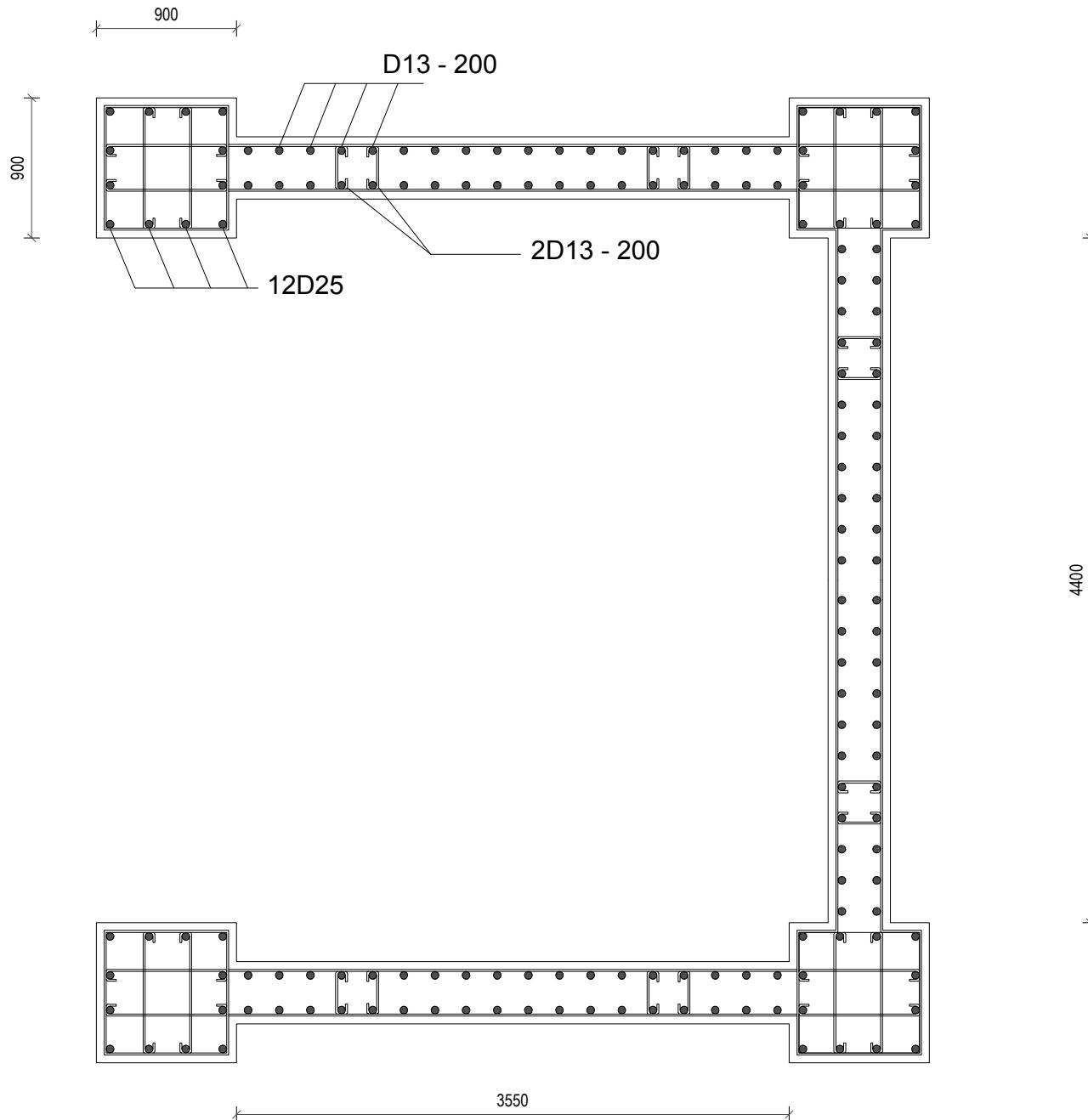
SKALA

1:300

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

26	44
----	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Sherwall

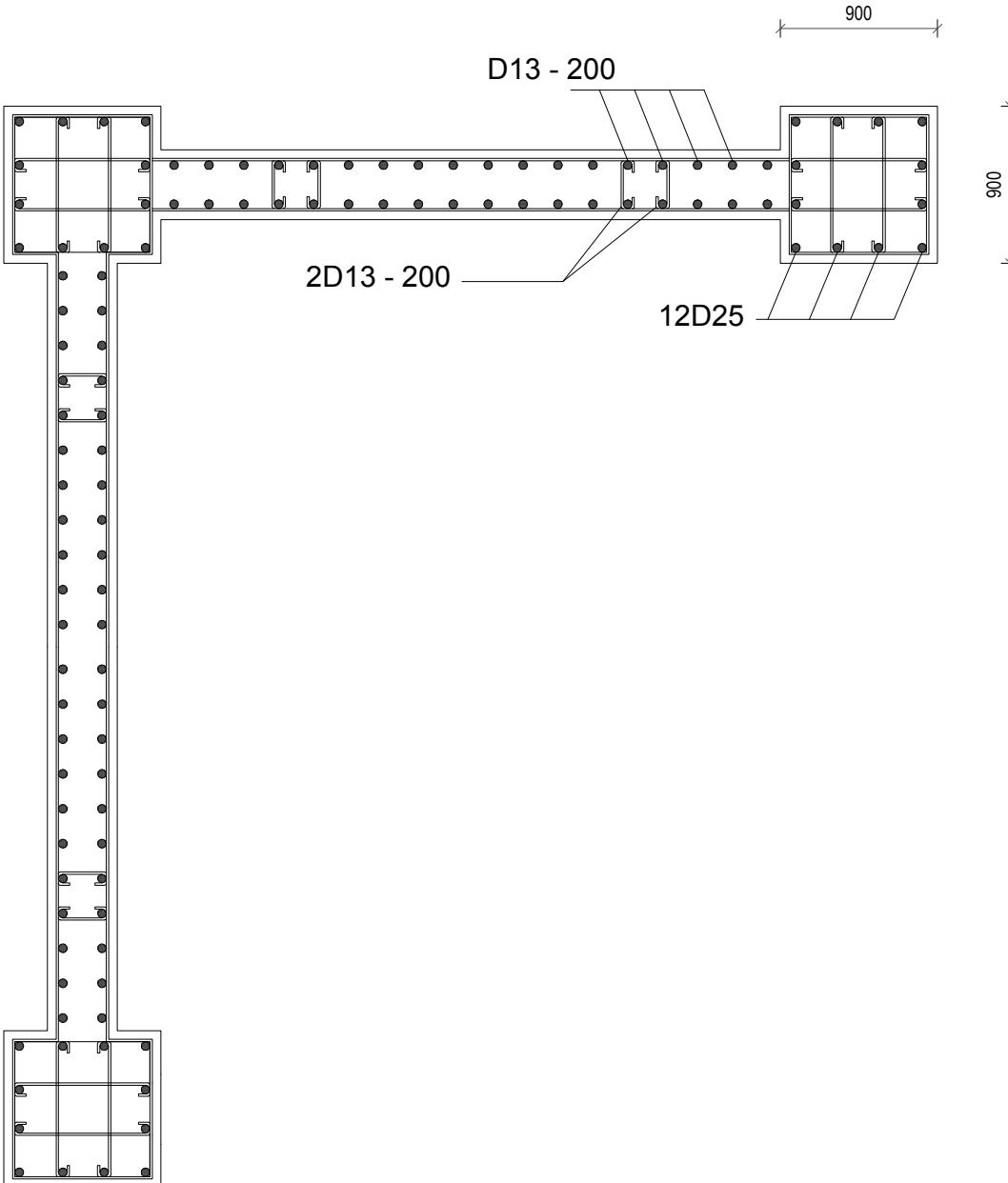
SKALA

1:300

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

27	44
----	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Sherwall

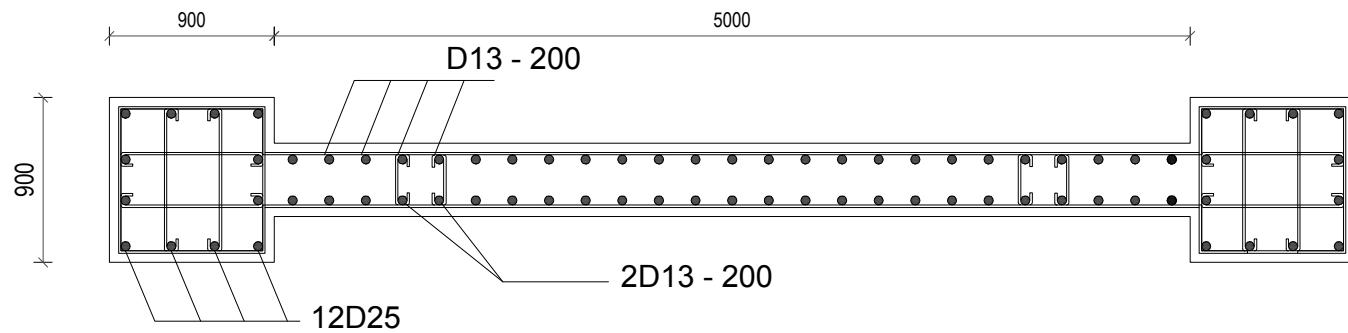
SKALA

1:300

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

28	44
----	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Sherwall

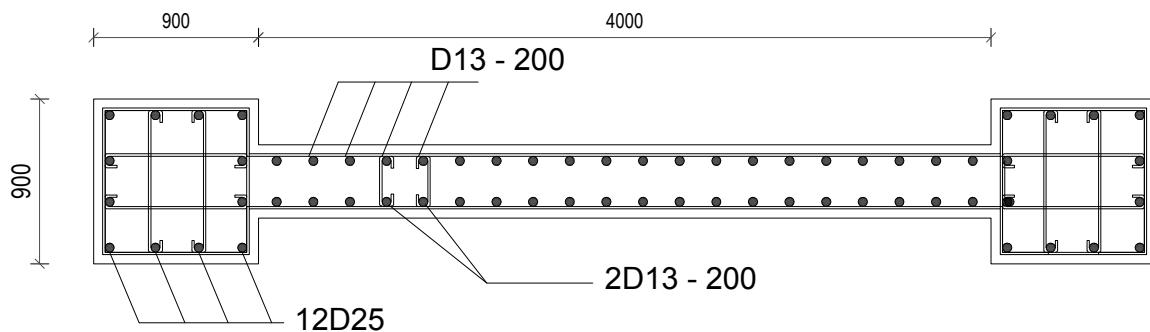
SKALA

1:300

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

29	44
----	----

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang dan
Detail Ramp

SKALA

1 : 3000
dan
1 : 1500

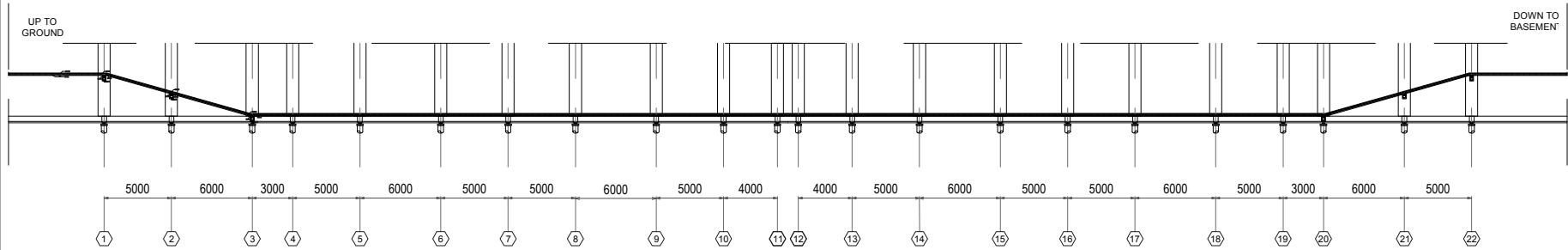
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

30

44

ukuran dalam mm



POTONGAN MEMANJANG RAMP
SKALA 1 : 3000

UP TO
GROUND

DOWN TO
BASEMENT

5000 6000 3000 5000

3000 6000 5000

1

2

3

4

19

20

21

22

DETAIL RAMP
SKALA 1 : 1500

DETAIL RAMP
SKALA 1 : 1500



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

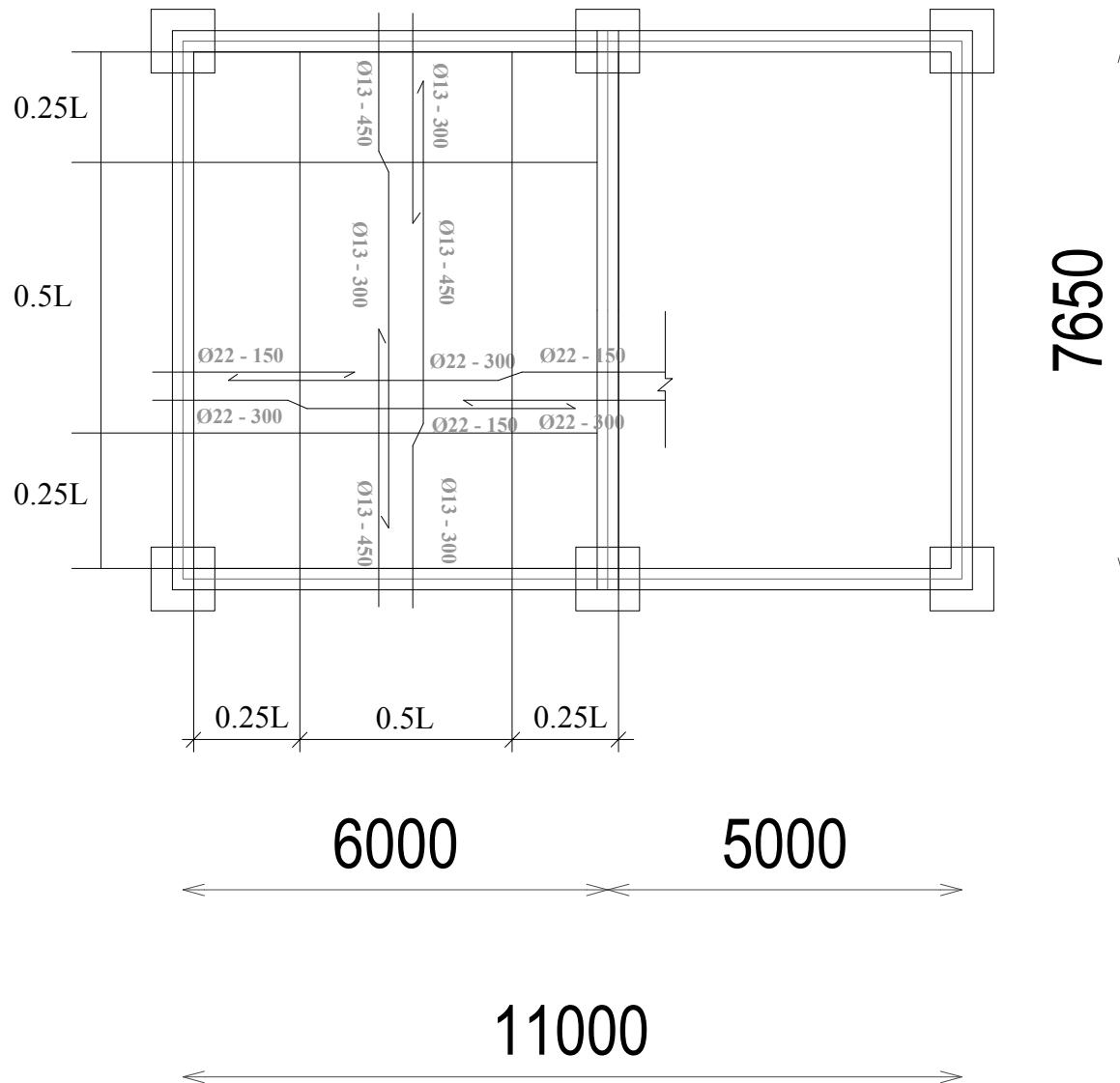
Detail Penulangan Ramp

SKALA

1:1000

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
31	44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

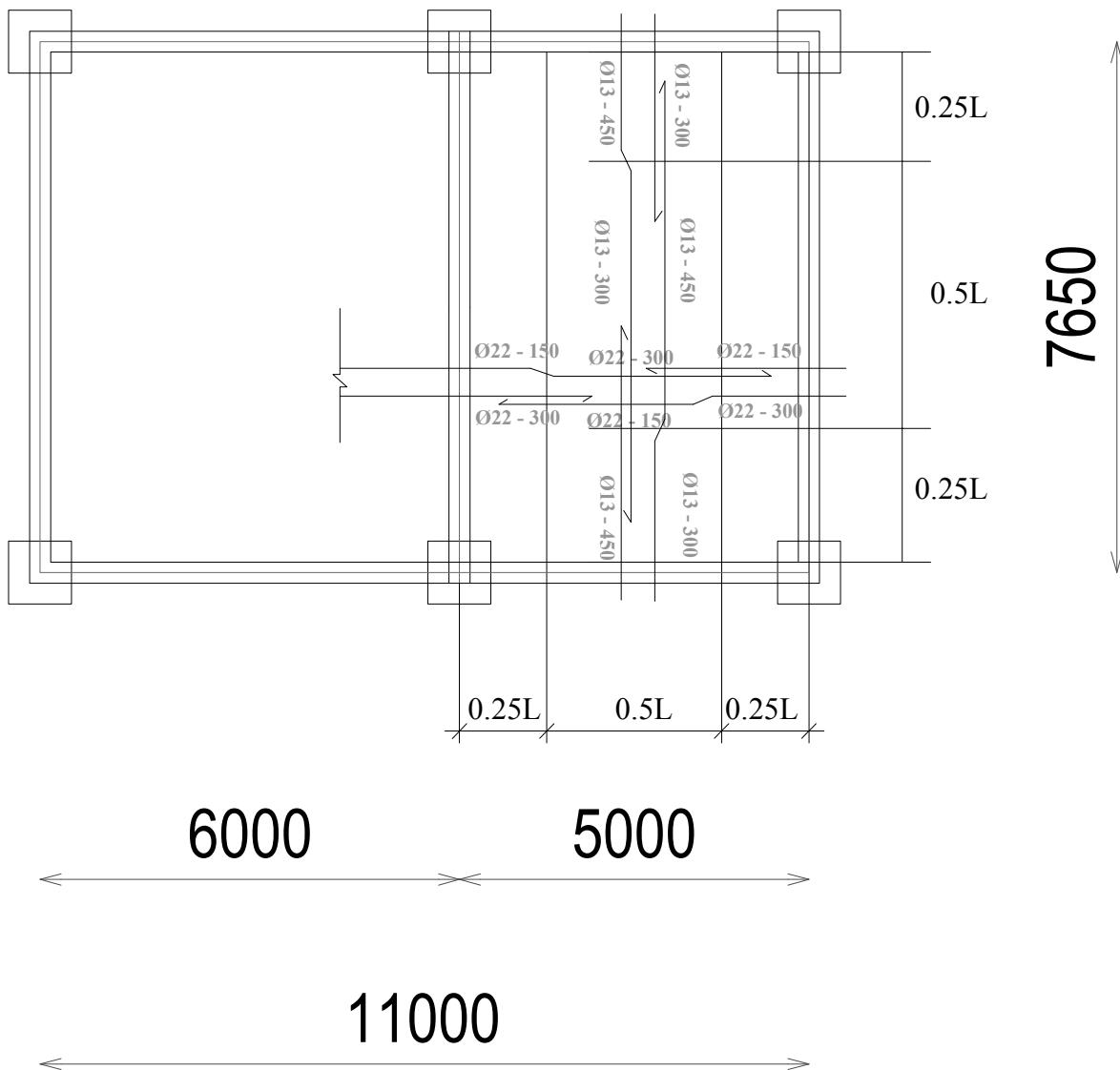
Detail Penulangan Ramp

SKALA

1:1000

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
32	44

ukuran dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

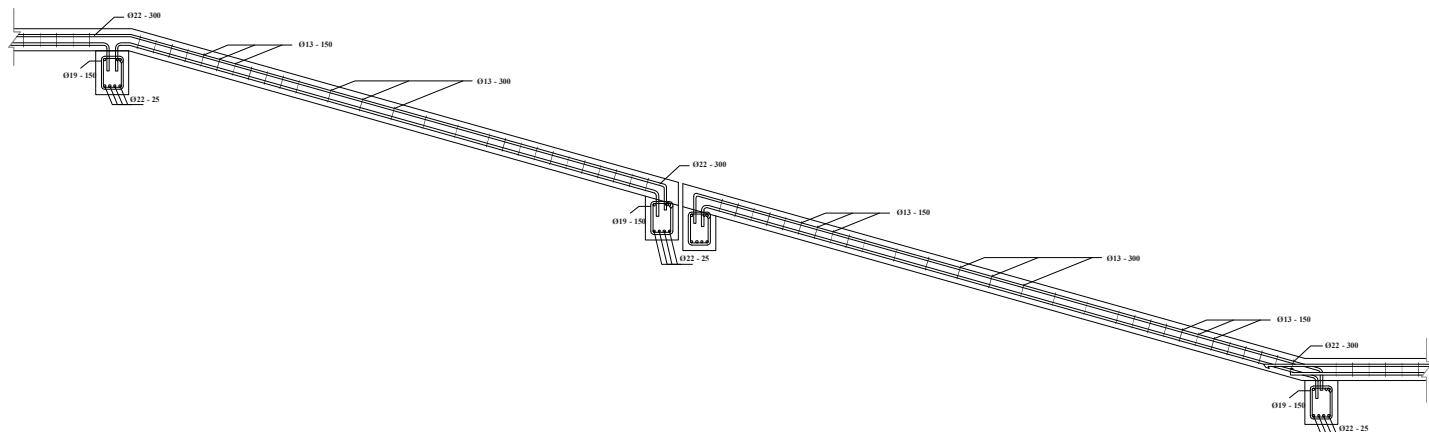
Detail Penulangan Ramp

SKALA

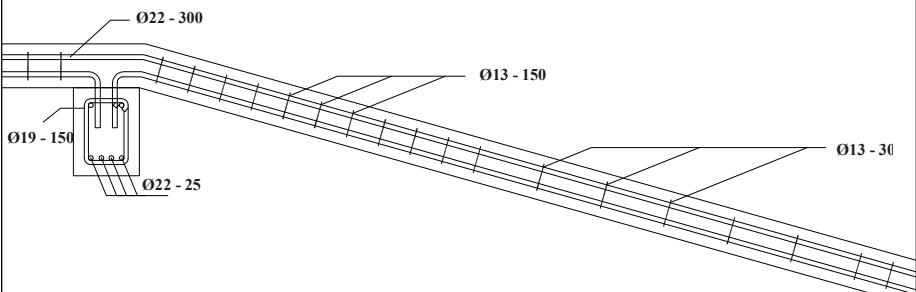
1:500
dan
1:250

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
33	44

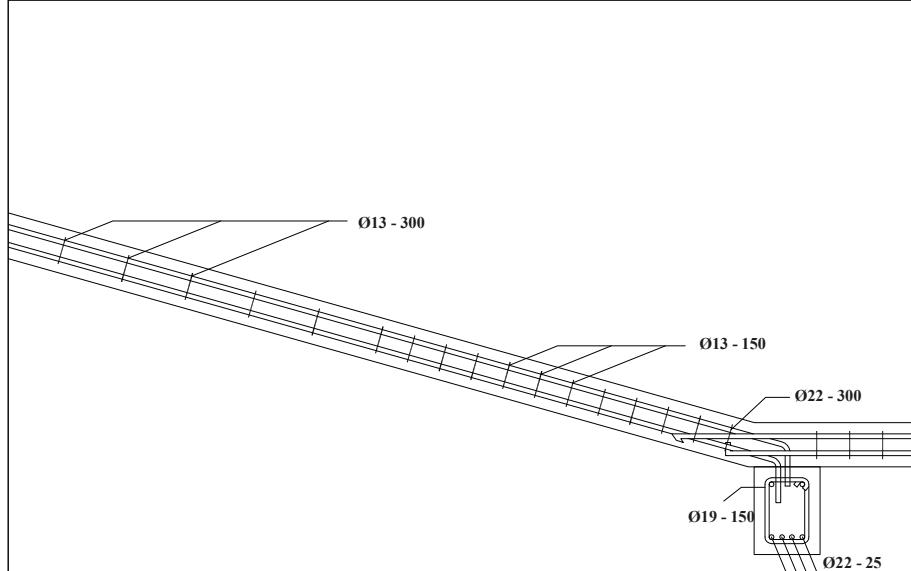
ukuran dalam mm



POTONGAN MEMANJANG RAMP
SKALA 1 :500



DETAIL PENULANGAN RAMP
SKALA 1 :250



DETAIL PENULANGAN RAMP
SKALA 1 :250



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Tangga

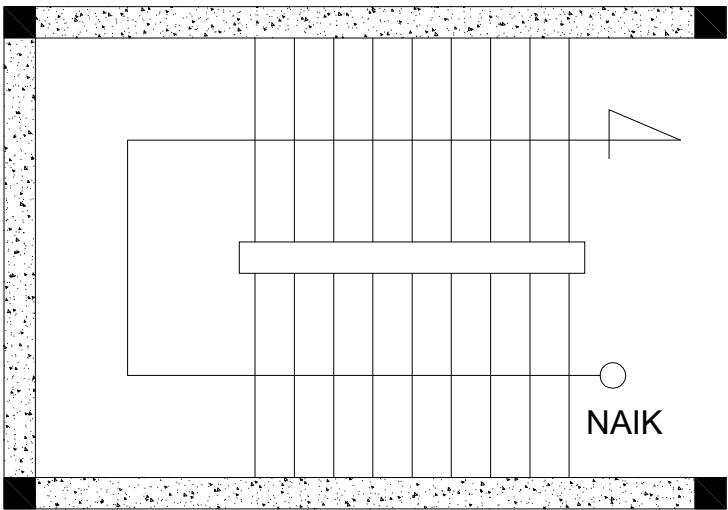
SKALA

1:350
dan
1:100

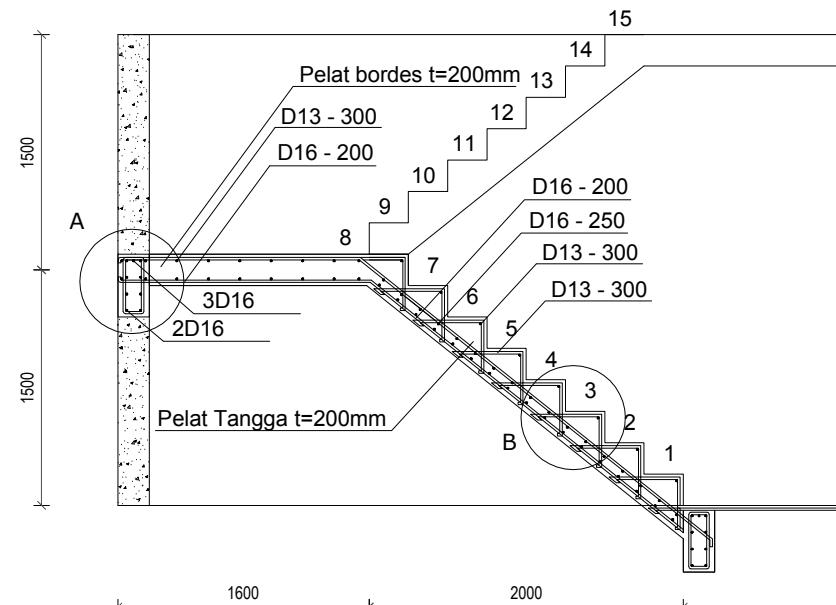
LEMBAR JUMLAH LEMBAR

34 44

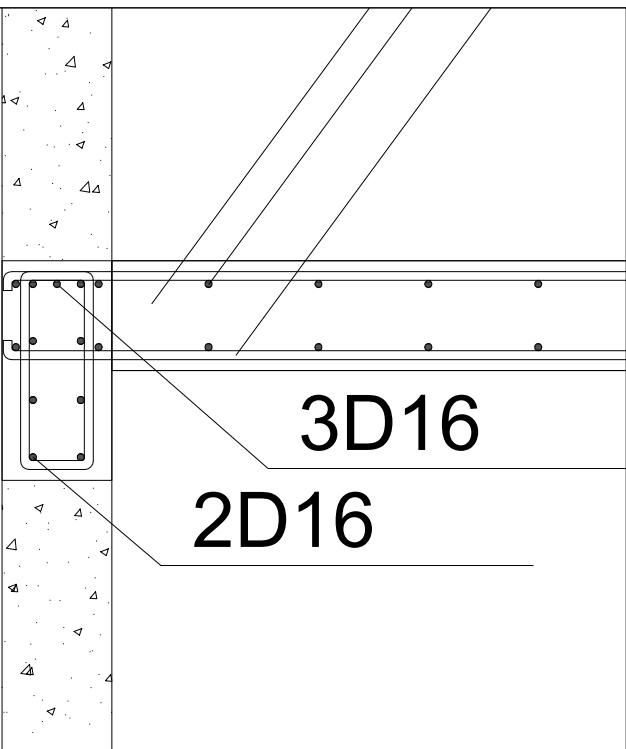
ukuran dalam mm



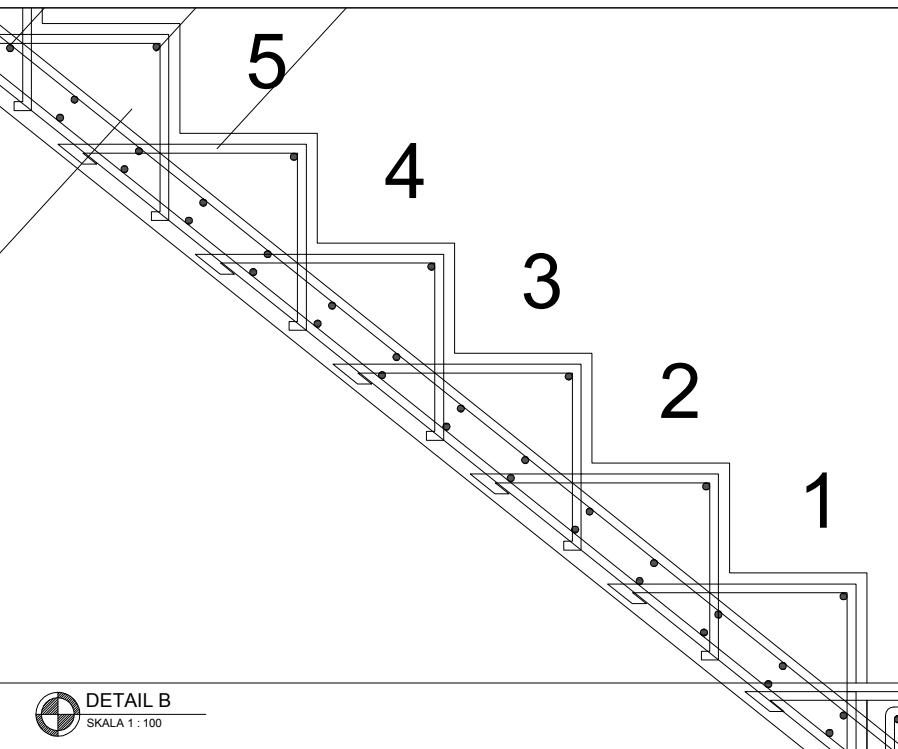
DENAH TANGGA
SKALA 1:350



POTONGAN TANGGA
SKALA 1:350



DETAIL A
SKALA 1:100



DETAIL B
SKALA 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Pondasi

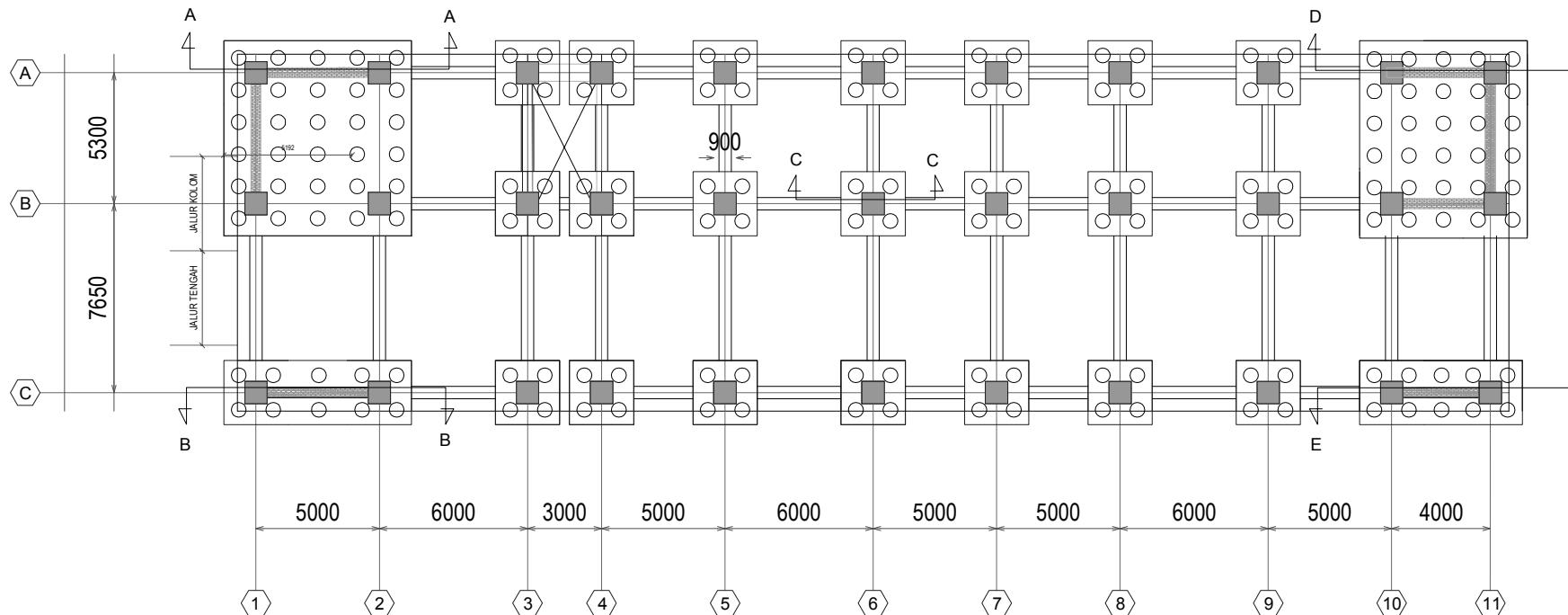
SKALA

1 : 2000

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

35	44
----	----

satuan dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Potongan dan
Penulangan Pile Cap A-A

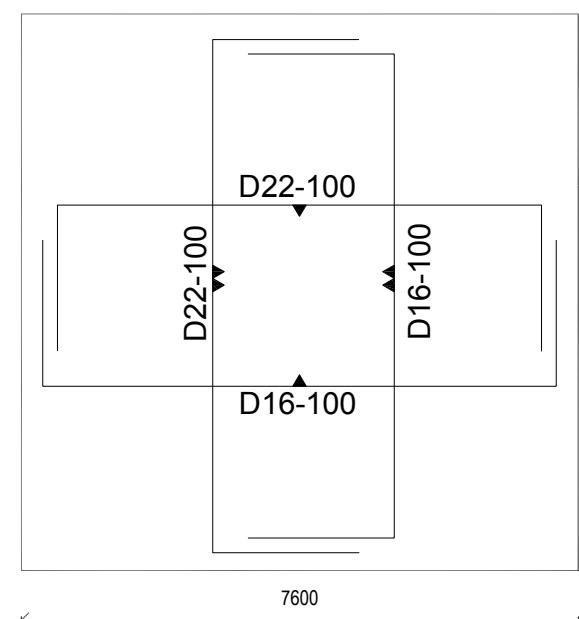
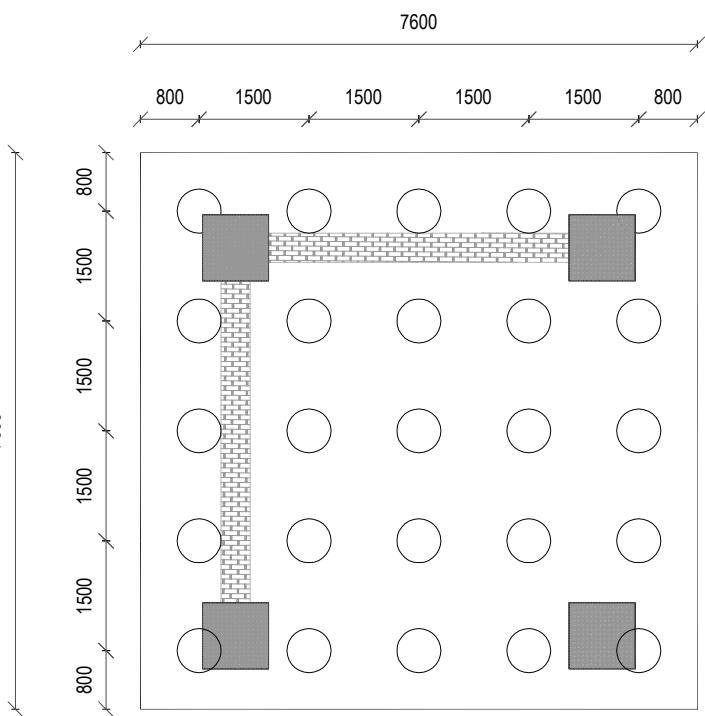
SKALA

1 : 750

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

35	44
----	----

satuan dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Potongan dan
Penulangan Pile Cap B-B

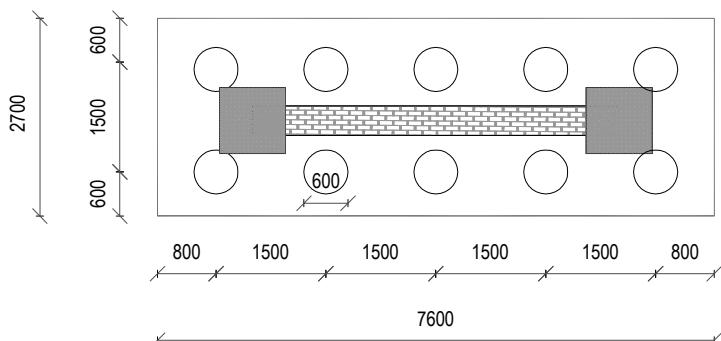
SKALA

1 : 750

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

36	44
----	----

satuan dalam mm



POTONGAN MELINTANG B-B

SKALA 1 : 750



PENULANGAN PILE CAP B-B

SKALA 1 : 750

PENULANGAN PILE CAP B-B

SKALA 1 : 750



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Potongan dan
Penulangan Pile Cap C-C

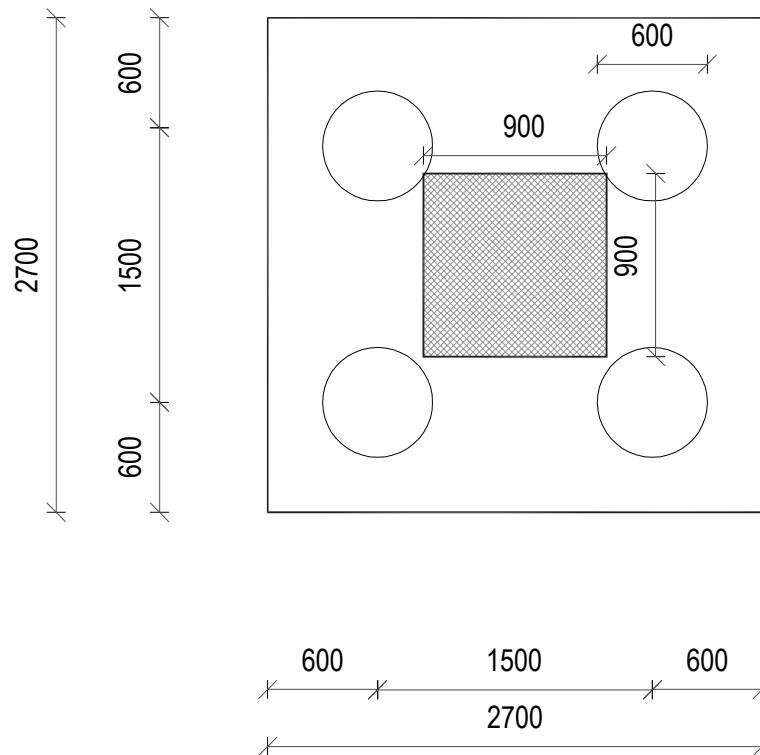
SKALA

1 : 300

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

37	44
----	----

satuan dalam mm



POTONGAN MELINTANG C-C

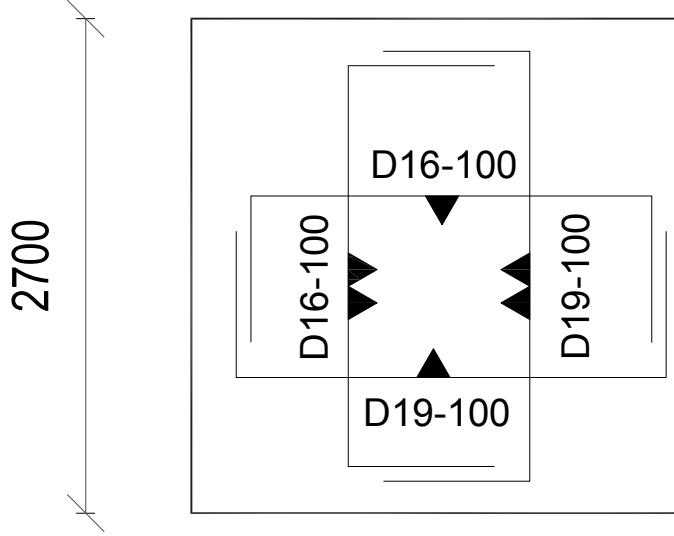
SKALA 1 : 300



PENULANGAN PILE CAP C-C

SKALA 1 : 300

2700





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

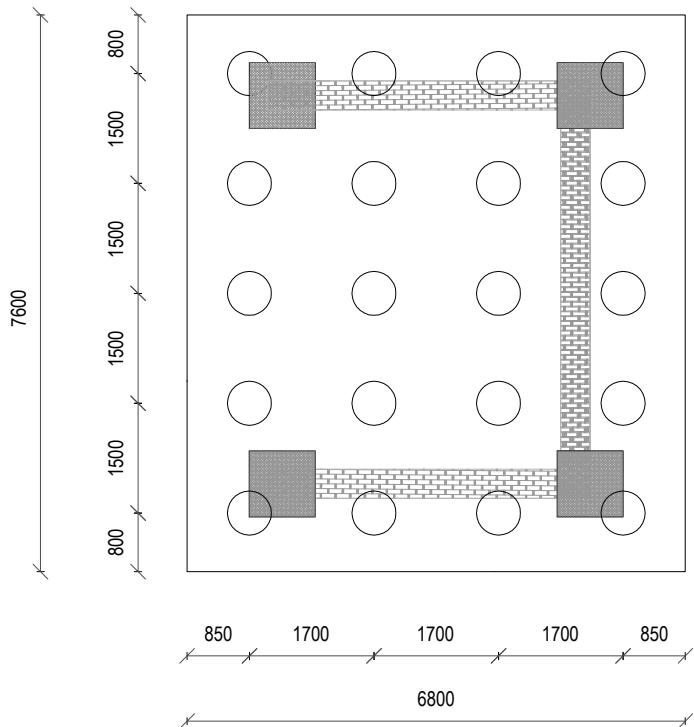
Detail Potongan dan Penulangan Pile Cap D-D

SKALA

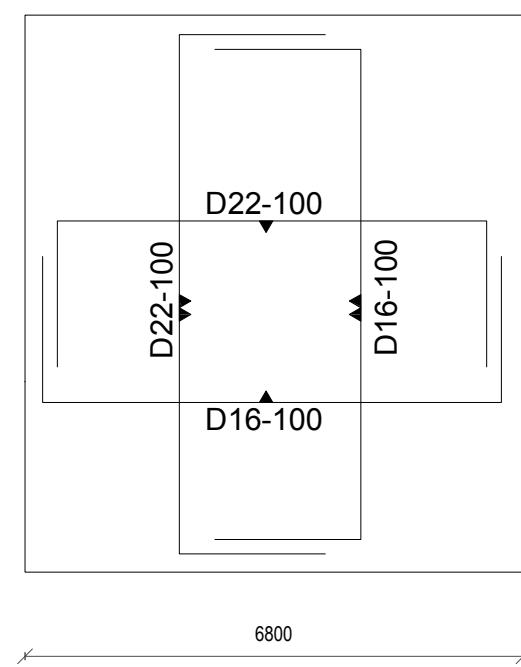
1 : 750

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
38	44

satuan dalam mm



 POTONGAN MELINTANG D-D
SKALA 1 : 750



 PENULANGAN PILE CAP D-D
SKALA 1 : 750



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Detail Potongan dan
Penulangan Pile Cap E-E

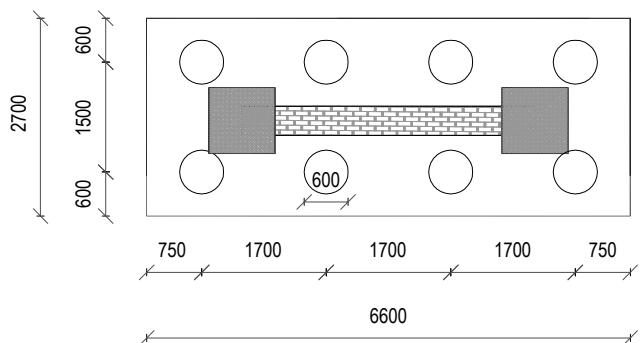
SKALA

1 : 750

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	------------------

39	44
----	----

satuan dalam mm



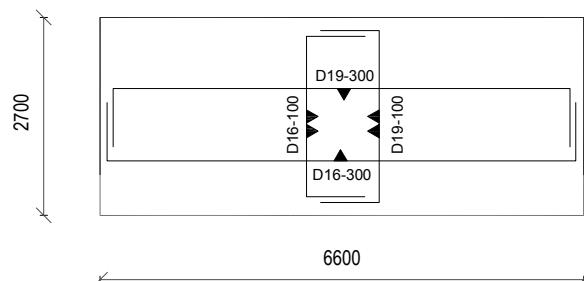
POTONGAN MELINTANG E-E

SKALA 1:750



PENULANGAN PILE CAP E-E

SKALA 1:750





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Pondasi
A-A

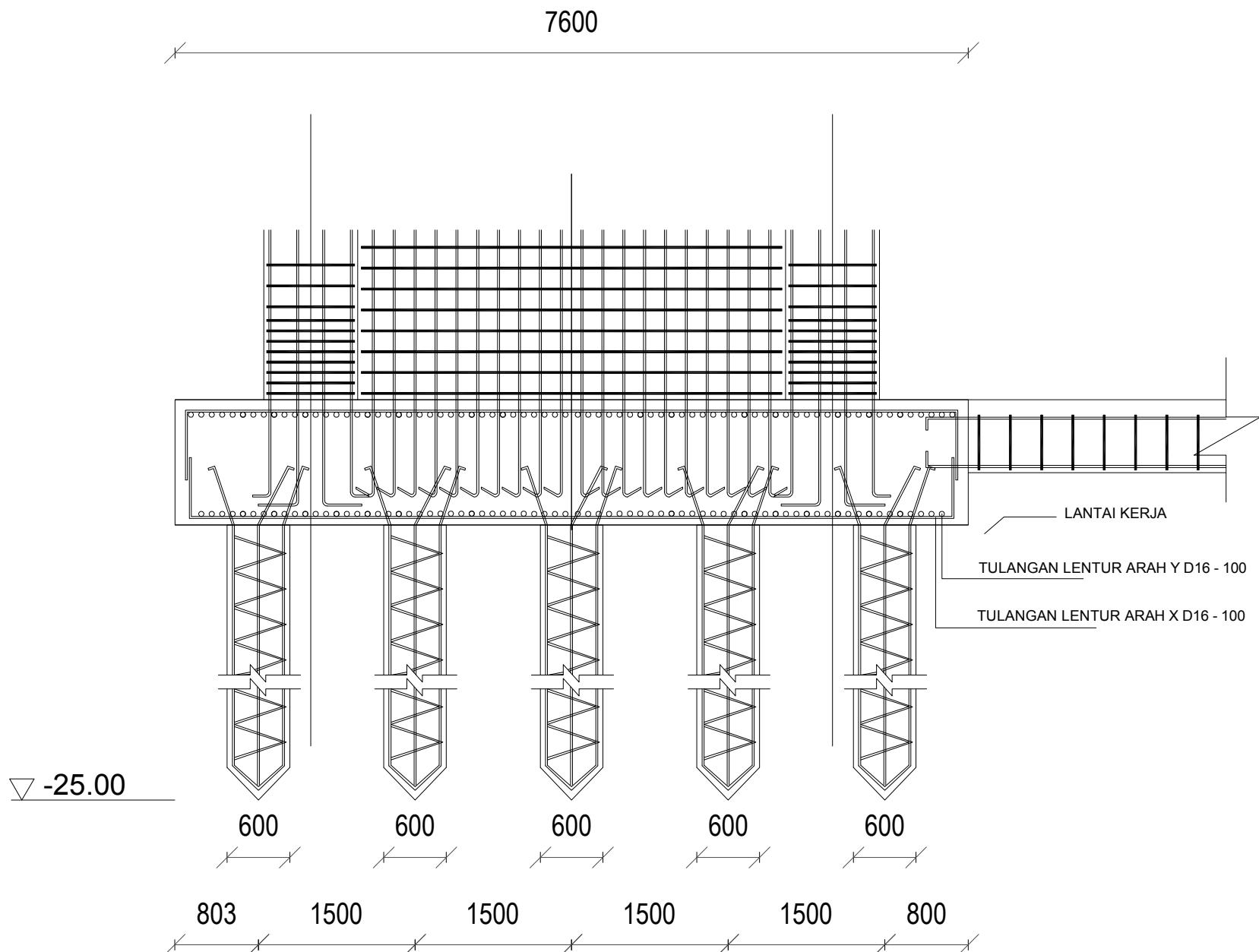
SKALA

1 : 750

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

40 44

satuan dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Pondasi
B-B

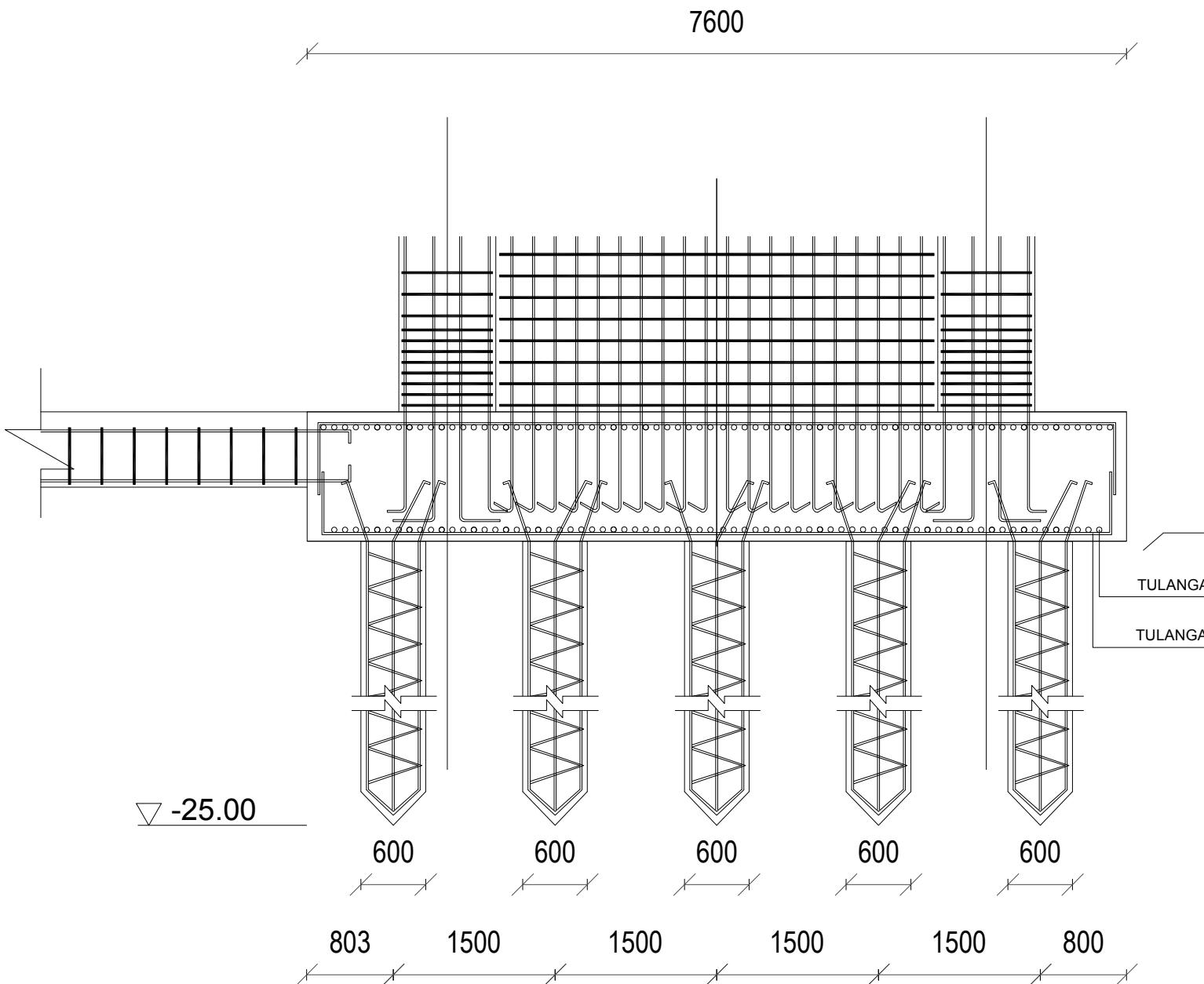
SKALA

1 : 400

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

41	44
----	----

satuan dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Pondasi
C-C

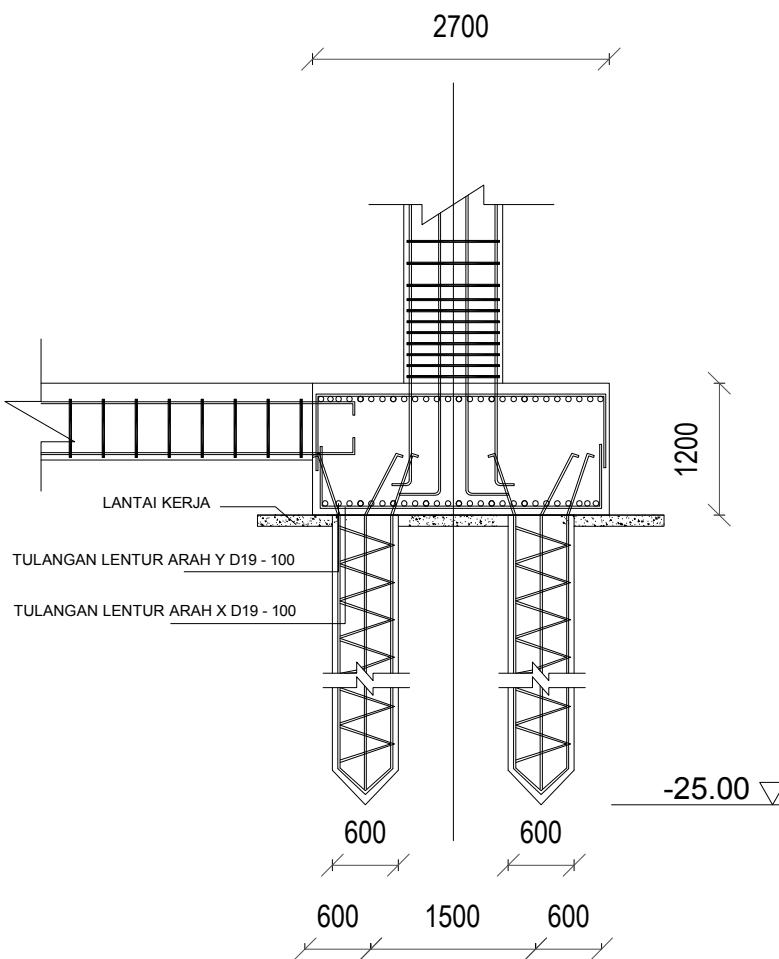
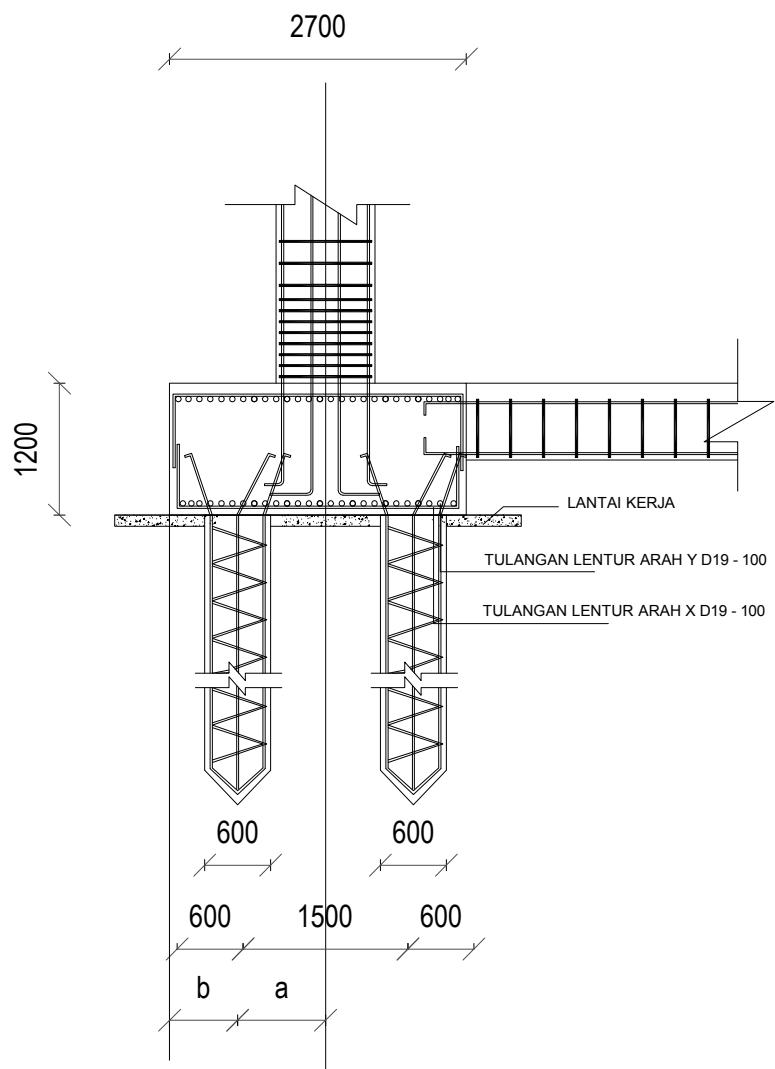
SKALA

1 : 500

LEMBAR JUMLAH LEMBAR

42 44

satuan dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Pondasi
D-D

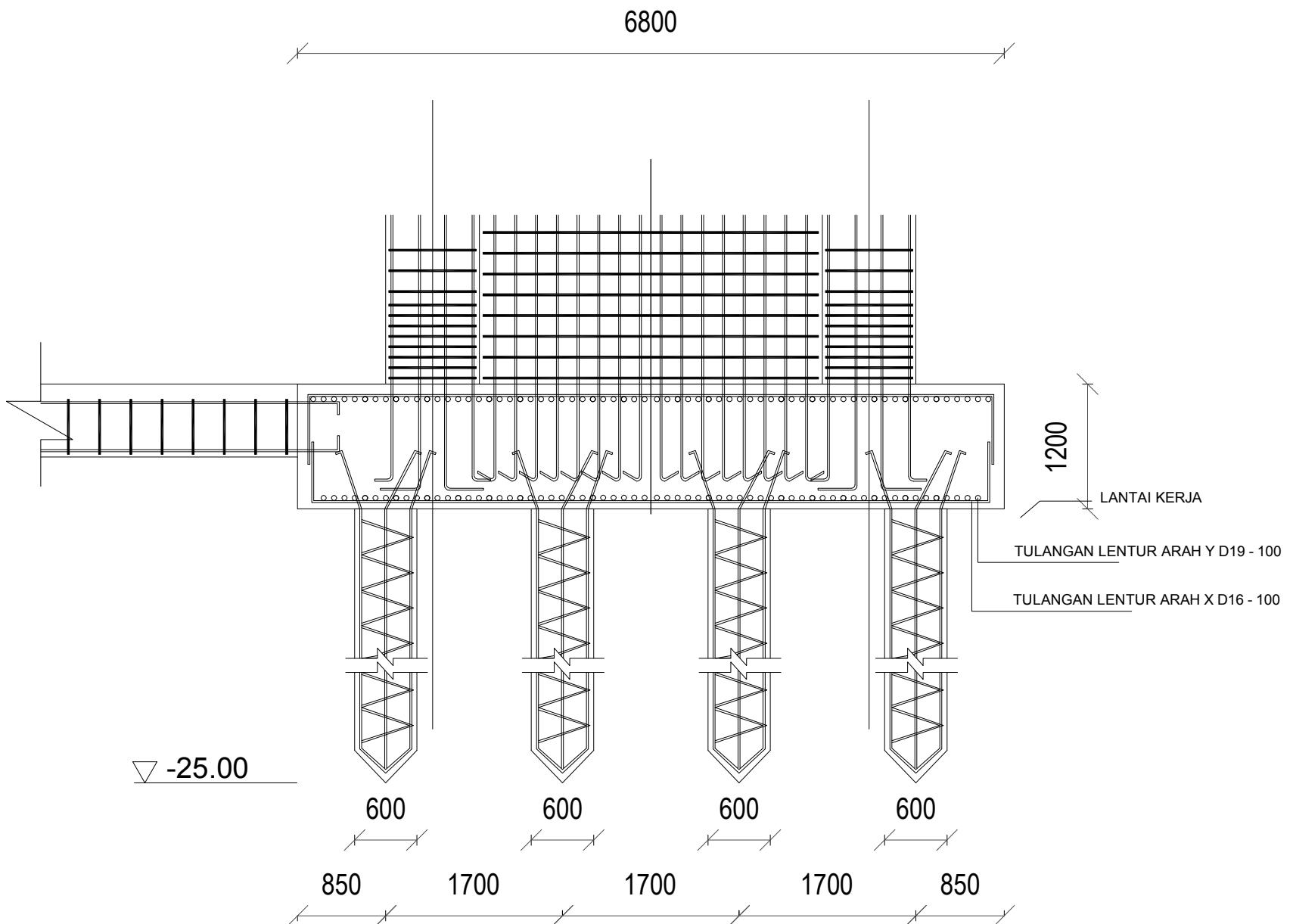
SKALA

1 : 400

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------	---------------

43	44
----	----

satuan dalam mm





INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

NAMA MAHASISWA

AGENG BIMAPRATAMA
3112100038

JUDUL GAMBAR

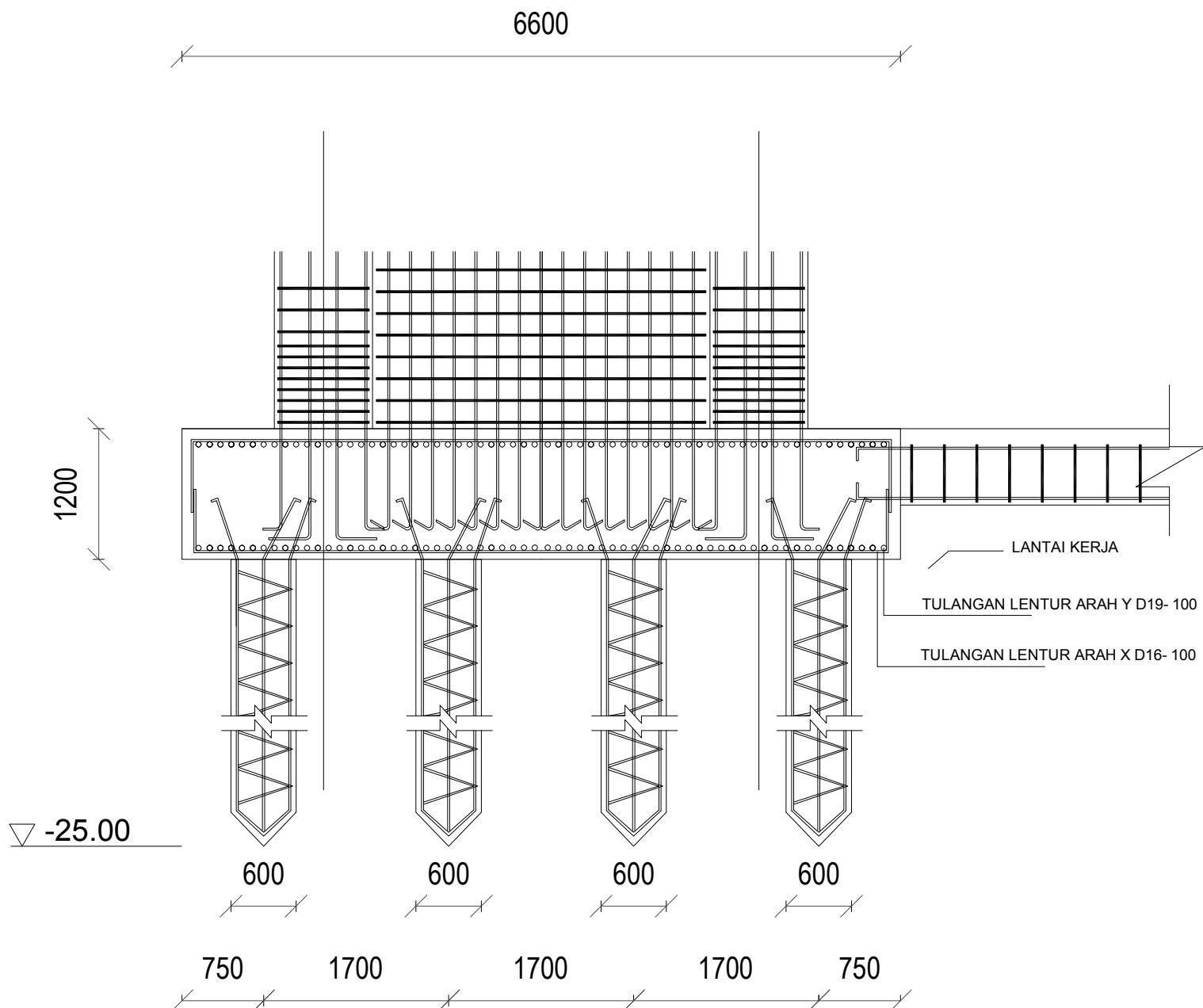
Potongan Melintang Pondasi
E-E

SKALA

1 : 400

LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
44	44

satuan dalam mm





Moving solutions with safety, reliability and efficiency

PASSENGER ELEVATORS

▲ HYUNDAI ELEVATOR



LUXEN (Medium speed gearless traction elevators)

A high-tech gearless traction machine which was used mainly in high-speed elevator is used for this product.



LUXEN Digital Gearless

Excellent car ride
The LUXEN using the gearless machine, provides a smooth and noiseless ride.

Increased energy efficiency
Gearless traction machine with permanent magnet synchronous motor application will increase energy efficiency.

Spacious car interior
The car is more spacious and more comfortable compared with existing product design which has low ceiling height.

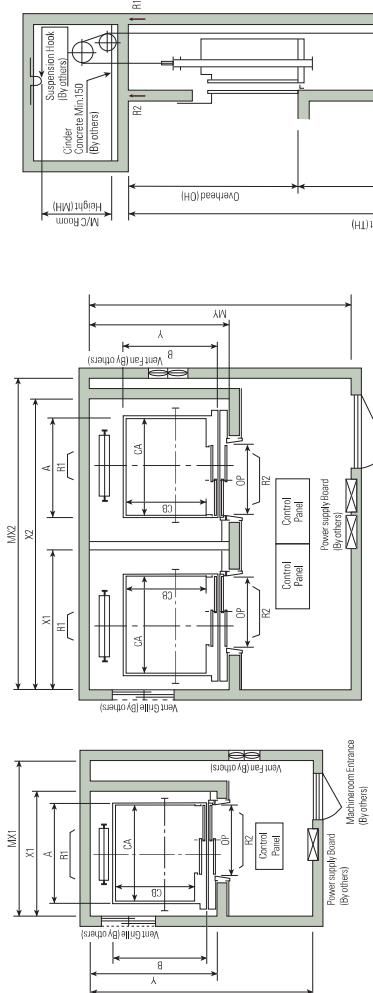
Eco-friendly product
This is an environment-friendly products. It does not need to replace the gear oil regularly.

Enhanced safety
The self-checking system as part of the software/hardware design built-in the elevator and drive control system greatly improve safety of the elevator operation.

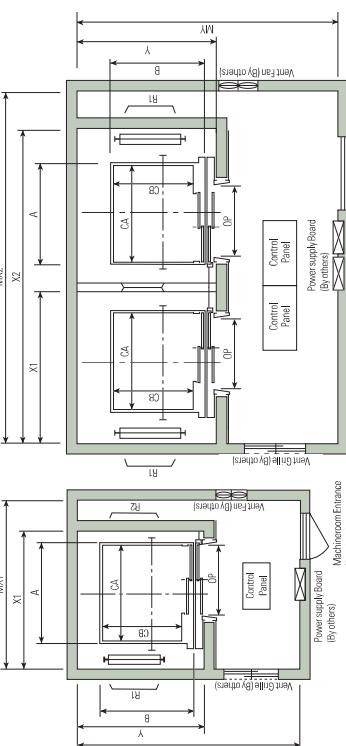


Plan of Hoistway & Machine Room

Rear Drop



Side Drop



(Unit : mm)									
Load (kg)	Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead Pit Depth (OH)	Machine Room Height (MH)	Depth (PP)	Overhead Depth (OH)	Machine Room Size	Pit Reaction (kg)
450 ~ 1000	1.0	4200	1400	4400	2200	1500	4500	1200 x 2200	4500
1150 ~ 1600	1.5	4400	1400	4400	1600	2400	4500	1200 x 2200	4500
1150 ~ 1600	1.75	4500	1500	4500	1600	2400	4500	1200 x 2200	4500
1150 ~ 1600	2.0	4700	1900	4700	2000	2600	4500	1200 x 2200	4500
1150 ~ 1600	2.5	5000	2200	5000	2200	3050	4500	1200 x 2200	4500

Notes 1. Above dimensions are applied for car height of 2500mm.
For other applicable dimensions, contact us.
2. In case of required double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
3. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway

Manufacturer Standard

Speed (m/sec)	Capacity Persons	C.W.T kg	Opening Type	Car Internal	Hoistway Size		Machine Room Size		Pit Reaction (kg)
					X1	X2	Y	MX1	
6	450	800	Rear	1100 x 1000 1160 x 1200	1550	3200	1800	3400	2000
8	550	800	Rear	1100 x 1250 1160 x 1442	1550	3200	1950	3500	2400
10	600	900	Rear	1100 x 1400 1160 x 1592	1550	3200	2100	3500	2450
11	700	800	Side	1100 x 1600 1160 x 1792	1850	3700	2050	4000	2500
13	750	900	Side	1100 x 1650 1160 x 2192	1850	3700	2100	4000	2800
15	800	900	Side	1100 x 2000 1160 x 2292	1850	3700	2500	4000	3100
17	1150	1000	2Panel	1200 x 2200 1300 x 2300	2100	4300	2650	4200	3700
20	1350	1100	Side	1500 x 2300 1600 x 2597	2250	4600	2750	4400	4000
24	1600	1200	Open	1200 x 1800 1300 x 2097	2200	4500	2500	4300	3500
13	900	900	Side	1200 x 1800 1300 x 2097	2200	4500	2500	4300	3500
15	1000	1100	Rear	1200 x 1000 1260 x 1292	2550	5200	2500	4300	3600
20	1350	1200	Side	1200 x 2200 1300 x 2300	2100	4300	4400	6600	5100
24	1600	1300	Open	1500 x 2300 1600 x 2597	2450	5000	2500	4300	3500
13	900	900	Side	1200 x 1800 1300 x 2097	2200	4500	2500	4300	3500
15	1000	1000	Side	1200 x 900 1300 x 2197	2200	4500	2500	4300	3500
20	1350	1000	Side	1200 x 2200 1300 x 2300	2100	4300	4400	6600	5100
24	1600	1100	Open	1500 x 2300 1600 x 2597	2450	5000	2500	4300	3500

(Unit : mm)

(Unit : mm)

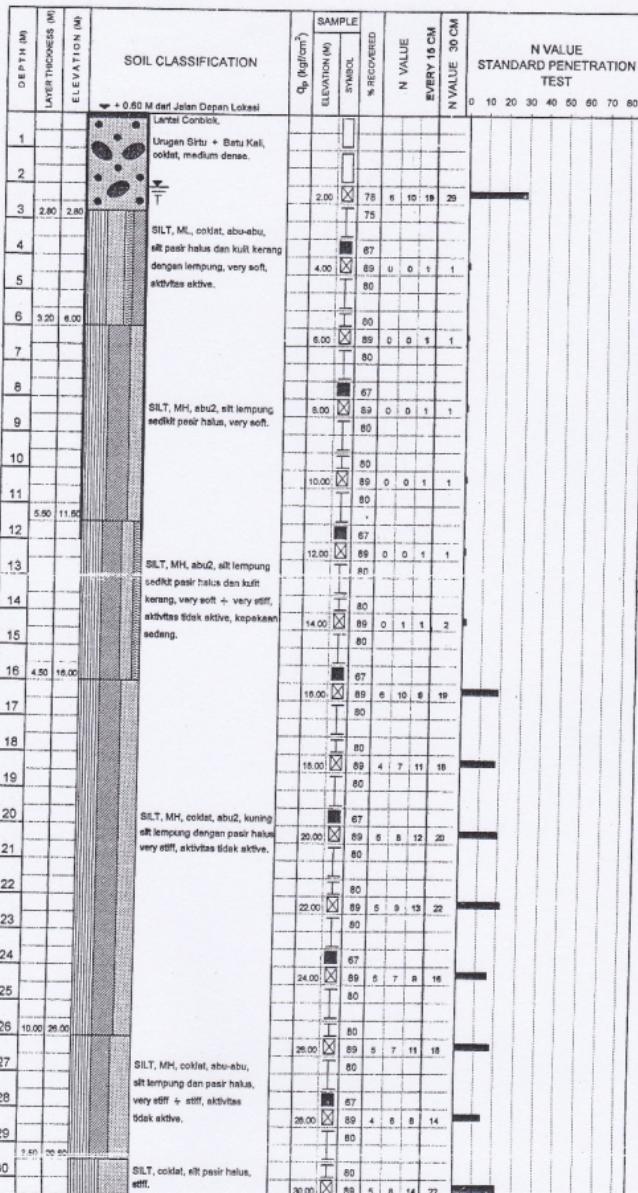
EN81 Standard

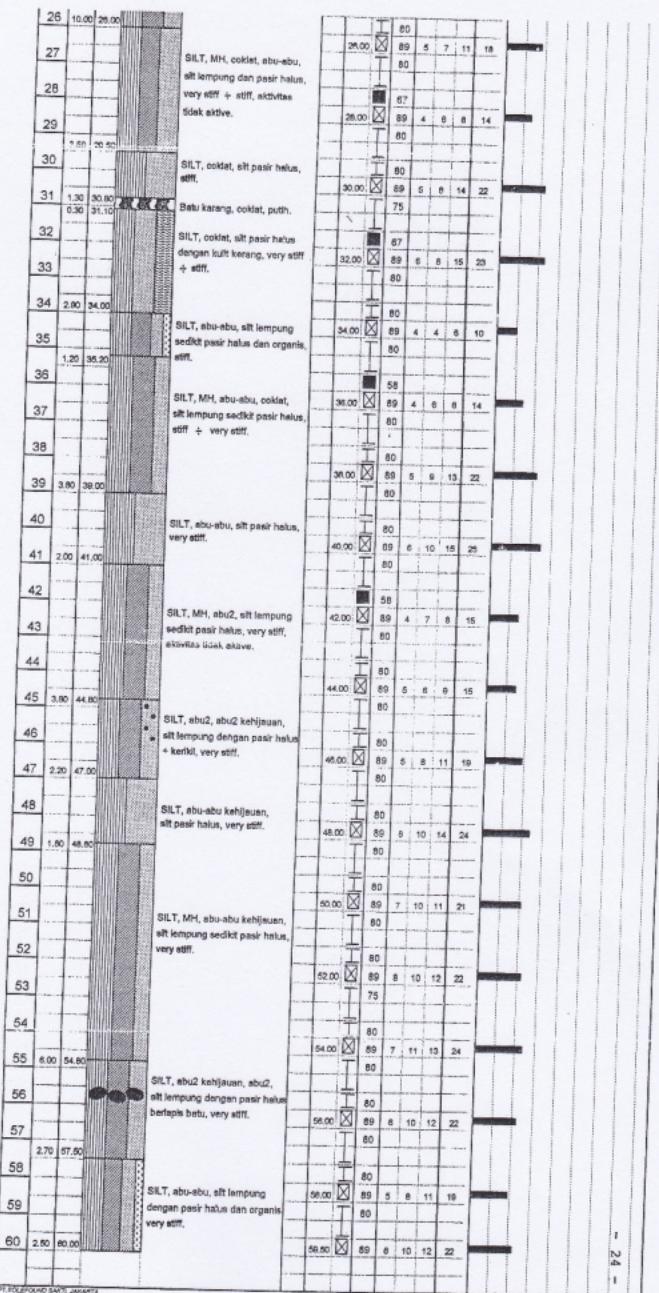
Speed (m/sec)	Capacity Persons	C.W.T kg	Opening Type	Car Internal	Hoistway Size		Machine Room Size		Pit Reaction (kg)
					X1	X2	Y	MX1	
6	450	800	Rear	1100 x 1100 1160 x 1292	1550	3200	1800	3400	2000
7	550	800	Rear	1100 x 1400 1160 x 1792	1550	3200	1950	3500	2400
1.0	630	900	Rear	1400 x 1100 1460 x 1292	1800	3700	2100	4300	3000
9	700	800	Side	1100 x 1600 1160 x 1792	1850	3700	2050	4000	3400
1.5	10	900	Side	1100 x 1500 1160 x 1842	1850	3700	2100	4300	3500
1.75	13	1000	2Panel	1000 x 1100 1160 x 1292	2100	4300	2350	4300	3500
15	1150	1000	Side	1200 x 2200 1300 x 2497	2250	4600	2350	4600	4000
18	1350	1100	Open	1300 x 2300 1400 x 2597	2250	4600	2350	4600	4000
21	1600	900	Side	1400 x 2400 1500 x 2697	2350	5000	2450	5000	4400
12	900	900	Side	1100 x 2100 1160 x 2297	1850	3700	2250	4500	3800
13	1000	1000	Side	1200 x 1900 1300 x 2197	2200	4500	2350	4500	4000
2.0	15	1150	Rear	1600 x 1400 1700 x 1697	2250	4600	2200	2550	4400
2.5	18	1350	Rear	2000 x 1500 2100 x 1797	2350	5400	2350	2950	5400
21	1600	1200	Rear	2100 x 1650 2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600

(Unit : mm)

BORING LOG & SPT DIAGRAM

PROJECT : APARTMENT PURI MAS 14 LANTAI + SEMI BASEMENT
 LOCATION : JLRUNGKUT MADYA - SURABAYA
 HOLE : DB I
 DATE of TEST : 08 - 13 AGUSTUS 2010

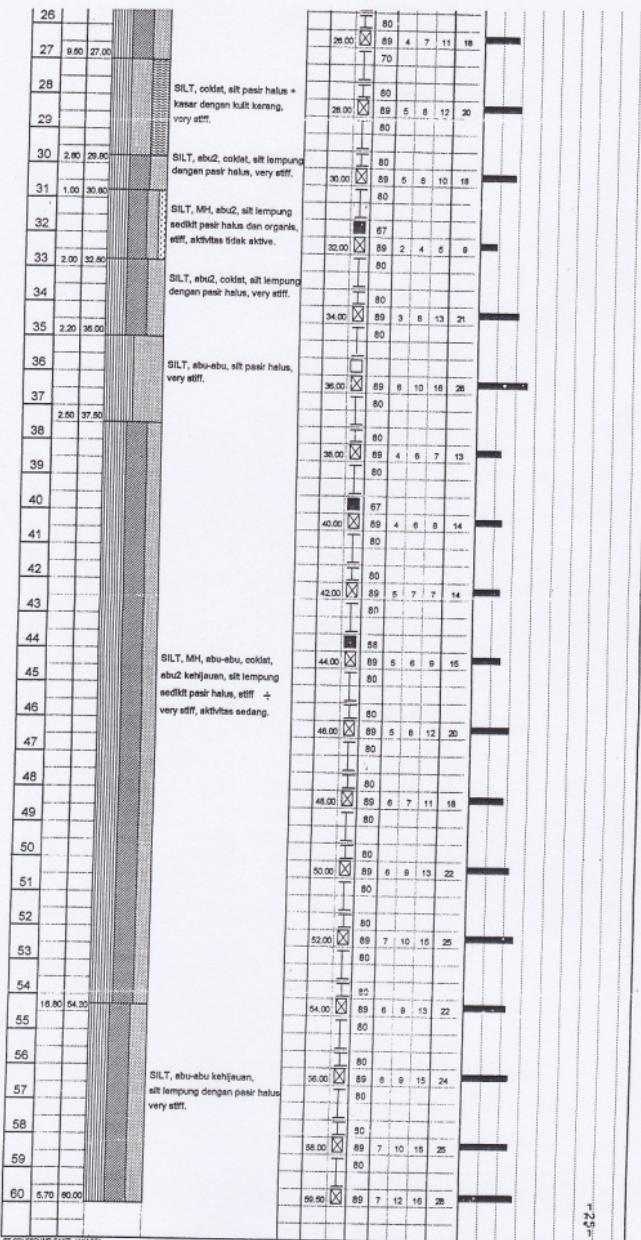




BORING LOG & SPT DIAGRAM

PROJECT : APARTMENT PURI MAS 14 LANTAI + SEMI BASEMENT
 LOCATION : JL.RUNGKUT MADYA - SURABAYA
 HOLE : DB II
 DATE OF TEST : 01 - 07 AGUSTUS 2010

DEPTH (M)	LAYER THICKNESS (M)	ELEVATION (M)	SOIL CLASSIFICATION			Q _s (kg/cm ²)	ELEVATION (M)	SAMPLE SYMBOL	% RECOVERED	N VALUE STANDARD PENETRATION TEST			
			N	VALUE EVERY 15 CM	N VALUE 30 CM					0	10	20	30
+ 0.60 M dari Jalan Depan Lokasi													
1			Lantai Cemblok, Urugan Sirtu + Batu Kalig, coklat, dens.				2.00	☒	78	6	11	20	31
2										80			
3	2.70	2.70					4.00	☒	67				
4										89	0	0	1
5										80			
6			SILT, MH, abu-abu, silt pasir halus dan kult kerang dengan lempung, very soft, aktivitas aktifve.				6.00	☒	80	0	0	1	1
7										89			
8	4.60	7.30					8.00	☒	67				
9			SILT, MH, abu2, silt lempung sedikit pasir halus, very soft.							89	0	0	1
10	2.70	10.00					10.00	☒	80	0	0	1	1
11										78			
12			SILT, MH, abu2, silt lempung sedikit pasir halus dan kult kerang, very soft, cincangan sedang, kepekaan tidak peka.				12.00	☒	67				
13										89	0	0	1
14							14.00	☒	80				
15										75			
16	5.50	15.50					16.00	☒	67				
17			SILT, MH, coklat, abu-abu, silt lempung sedikit pasir halus, very stiff, kepekaan sedang.							89	4	7	10
18	2.00	17.50					18.00	☒	80				
19										89	4	8	12
20							20.00	☒	67				
21										89	5	7	13
22			SILT, MH, abu-abu, coklat, silt lempung dengan pasir halus, very stiff, aktivitas sedang.				22.00	☒	80				
23										89	5	7	12
24							24.00	☒	67				
25										89	5	8	10
26							26.00	☒	80				
27	9.60	27.00								89	4	7	11
28							28.00	☒	70				
29			SILT, coklat, silt pasir halus + kasar dengan kult kerang, very stiff.							89	5	8	12
30	2.80	29.80								80			
31	1.00	30.80	SILT, abu2, coklat, silt lempung dengan pasir halus, very stiff.				30.00	☒	89	5	8	10	18



PT. ZOLEPOLUNG SANTI JAKARTA

■ UNDISTURBED SAMPLE
 STANDARD PENETRATION TEST
 CORE SAMPLE
 DISTURBED SAMPLE

■ SILT
 ■ LEMPUNG
 ■ PASIR
 ■ CEMENTED
 ■ PUNG
 ■ KEMBANG KARANG
 ■ BATU KARANG

■ KULT KERANG
 ■ KARANG
 ■ ORGANIC
 ■ GAMPALAN CADAS
 ■ KERIKIL
 ■ KORAL
 ■ BATU

▼ MUKA AIR TANAH = - 1.70 M.

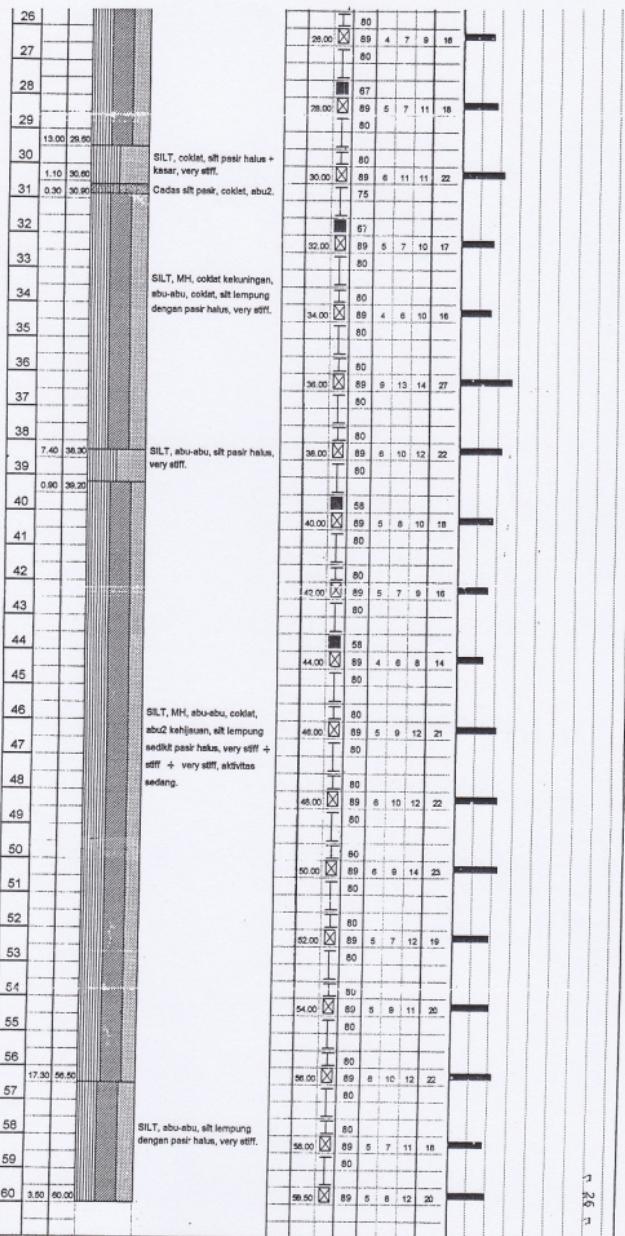
Rendam Rendam N

BORING LOG & SPT DIAGRAM

**PROJECT
LOCATION
HOLE
DATE OF TEST**

: APARTMENT PURI MAS 14 LANTAI + SEMI BASEMENT
: JL.RUNGKUT MADYA - SURABAYA
: DB III
: 10 - 15 AGUSTUS 2010

DEPTH (M)	LAYER THICKNESS (M)	ELEVATION (M)	SOIL CLASSIFICATION			q_s (kg/cm ²)	SAMPLE NUMBER	SYMBOL	% RECORDED	N VALUE			STANDARD PENETRATION TEST						
										ELEVATION (M)	EVERY 15 CM	EVERY 30 CM	0	10	20	30			
+ 0.80 M dari Jalan Depan Lokasi																			
1			Lental Coklat,							2.00	75	6	12	18	22				
2			Urugan Situ + Batu Kali, coklat, medium dense.							2.00	80								
3	2.00	2.00								4.00	67								
4	1.40	4.00	SILT, ML, abu-abu, silt pasir halus dengan lempung, very soft, aktivitas aktif.							4.00	89	5	0	1	1				
5										6.00	80								
6			SILT, abu2, silt pasir halus dan kult keras dengan lempung, very soft.							6.00	89	0	0	1	1				
7	2.00	6.00								6.00	80								
8										8.00	67								
9			SILT, MH, abu2, silt lempung sedikit pasir halus, very soft.							8.00	78	0	0	1	1				
10										8.00	80								
11										10.00	89	0	0	1	1				
12	4.70	11.50								10.00	67								
13			SILT, MH, abu2, silt lempung sedikit peka halus dan kult keras, very soft, aktivitas sedang, kepekaan tidak peka.							10.00	89	0	0	1	1				
14										12.00	89	0	0	1	1				
15	3.00	14.50								12.00	80								
16	1.50	16.00	SILT, ML, abu-abu, silt pasir halus dan kult keras dengan lempung, very soft + very stiff, kepekaan tidak peka.							14.00	67								
17	0.50	16.50	SILT, coklat, abu-abu, silt pasir halus, very stiff.							14.00	89	0	0	1	1				
18										16.00	80								
19										16.00	89	5	8	8	15				
20										16.00	67								
21										18.00	89	5	8	8	15				
22			SILT, MH, coklat kekuningan, abu-abu, coklat, silt lempung dengan pasir halus, very stiff, aktivitas tidak aktif + sedang.							18.00	80								
23										20.00	89	5	8	10	16				
24										20.00	80								
25										22.00	89	4	8	12	18				
26										22.00	80								
27										24.00	89	4	7	10	17				
28										24.00	80								
29										26.00	89	4	7	9	16				
30										26.00	80								
31	1.10	30.00	SILT, coklat, silt pasir halus + keras, very stiff.							28.00	89	5	7	11	18				
			Cadas silt pasir, coklat, abu2.							28.00	80								
										30.00	89	6	11	11	22				
										30.00	75								



PT. SOLEFOUR SAKTIA MANDIRI

Raymond Herlambang M.Dg

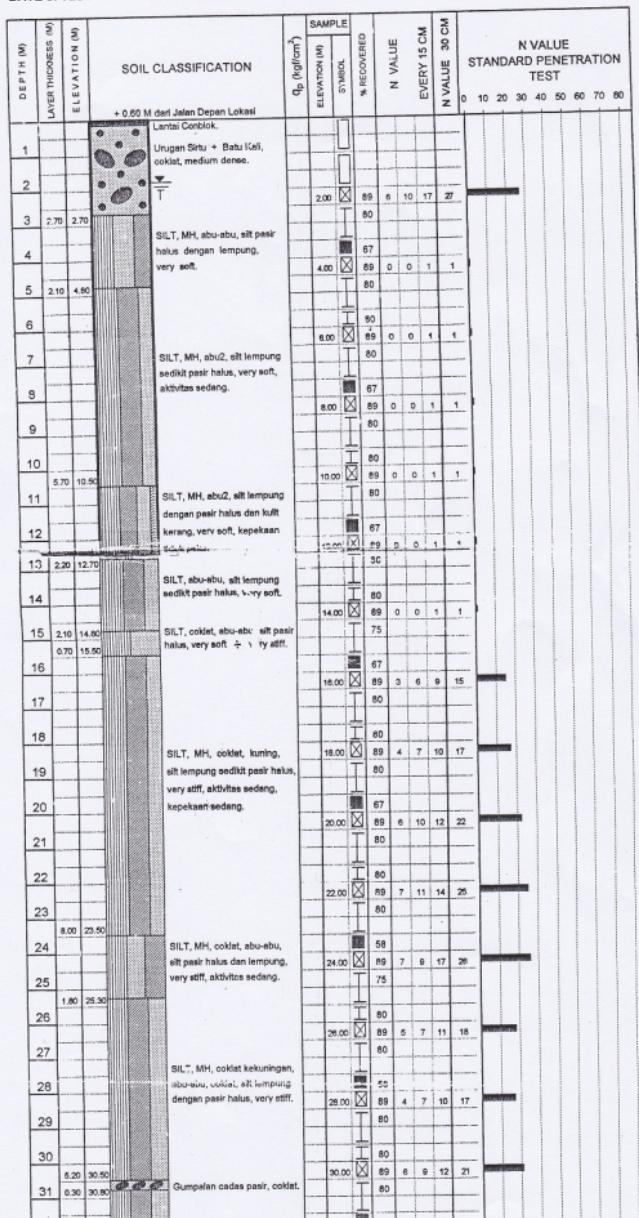
■ UNDISTURBED SAMPLE
 STANDARD PENETRATION TEST
 CORE SAMPLE
 DISTURBED SAMPLE

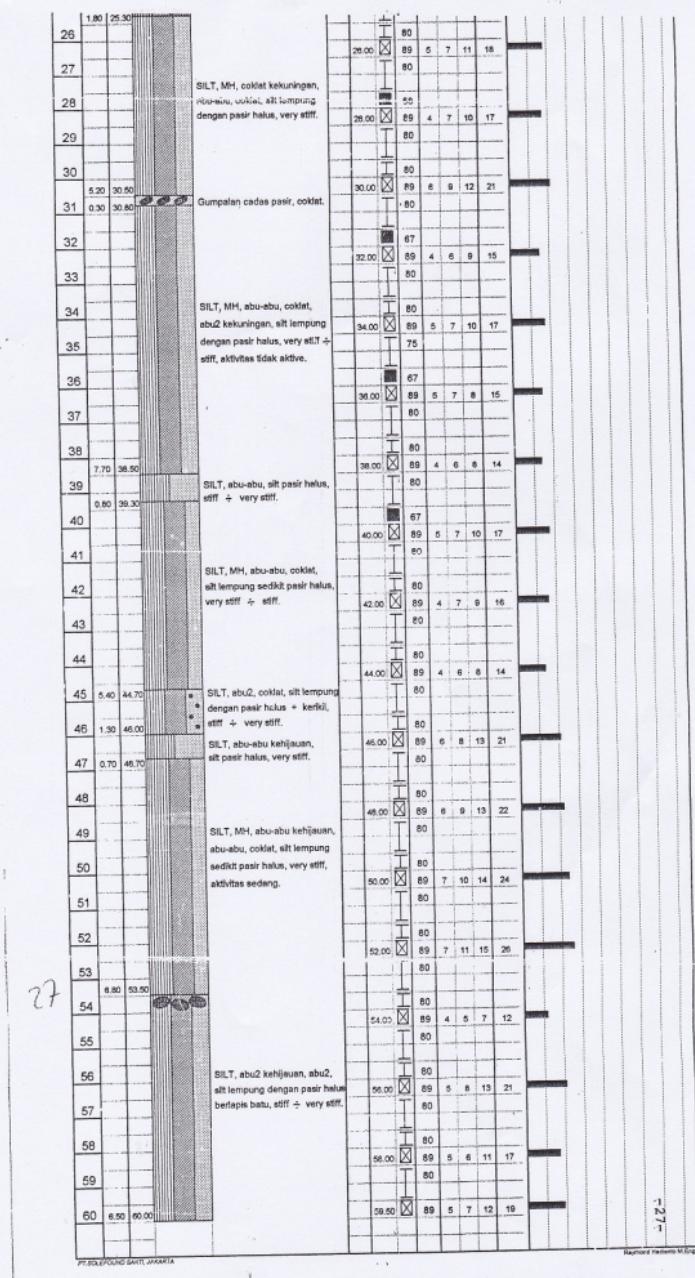
■ SILT
 ■ LUMPUNG
 ■ PASIR
 ■ ORGANIC
 ■ GUMPALAN CADAS
 ■ KERIKIL
 ■ FORAL
 ■ BATU KARANG

■ KULT KERANG
 ■ KARANG
 ■ ORGANIC
 ■ GUMPALAN CADAS
 ■ KERIKIL
 ■ FORAL
 ■ BATU

BORING LOG & SPT DIAGRAM

PROJECT : APARTMENT PURI MAS 14 LANTAI + SEMI BASEMENT
 LOCATION : JL.RUNGKUT MADYA - SURABAYA
 HOLE : DB IV
 DATE OF TEST : 03 - 09 AGUSTUS 2010





LIST OF RESULTS OF LABORATORY TESTING

PROJECT : "APARTMENT PURI MAS" - JL. RUNGKUT MADYA - SURABAYA

-29-

BORING			INDEX PROPERTIES										ENGINEERING PROPERTIES										
			G _s	γ_m (ton/m^3)	e	S _r (%)	W _H (%)	ANALYSIS CONSISTENCY						Swelling Potential	Swelling Pressure	COMPRESSIBILITY			SHEARING STRENGTH				
NO.	ELEVATION (M)	TYPE OF SOIL						SIEVE (%)	HIDRO (%)	W _L (%)	P.I. (%)	L.I	W _S (%)	Activity	SP (%)	G_{sp} (kg/cm^2)	C _c C _e	P _c (kg/cm^2)	O.C.R.	C _c , C _e (kg/cm^2)	ϕ , ϕ' (°)	q _{uu} (kg/cm^2)	S _I
DB I	3.50 - 4.00	SILT ML,coklat,abubu,silt pasir halus dan kulit kerang dengan lempung,very soft, aktivitas aktif	2.716	1.700	1.373	96.04	48.53	-	S=43.7 C=12.0	48.42 '42.24	20.19	1.01	41.78	1.68	<1.50	-	-	-	-	C=0.00 C'=0.00	$\phi = 15.0$ $\phi' = 20.5$	-	-
	7.50 - 8.00	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus, very soft	2.472	1.356	2.870	96.56	112.08	-	-	89.99	47.18	1.47	-	-	-	-	-	-	-	C=0.00 C'=0.00	$\phi = 9.0$ $\phi' = 14.0$	-	-
	11.50 - 12.00	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus dan kulit kerang,very soft, aktivitas tdk aktif, kepekaan sedang	2.480	1.327	3.210	96.80	126.29	-	S=6.0 C=59.0	102.74	42.46	1.53	-	0.72	-	-	-	-	-	-	-	0.34	2.02
	15.50 - 18.00	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus dan kulit kerang,very stiff, kepekaan sedang	2.470	1.330	3.162	96.90	124.06	-	-	101.50	54.06	1.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.40	2.03
	19.50 - 20.00	SILT MH,abubu,silt lempung dengan pasir halus, very stiff, aktivitas tidak aktif	2.579	1.699	1.207	97.08	45.45	-	S=11.6 C=51.7	79.44	37.95	0.10	-	0.73	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88
	23.50 - 24.00	SILT MH,abubu,coklat,silt lempung dengan pasir halus, very stiff	2.546	1.551	1.596	92.66	58.08	-	-	89.16	34.35	0.10	-	-	-	-	0.340 0.034	3.60	2.00	-	-	-	-
	27.50 - 28.50	SILT MH,coklat,abubu,silt lempung dan pasir halus, stiff, aktivitas tidak aktif	2.587	1.606	1.432	92.11	50.99	-	S=22.3 C=36.3	61.26	14.46	0.29	-	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	1.15
	35.50 - 36.50	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus, stiff	2.546	1.713	1.161	98.90	44.72	-	-	85.29	43.30	0.06	-	-	-	-	0.148 0.015	3.70	1.34	-	-	-	-
	41.50 - 42.00	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus,very stiff, aktivitas tidak aktif	2.583	1.540	1.597	89.72	54.85	-	S=5.7 C=65.9	91.45	45.31	0.19	-	0.68	-	-	-	-	-	-	-	-	1.30
	50.50 - 51.50	SILT MH,abubu,kehijauan,silt lempung sedikit pasir halus, very stiff	2.548	1.554	1.581	92.47	57.38	-	-	87.44	41.16	0.27	-	-	-	-	0.228 0.023	3.81	1.00	-	-	-	-

* AFTER 24 HOURS DRIED IN THE OVEN

LIST OF RESULTS OF LABORATORY TESTING

PROJECT : "APARTMENT PURI MAS" - JL. RUNGKUT MADYA - SURABAYA

- 30 -

BORING			INDEX PROPERTIES								ENGINEERING PROPERTIES														
			G_s	γ_m (kg/cm^3)	e	S_c (%)	W_{N} (%)	ANALYSIS CONSISTENCY						Swelling Potential	Swelling Pressure	COMPRESSIBILITY		SHEARING STRENGTH							
NO.	ELEVATION (M)	TYPE OF SOIL						SIEVE (%)	HIDRO	W_L (%)	P.I (%)	L.I	W_{S_1} (%)	Activity	SP (%)	σ_{sp} (kg/cm^2)	C_c C_e	P_c (kg/cm^2)	O.C.R	C_c, C'_c (kg/cm^2)	ϕ, ϕ' (°)	q_{uu} (kg/cm^2)	S_i		
DB II	3.50 - 4.00	SILT MH, abubu, silt pasir halus dan kult kerang dengan lempung, very soft, aktivitas aktif	2.671	1.593	1.578	90.96	53.73	-	S=36.7 C=15.0	60.67 51.48	28.07	0.75	41.25	1.87	1.97	-	-	-	-	C = 0.00 C' = 0.00	$\phi = 9.5$ $\phi' = 14.0$	-	-		
	7.50 - 8.00	SILT MH, abubu, silt lempung sedikit pasir halus, very soft	2.468	1.380	2.649	96.97	104.03	-	-	93.97	46.64	1.22	-	-	-	-	-	-	-	C = 0.00 C' = 0.00	$\phi = 9.0$ $\phi' = 13.5$	-	-		
	11.50 - 12.00	SILT MH, abubu, silt lempung sedikit pasir halus dan kult kerang, very soft, aktivitas sedang, kepekaan tidak peka	2.471	1.393	2.382	94.04	90.65	-	S=4.4 C=55.4	102.19	47.86	0.76	-	0.86	-	-	-	-	-	-	-	0.34	1.78	-	-
	15.50 - 16.00	SILT MH, coklat abubu, silt lempung sedikit pasir halus, very stiff, kepekaan sedang	2.558	1.707	1.156	97.08	43.87	-	-	84.42	45.50	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.17	2.26	-	-
	19.50 - 20.00	SILT MH, coklat abubu, silt lempung dengan pasir halus, very stiff, aktivitas sedang	2.586	1.715	1.167	96.94	43.76	-	S=15.8 C=53.4	87.24	47.14	0.08	-	0.88	-	-	0.149 0.016	3.75	2.17	-	-	-	-	-	-
	23.50 - 24.00	SILT MH, abubu, coklat, silt lempung dengan pasir halus, very stiff	2.572	1.539	1.692	92.84	61.09	-	-	96.87	38.66	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.36	-	-	-
	31.50 - 32.00	SILT MH, abubu, silt lempung sedikit pasir halus dan organik, stiff, aktivitas tidak aktif	2.509	1.614	1.371	96.11	52.63	-	S=3.6 C=70.3	90.68	43.28	0.12	-	0.62	-	-	0.067 0.006	3.65	1.38	-	-	-	-	-	-
	38.50 - 40.00	SILT MH, abubu, silt lempung sedikit pasir halus, stiff	2.510	1.595	1.483	97.83	57.78	-	-	102.20	45.85	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.95	-	-	-
	43.50 - 44.00	SILT MH, abubu, silt lempung sedikit pasir halus, very stiff, aktivitas sedang	2.534	1.554	1.625	95.04	60.93	-	S=3.7 C=55.1	101.53	50.54	0.20	-	0.92	-	-	0.240 0.024	3.49	1.00	-	-	-	-	-	-
	52.50 - 53.50	SILT MH, abubu, kehijauan, silt lempung sedikit pasir halus, very stiff	2.573	1.631	1.272	89.06	44.02	-	-	72.76	30.39	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.38	-	-	-

* AFTER 24 HOURS DRIED IN THE OVEN

LIST OF RESULTS OF LABORATORY TESTING																							
PROJECT : "APARTMENT PURIMAS " - JL. RUNGKUT MADYA - SURABAYA																							
BORING		INDEX PROPERTIES										ENGINEERING PROPERTIES											
		G _s	γ _m (kN/m ³)	e	S _r (%)	w _N (%)	ANALYSIS CONSISTENCY						Swelling Potential	Swelling Pressure	COMPRESSIBILITY	SHEARING STRENGTH							
NO.	ELEVATION (M)	TYPE OF SOIL					SIEVE (%)	HIDRO (%)	W _L (%)	P.J. (%)	L.I	W _S (%)	Activity	SP (%)	σ _{sp} (kg/cm ²)	C _c C _e	P _c (kg/cm ²)	O.C.R	C, C' (kg/cm ²)	φ, φ' (°)	q _{ult} (kg/cm ²)	S _t	
DB III	3.50 - 4.00	SILT ML, abubu,silt pasir halus dengan lempung, very soft, aktivitas aktif	2.689	1.614	1.499	89.70	50.02	—	S=42.0 C=12.1	43.49 39.22	15.49	1.42	36.16	1.28	<1.50	—	—	—	C =0.00 C'=0.00	φ = 10.0 φ'=14.5	—	—	
	7.50 - 8.00	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus, very soft	2.480	1.349	2.902	95.99	112.34	—	—	100.19	49.19	1.25	—	—	—	—	—	—	C =0.00 C'=0.00	φ = 10.0 φ'=14.5	—	—	
	11.50 - 12.00	SILT MH,abubu,silt lempung sedikit pasir halus dan kuit kerang,very soft, aktivitas sedang, kepekaan tdk peka	2.492	1.421	2.523	99.63	100.87	—	S=4.2 C=48.5	98.34	52.92	1.05	—	1.09	—	—	—	—	—	—	—	0.34	1.82
	15.50 - 16.00	SILT ML,abubu,silt pasir halus dan kuit kerang dengan lempung,very stiff, kepekaan tidak peka	2.640	1.567	1.756	95.61	63.61	—	—	46.27	15.79	2.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24	1.63
	19.50 - 20.00	SILT MH,coklat,kekuningan, abubu silt lempung dengan pasir halus,very stiff, aktivitas tidak aktif	2.564	1.712	1.153	97.36	43.78	—	S=16.1 C=47.1	72.24	32.31	0.12	—	0.69	—	—	—	—	—	—	—	—	0.70
	23.50 - 24.00	SILT MH,abubu,coklat kekuningan silt lempung dengan pasir halus, very stiff	2.522	1.545	1.582	92.78	58.20	—	—	100.15	45.81	0.08	—	—	—	—	0.300 0.030	3.40	1.88	—	—	—	2.80
	27.50 - 28.00	SILT MH,coklat,kekuningan,silt lemp. dengan pasir halus, very stiff,aktivitas sedang	2.526	1.663	1.187	93.50	43.94	—	S=13.3 C=51.1	92.22	51.50	0.06	—	1.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	31.50 - 32.00	SILT MH,coklat,kekuningan, silt lemp. dengan pasir halus, very stiff	2.566	1.659	1.200	90.33	42.24	—	—	68.31	29.43	0.11	—	—	—	—	0.150 0.016	3.50	1.44	—	—	—	—
	39.50 - 40.00	SILT MH,abubu,coklat,silt lempung sedikit pasir halus, very stiff,aktivitas sedang	2.479	1.659	1.203	97.76	47.43	—	S=6.6 C=63.9	102.51	58.08	0.06	—	0.91	—	—	—	—	—	—	—	0.79	—
	50.50 - 51.50	SILT MH,abubu,coklat silt lempung sedikit pasir halus, very stiff	2.557	1.590	1.473	93.39	53.80	—	—	92.05	46.58	0.18	—	—	—	—	0.168 0.017	3.80	1.00	—	—	—	—

* AFTER 24 HOURS DRIED IN THE OVEN

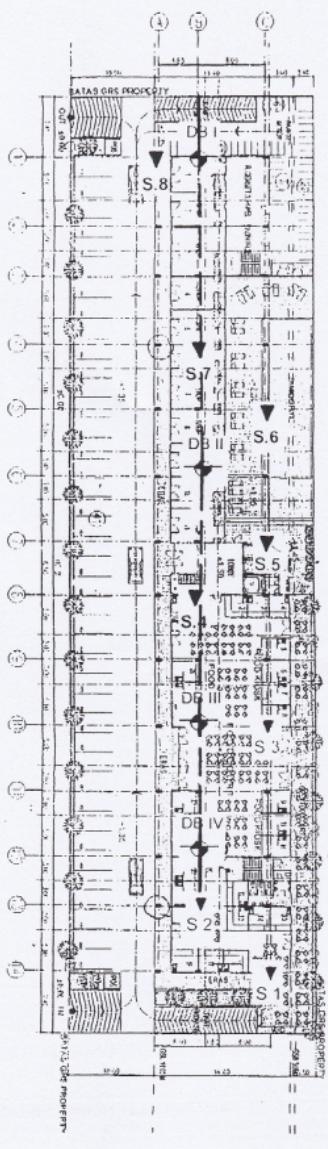
LIST OF RESULTS OF LABORATORY TESTING

PROJECT : "APARTMENT PURI MAS " - JL. RUNGKUT MADYA - SURABAYA

- 32 -

BORING		INDEX PROPERTIES										ENGINEERING PROPERTIES											
		G _s	γ_m (kg/m^3)	e	S _r (%)	W _N (%)	ANALYSIS CONSISTENCY						Swelling Potential	Swelling Pressure	COMPRESSIBILITY			SHEARING STRENGTH					
NO.	ELEVATION (M)						SIEVE (%)	HIDRO	W _L (%)	P.I.	L.I.	W _G (%)	Activity	SP (%)	σ_{sp} (kilobar)	C _c C _e	P _c (kilobar)	O.C.R.	C _c , C' (kg/cm^2)	ϕ , ϕ' ($^\circ$)	Q _{cu} (kilobar)	S _I	
DB IV	3.50 - 4.00	2.556	1.452	2.103	92.80	76.38	-	-	82.40	38.10	0.84	25.25	-	-	-	-	-	C = 0.00	$\phi = 7.5$	-	-		
	7.50 - 8.00	2.498	1.347	3.061	97.16	113.08	-	S=4.5 C=52.1	91.22	39.47	1.71	-	0.76	16.83	-	-	-	C = 0.00	$\phi = 8.5$	C' = 0.00	$\phi' = 11.0$		
	11.50 - 12.00	2.569	1.537	1.756	94.94	64.88	-	-	90.60	45.92	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	1.59	
	15.50 - 18.00	2.528	1.665	1.181	93.41	43.64	-	S=7.0 C=62.9	96.20	54.10	0.03	-	0.86	-	-	-	-	-	-	-	-	2.79	2.93
	19.50 - 20.00	2.549	1.683	1.199	95.96	45.13	-	-	90.62	50.75	0.10	-	-	-	-	0.103 0.011	3.35	2.18	-	-	-	-	
	23.50 - 24.00	2.569	1.717	1.148	97.46	43.56	-	S=30.6 C=24.6	67.38	19.16	0.28	-	0.78	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	-
	27.50 - 28.00	2.649	1.629	1.332	86.30	43.40	-	-	56.01	19.70	0.36	-	-	-	-	0.208 0.021	3.25	1.51	-	-	-	-	
	31.50 - 32.00	2.504	1.627	1.345	97.45	52.34	-	S=11.0 C=57.1	88.46	41.30	0.17	-	0.72	-	-	-	-	-	-	-	-	1.55	-
	39.50 - 40.00	2.495	1.697	1.130	99.12	44.89	-	-	103.78	56.58	-0.04	-	-	-	-	0.173 0.016	3.80	1.22	-	-	-	-	
	48.50 - 49.50	2.500	1.645	1.291	98.36	50.80	-	S=4.2 C=60.2	103.26	49.01	-0.07	-	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	0.98	-

* AFTER 24 HOURS DRIED IN THE OVEN



GAMBAR
SITUASI :

PROYEK :
APARTMENT PURI MAS
14 LANTAI + SEMI BASEMENT

LEGENDA :

▼ : TITIK SONDIR (S)
+ : TITIK BOR DALAM (DB)

LOKASI :

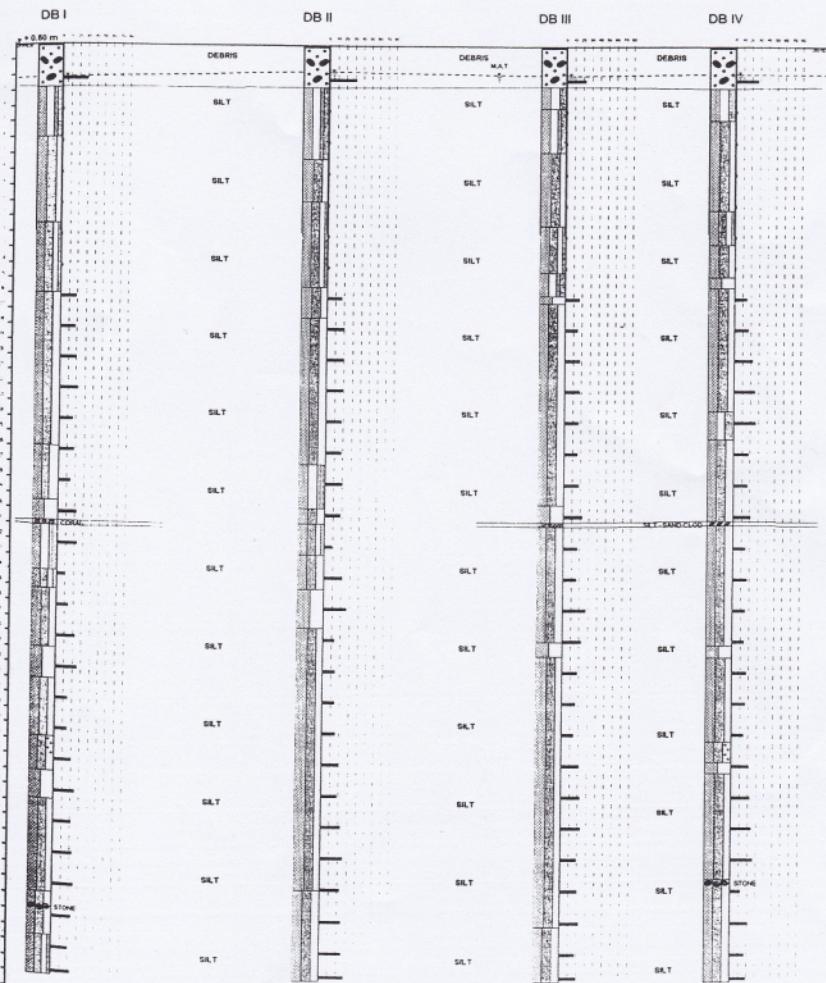
JL.RUNGKUT MADYA
SURABAYA



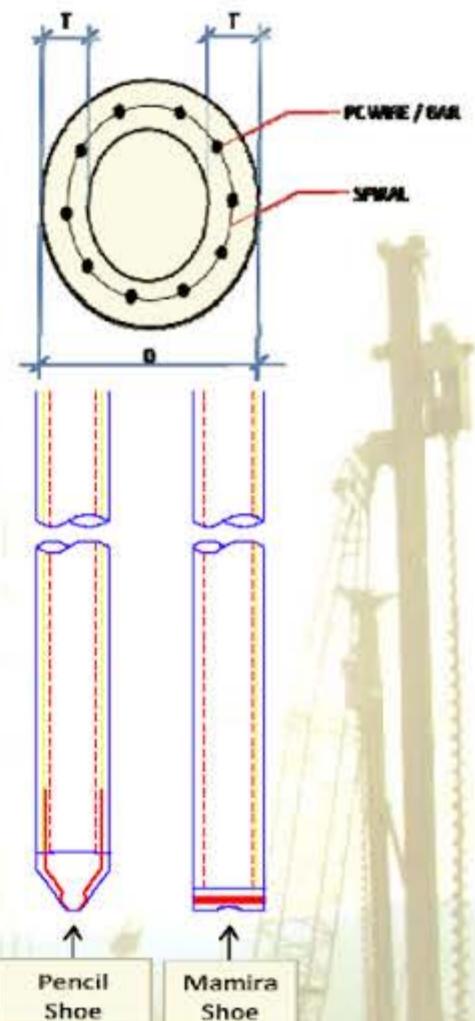
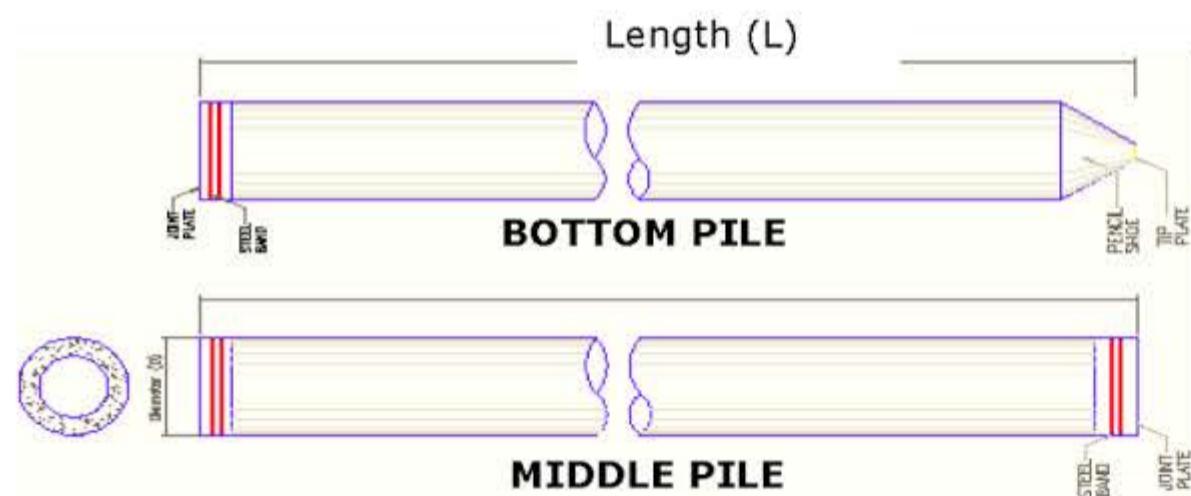
p.t. BOLEFOUND SAKTI
soil mechanics and engineering consultant
JAKARTA

GEOLOGICAL PROFILE

PROJECT : APARTMENT PURI MAS 14 LANTAI + SEMI BASEMENT
LOCATION : JL RUNGKUT MADYA - SURABAYA
SECTION : I-I



Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Ageng Bima Pratama
NRP	: 3112100038
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen Purimas Kota Surabaya Menggunakan Metode Flat Slab
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 019555

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9/3	<ul style="list-style-type: none"> - Pengantar dari Bu Triwulan - Penyampaian mencari & membaca Jurnal terkait (Internasional) 	<ul style="list-style-type: none"> - Penyampaian Jurnal - Preliminary Desain 	JK
2.	28/4	<ul style="list-style-type: none"> - Preliminary desain - Jurnal - Gambar denah - struktur sekunder tangga 	<ul style="list-style-type: none"> - struktur sekunder 	JK
3.	10/5	<ul style="list-style-type: none"> - struktur sekunder tangga 	<ul style="list-style-type: none"> - perbaikan gambar tangga - perbaikan gambar (notasi) - perbaikan hitungan - lift & ramp - perbaikan gambar lift - ramp - perbaikan gambar ramp - penambahan denah lift 	JK
4.	19/5	<ul style="list-style-type: none"> - struktur sekunder lift 	<ul style="list-style-type: none"> - lift & ramp - perbaikan gambar lift - ramp - perbaikan gambar ramp - penambahan denah lift 	JK
5.	29/5	<ul style="list-style-type: none"> - struktur sekunder ramp dan lift (perbaikan) 	<ul style="list-style-type: none"> - struktur utama - perbaikan laporan permidelan struktur 	JK
6.	15/6	<ul style="list-style-type: none"> - Permodelan struktur 	<ul style="list-style-type: none"> - perbaikan struktur sekunder - perbaikan gambar 	JK
7.	16/6	<ul style="list-style-type: none"> - struktur sekunder ramp, lift, tangga 	<ul style="list-style-type: none"> - struktur utama - perbaikan ramp 	JK
8.	20/6	<ul style="list-style-type: none"> - perbaikan struktur ramp - Gambar batik menjangkau ramp - perbaikan hitungan ramp 	<ul style="list-style-type: none"> - perbaikan ramp - struktur utama : pembekalan 	JK
9.	10/7	<ul style="list-style-type: none"> - perbaikan gambar ramp - perhitungan ramp 		JK



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Ageng Bima Pratama
NRP	: 3112100038
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen Purimasa Kota Surabaya Menggunakan Metode Flat Slab
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 014555

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
10	25/10	- Gambar dan perhitungan Famp - pembekalan struktur utama	- gaya-gaya dalam struktur utama	✓
11.	15/11	- Perbaikan Hitungan Famp - kontrol Permodelan struktur - Output program ETABS	- perbaikan input pembekalan - gambar tulangan Famp - output program ETABS	✓
12.	17/11	- Gambar Ramp - pembekalan	- perbaikan gambar Famp - struktur utama	✓✓
13.	22/11	- Gambar Ramp - pembekalan Pelat	- perbaikan tulangan Famp - Gaya dalam Plat - Gambar tulangan Plat - hitungan struktur utama	✓✓
14	30/11	- Gambar ramp - Gambar pelat	- hitungan struktur utama	✓✓
15	6/12	- Gambar balok - hitungan strukturnya Balok tepi dan gaya dalamnya	- Gaya dalam momen pelat - simpangan balok	✓✓
16	8/12	- Gaya dalam momen pelat - tidak memakai balok (konsultasi dengan Dr. Erchki)	- Perhitungan dan gesekan pekt dan drop panel	✓✓
17	19/12	- pelat (perhitungan dan gambar)	- Drop panel	✓✓
18.	20/12	- Drop panel	- Teori tentang momen (+) dan (-) dalam struktur - Teori mekanika - perbaikan gambar	✓✓



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan , DEA
NAMA MAHASISWA	: Ageng Bima Pratama
NRP	: 3112100038
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen Purimars Kota Surabaya Menggunakan Metode Flat Slab
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 014555

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
13.	27/1/17	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaikan minggu lalu (teori momen (+) dan (-)) - Drop Panel 	<ul style="list-style-type: none"> - referensi gambar drop panel di kolom - struktur kolom 	Y/



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Ageng Bimapratama
NRP	: 3112100038
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen Purimas Kota Surabaya Menggunakan Metode Flat slab
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 014555

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	19/4	- Pengantar dari Bu Endah - Preliminary Design	- Perbaikan Preliminary Design	ES
2.	21/4	- Perbaikan Preliminary Design - Perbaikan gambar	- struktur sekunder	ES
3.	28/4	- Sistem struktur - Pengantar struktur sekunder	- struktur sekunder	ES
4.	10/5	- Pengantar shear wall - struktur sekunder	- permodelan struktur	ES
5.	6/6	- permodelan struktur	-	ES
6.	7/6	- permodelan struktur - posisi shear wall (kekakuan struktur)	- Laporan permodelan struktur	ES
7.	12/6	- Laporan permodelan struktur	- Struktur Utama	ES
8.	15/6	- Struktur Utama	- Pondasi - gambar	ES
9.	18/6	- Pengantar untuk permodelan struktur		
10.	22/6	- Pengantar untuk struktur utama		
11.	1/7			

BIODATA PENULIS



Ageng Bimapratama lahir pada tanggal 18 Januari 1995 di Surabaya, Jawa Timur. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Sidodadi II Taman, SMP Negeri 1 Taman, dan SMA Negeri 1 Sidoarjo, penulis melanjutkan pendidikan di S1 Jurusan Teknik Sipil FTSLK Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100038.

Penulis sempat aktif di organisasi kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS) dan Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) ITS . Penulis juga pernah mengikuti beberapa lomba karya tulis dan yang terdanai oleh DIKTI.

Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: agengbimapratama.41@gmail.com