



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ALIMAR SURABAYA DENGAN SISTEM GANDA

IKA KURNIA SARI
NRP 3113 041 017

Dosen Pembimbing
Nur Achmad Husin, S.T., M.T.
NIP 19720115 199802 1 001

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ALIMAR SURABAYA DENGAN SISTEM GANDA

**IKA KURNIA SARI
NRP 3113 041 017**

**Dosen Pembimbing
Nur Achmad Husin, S.T., M.T
NIP 19720115 199802 1 001**

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



FINAL PROJECT - RC146599

BUILDING DESIGN STRUCTURE OF ALIMAR HOTEL SURABAYA USING DUAL SYSTEM

**IKA KURNIA SARI
NRP 3113 041 017**

**Supervisor
Nur Achmad Husin, S.T., M.T
NIP 19720115 199802 1 001**

**DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ALIMAR
SURABAYA DENGAN SISTEM GANDA

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur
Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 31 Juli 2017

Oleh :
MAHASISWA



IKA KURNIA SARI
NRP. 3113 041 017

DOSEN PEMBIMBING



31 JUL 2017

31/7/2017

Nur Achmad Husin, S.T.,M.T.
NIP. 19720115 199802 1 001



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

No. Agenda :
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/18/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Analisis Sistem Desain Struktur Gedung Hotel Alimar Surabaya dengan Sistem Banda Jarak - Desain 9/18		
Nama Mahasiswa	Ika Kurnia Sari	NRP	3113041017
Dosen Pembimbing 1	Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> - Koreksi judul - Koreksi abstrak - Tujuan dan kesimpulan - Pengantar Bab 3 - Tabel 4.3 & 2.2 - Bab 3.4.15 → judul & metodologi - Koreksi abstrak - Gambar 17/67 ts bangunan - Hubungan balok & shear wall 	 Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002
*) lihat lampiran	 Ir. Murnarus Suluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003
	NIP -
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	Ir. Murnarus Suluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	NIP -

* Standar gambar mahasiswa lampiran

- Dimensi & kode prach

1) judul → bagus.

2) abstrak → metodologi

- Abstract.

3) Optimasi elemen.

4) Penelitian atau perencanaan.

5) %

6) Latar belakang kenapa dual system, & metode.
penelitian variasi x dimensi. Alami real.

7) kesimpulannya jawaban.

8) Bab III → diberi gambar, flow chart
- tip? gambar diberi balok payelas

9) Tabel 4.3 & Tabel 2.2. → double.

10) Minto file

11) Bab 3, 4, 5 → Bab III Metodologi

- Bab IV pembelajaran.

- permodelan Struktur Bab V double

- Bab III Metodologi

} digabung & di susun.
& tidak fejindri double
informasi.

12) Bab IV Perluhaya Struktur sekunder : type of struktur utama.

13) V " " Utama

14) Soal jndi masalah of studi beberapa alternatif shear
wall of. try & error → Optimis.

15) Check SAP



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 IKA KURNIA SARI 2
NRP : 1 3113041017 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ALIMAR SURABAYA
Dosen Pembimbing : NUR ACHMAD HUSAIN, ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	16-02-2017	Kontrol disetujui dengan SNI, Format penyajian kontrol lebih di perjelas, Membaca SNI kembali	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	23-02-2017	Divide mesh harus sama besar dan lurus setiap plat, Balok utama dari kolom ke kolom.	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2-03-2017	Mengulang SAP dari awal, gaya geser melihat di hasil SAP	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	9-03-2017	Check displacement z pada kolom, pit lift, mencari reduksi beban hidup berlaku saat gempa / gravitasi	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	23-03-2017	Membuat report 12 lantai dari dimensi eksisting, dimensi eksisting dan shearwall, pembesaran dimensi eksisting, mencari peraturun kontrol periode shearwall, mencari batas panti bangunan	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	30-03-2017	Membuat report semua kemungkinan penempatan shearwall dan mengecek kontrol semuanya, mencari masalah periode	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ika Kurnia Sari 2
 NRP : 1 3113041017 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
7	06 - 04 - 2017	Mencari apakah 25% diserap SAPM harus arah x,y; Melinat gaya pada element tdk pada join, membaca peraturan FEMA utk periode	<i>Jurab-</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	21 - 04 - 2017	Tulangan tdk dihitung dgn cracked krn pada saat geser beton sudah diangggp hancur	<i>Jurab-</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	27 - 04 - 2017	Dihitung dan dibandingkan antara crack dan uncrack apakah masuk akal atau tdk, tidak dijepit kolom diatas balok, tangga dibuat melayang sehingga tdk menyentuh shearwall	<i>Jurab-</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10.	5-5 - 2017	Tangga & balok anak menggunakan kombinasi gempa. Soudi praktis terjadi pada hubungan balok & kolom sehingga balok anak tdk menggunakan geser SAPMK. kekakuan pd plat&dinding biasanya tdk diperhitungkan.	<i>Jurab-</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11.	18-5 - 2017	Balok lift sebaiknya baja, audisa balok dekat shearwall yg momennya besar, kekakuan bangunan	<i>Jurab-</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

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



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 IKA KURNIA SAFI 2
 NRP : 1 203 091617 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
12.	2-06-2017	Kolom utama direbelah shearwall maka ditung menyatu menjadi boundary element, balokan menyatu dan permodelan jadi satu. Permodelan sw tdk dipisah-pisah	<i>Ika Kurnia Safi</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	19-06-2017	Permodelan dipisah sw dan kolom joint tdk menyatu sehingga perhitungan gambar dipisah. Kolom per segi panjang ditinjau 2 arah manual, tapi tulangan langsung cek spcol. Cek kembali global Cumbu x, y bangunan.	<i>Ika Kurnia Safi</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ALIMAR SURABAYA DENGAN SISTEM GANDA

Nama Mahasiswa : Ika Kurnia Sari
NRP : 3113041017
Jurusan :D4 Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi ITS
Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin, ST, MT

ABSTRAK

Hotel Alimar merupakan bangunan yang terletak di Kota Surabaya. Berdasarkan nilai SPT pada lokasi bangunan, Hotel Alimar Surabaya merupakan gedung yang dibangun diatas tanah lunak (SE) dan dikenakan ke dalam KDS D. Oleh sebab itu, Hotel Alimar harus direncanakan dengan sistem struktur penahan beban lateral khusus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21. Gedung Hotel Alimar dimodifikasi dari 8 lantai menjadi 12 lantai. Struktur Hotel Alimar dimodifikasi dari Sistem Rangka Pemikul Momen menjadi sistem ganda yaitu rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan pemikul beban lateral berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser (*Shearwall*). Beban lateral yang dipikul bersama-sama oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser menyebabkan beban lateral yang terjadi pada balok kolom lebih kecil.

Proses penentuan letak *shearwall* dilakukan dengan *trial and error* dan dilakukan pengecekan kontrol dinamis serta kontrol sistem ganda sesuai dengan SNI 03-1726-2012 hingga mendapatkan letak *shearwall* yang paling efektif.

Hasil perhitungan didapatkan empat tipe *shearwall* dengan ketebalan 300 mm pada arah x dan y yang terletak pada ujung dan tepi bangunan. Persen beban lateral yang diserap oleh *Shearwall* pada Gedung Hotel Alimar Surabaya yaitu sebesar 47,44% untuk arah x dan 74,85% untuk arah y.

Kata kunci: Bangunan Gedung, Sistem Ganda, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), *Shearwall*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BUILDING DESIGN STRUCTURE OF ALIMAR HOTEL SURABAYA USING DUAL SYSTEM

Name : Ika Kurnia Sari
NRP : 3113041017
Department :D4 Civil Infrastructure
Engineering
Faculty of Vocation ITS
Supervisor : Nur Achmad Husin, S.T., M.T.

ABSTRACT

Alimar Hotel is a building located in Surabaya City. Based on the SPT value at the building site, Alimar Hotel Surabaya is a building built on soft soil (SE) and subjected to seismic category design D. Therefore, Alimar Hotel should be planned with the special lateral load structural frame system based on SNI 2847-2013 section 21. The Alimar Hotel is modified from eight floors become twelve floors. Alimar structure is modified from moment resisting frame system become the dual system which was a complete gravity load bearing frame and a lateral load bearing in the form of special moment resisting frame system with a shearwall. The lateral loads that hold together by the moment bearing frame system and shearwall caused the lateral load that happened on the column and beams smaller.

The location of shearwall was chosen by trial and error then checking dynamic control as well as dual system control based on SNI 03-1726-2012 until got the most effective location of shearwall.

The result of calculations was four types of shearwall with 300mm thickness at x and y directions at the tip and edge of the building. Percentage of lateral system reserved by shearwall was 47,44% for x direction and 74,85% for y direction.

Key words: *Building, Dual System, Special Moment Resisting Frame System, Shearwall*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Desain Struktur Gedung Hotel Alimar Surabaya*”.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua yang telah memberi dukungan, baik secara moril materiil yang tak terhingga sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Nur Achmad Husin, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak terkait yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya penyusunan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perencanaan gempa rencana	5
2.1.1 Faktor keutamaan dan kategori resiko	5
2.1.2 Parameter percepatan terpetakan.....	6
2.1.3 Definisi kelas situs	7
2.1.4 Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER).....	8
2.1.5 Parameter percepatan spektral desain	8
2.1.6 Menentukan Spektrum respons Desain	9
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)..	10
3.2.1 Balok	11
3.2.2 Kolom.....	13
3.2.3 Joint rangka momen khusus.....	14
2.3 Sistem dinding struktural (SDS).....	15

2.3.1	Perencanaan dimensi <i>Shearwall</i>	16
2.3.2	Penulangan.....	16
2.3.3	Kekuatan geser.....	16
2.4	Sistem ganda	17
BAB III METODOLOGI		19
3.1	Pengumpulan Data dan Studi Literatur	20
3.2	Analisa Pembebanan.....	22
3.2.1	Beban gravitasi.....	22
3.2.2	Beban gempa (earthquake load).....	23
3.2.3	Beban angin	28
3.2.4	Kombinasi pembebanan	29
3.3	Permodelan Struktur	30
3.3.1	Kombinasi Pembebanan.....	30
3.3.2	Besaran Massa.....	31
3.3.3	Respons Spektrum	32
3.3.4	Arah Pembebanan.....	33
3.3.5	Pendefinisian Modal Analisis	34
3.3.6	Pemodelan dan Analisa Struktur 8 Lantai SRPM ..	34
3.3.7	Pemodelan Struktur 12 Lantai SRPM.....	43
3.3.8	Permodelan Struktur 12 Lantai Sistem Ganda	52
3.4	Analisa Gaya Dalam Struktur	62
3.5	Perhitungan Struktur Sekunder	62
3.6	Perhitungan Penulangan Struktur Primer	64
3.7	Cek Persyaratan Desain.....	66
3.8	Penggambaran Hasil Perencanaan.....	66
3.9	Metode Pelaksanaan	66

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	67
4.1 Perencanaan pelat	67
4.1.1 Pelat lantai	67
4.1.2 Pembebanan pelat lantai	67
4.1.3 Perhitungan tulangan pelat lantai	67
4.2 Perencanaan balok anak	73
4.2.1 Penulangan torsi balok	74
4.2.2 Penulangan lentur balok	78
4.2.3 Penulangan geser balok	87
4.3 Perencanaan Balok Lift	92
4.3.1 Penulangan torsi balok	95
4.3.2 Penulangan lentur tumpuan.....	99
4.3.3 Penulangan lentur lapangan	103
4.3.4 Penulangan geser balok	107
4.4 Tangga	111
4.4.1 Perencanaan tangga.....	111
4.4.2 Penulangan pelat bordes	113
4.4.3 Penulangan pelat tangga	115
4.4.4 Perencanaan balok bordes.....	119
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....	135
5.1 Perencanaan Balok.....	135
5.1.1 Penulangan torsi balok	136
5.1.2 Penulangan lentur balok	140
5.1.3 Penulangan geser balok	149
5.2 Perencanaan kolom	155
5.2.1 Penulangan lentur kolom.....	156

5.2.2	Penulangan geser kolom.....	157
5.3	Joint balok kolom	161
5.4	Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	163
BAB VI METODE PELAKSANAAN <i>SHEARWALL</i>		171
BAB VII PENUTUP.....		179
7.1	Kesimpulan.....	179
7.2	Saran.....	179
DAFTAR PUSTAKA.....		181
DAFTAR LAMPIRAN.....		183

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.....	6
Gambar 2. 2 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.....	7
Gambar 2. 3 Spektrum respons desain	9
Gambar 2. 4 Persyaratan Tulangan Lentur Balok	11
Gambar 2. 5 Tulangan Transversal Balok	11
Gambar 2. 6 Gaya Geser Balok SRPMK	12
Gambar 2. 7 Persyaratan kekangan untuk sengkang tertutup persegi	13
Gambar 2. 8 Gaya Geser Kolom SRPMK.....	14
Gambar 2. 9 Luas Joint Efektif	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir	20
Gambar 3. 2 Ss dan S1 Surabaya pada Peta Gempa Hazard Indonesia 2010	24
Gambar 3. 3 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya	27
Gambar 3. 4 Kombinasi Pembebanan.....	31
Gambar 3. 5 Input Form Mass Source pada SAP 2000 v14	32
Gambar 3. 6 Grafik Respon Spektrum pada SAP2000	33
Gambar 3. 7 Form Input untuk Analisa Modal SAP 2000	34
Gambar 3. 8 Model 3 Dimensi 8 Lantai Struktur Hotel Alimar ..	35
Gambar 3. 9 Faktor Skala Gaya Arah X.....	36
Gambar 3. 10 Faktor Skala Gaya Arah Y.....	37
Gambar 3. 11 Model 3 Dimensi SRPM 12 Lantai Struktur Hotel Alimar	43
Gambar 3. 12 Faktor Skala Gaya Arah X.....	44
Gambar 3. 13 Faktor Skala Gaya Arah Y.....	45

Gambar 3. 14 Model 3 Dimensi 12 Lantai Sistem Ganda Struktur Hotel Alimar Surabaya.....	52
Gambar 3. 15 Faktor Skala Gaya Arah X.....	53
Gambar 3. 16 Faktor Skala Gaya Arah Y.....	54
Gambar 3. 17 Denah Shearwall	62
Gambar 3. 18 Diagram Alir Perhitungan Plat.....	63
Gambar 3. 19 Diagram Alir Perhitungan Balok.....	64
Gambar 3. 20 Diagram Alir Perhitungan Kolom	65
Gambar 4. 1 Plat tipe C.....	67
Gambar 4. 2 Balok Anak yang Ditinjau	73
Gambar 4. 3 Hasil Output SAP Gaya Aksial Balok Anak	74
Gambar 4. 4 Hasil Output SAP Gaya Geser Balok Anak	74
Gambar 4. 5 Hasil Output SAP Torsi Balok Anak.....	74
Gambar 4. 6 Hasil Output SAP Momen Balok Anak.....	78
Gambar 4. 7 Hasil Output SAP Gaya Geser 1,2D + 1,0L Balok Anak.....	88
Gambar 4. 8 Hasil Penulangan Balok Anak BA4	91
Gambar 4. 9 Denah Lift	92
Gambar 4. 10 Potongan Melintang Lift	93
Gambar 4. 11 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	94
Gambar 4. 12 Hasil Output SAP Aksial Balok Lift.....	95
Gambar 4. 13 Hasil Output SAP Geser Balok Lift.....	95
Gambar 4. 14 Hasil Output SAP Torsi Balok Lift	95
Gambar 4. 15 Hasil Output SAP Gaya Geser 1,2D + 1,0L Balok Lift	108
Gambar 4. 16 Hasil Penulangan Balok Lift	111
Gambar 4. 17 Tangga.....	112
Gambar 4. 18 Hasil Penulangan Plat Tangga	119
Gambar 4. 19 Hasil Output SAP Geser Balok Bordes.....	120
Gambar 4. 20 Hasil Output SAP Torsi Balok Bordes	120

Gambar 4. 21 Hasil Output SAP Gaya Geser 1,2D + 1,0L Balok Lift	132
Gambar 4. 22 Hasil Penulangan Balok Bordes	134
Gambar 5. 1 Balok Induk yang Ditinjau	135
Gambar 5. 2 Hasil Output SAP Aksial Balok	135
Gambar 5. 3 Hasil Output SAP Geser Balok	136
Gambar 5. 4 Hasil Output SAP Gaya Torsi Balok	136
Gambar 5. 5 Hasil Output SAP Momen Balok	140
Gambar 5. 6 Hasil Output SAP Geser Balok 1,2D + 1,0L	150
Gambar 5. 7 Hasil Penulangan Balok Induk B3.....	153
Gambar 5. 8 Konfigurasi penulangan balok B3	154
Gambar 5. 9 Diagram Interaksi Kolom	156
Gambar 5. 10 Hasil Penulangan Kolom K2.....	161
Gambar 5. 11 Dinding Geser yang Ditinjau	163
Gambar 5. 12 Diagram Interaksi Dinding Struktural.....	166
Gambar 5. 13 Hasil Control Points dari Program pcaColumn	167
Gambar 5. 14 Penulangan SW 1.....	170
Gambar 6. 1 Diagram Alir Pekerjaan Shearwall	171
Gambar 6. 2 Denah Shearwall.....	172
Gambar 6. 3 Gambar Tulangan Shearwall.....	173
Gambar 6. 4 Pengangkutan Tulangan Shearwall yang Telah Dirakit	173
Gambar 6. 5 Tulangan Shearwall Terpasang	174
Gambar 6. 6 Decking Beton pada Shearwall	174
Gambar 6. 7 Pemasangan Sepatu Shearwall.....	175
Gambar 6. 8 Bekisting Shearwall	175
Gambar 6. 9 Pengecoran Shearwall	176
Gambar 6. 10 Shearwall yang Telah Dicor.....	177
Gambar 6. 11 Pelepasan Bekisting	178

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor keutamaan gempa	6
Tabel 2. 2 Klasifikasi situs	7
Tabel 3. 1 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT	24
Tabel 3. 2 Koefisien Situs, F_a	25
Tabel 3. 3 Koefisien Situs, F_v	26
Tabel 3. 4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek.....	26
Tabel 3. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik	27
Tabel 3. 6 Rasio Partisipasi Massa Hotel Alimar Surabaya	38
Tabel 3. 7 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	39
Tabel 3. 8 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda Yang Dihitung	40
Tabel 3. 9 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	41
Tabel 3. 10 Simpangan Sumbu x	42
Tabel 3. 11 Simpangan Sumbu y	42
Tabel 3. 12 Rasio Partisipasi Massa Hotel Alimar Surabaya.....	46
Tabel 3. 13 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	47
Tabel 3. 14 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung	48
Tabel 3. 15 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	49
Tabel 3. 16 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	50
Tabel 3. 17 Simpangan Sumbu x	51
Tabel 3. 18 Simpangan Sumbu y	51
Tabel 3. 19 Rasio Partisipasi Massa Hotel Alimar Surabaya.....	55
Tabel 3. 20 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	56
Tabel 3. 21 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung	57
Tabel 3. 22 Koefisien untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung	57

Tabel 3. 23 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	59
Tabel 3. 24 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	59
Tabel 3. 25 Simpangan Sumbu x.....	61
Tabel 3. 26 Simpangan Sumbu y.....	61
Tabel 3. 27 Distribusi Penahan Gaya Gempa.....	62
Tabel 4. 1 Penulangan Plat Lantai.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan bangunan beton bertulang tahan gempa di Indonesia menggunakan acuan yaitu SNI Gempa (SNI 1726:2012) dan SNI Beton (SNI 2847:2013). Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21, detailing struktur bangunan dibedakan berdasarkan KDS yang dikenakan pada struktur bangunan. Kategori Desain Seismik (KDS) adalah klasifikasi yang ditetapkan untuk struktur berdasarkan pada kategori huniannya dan keparahan pergerakan tanah gempa rencana di lokasi, sebagaimana didefinisikan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal. Gedung Hotel Alimar Surabaya dikenakan ke dalam KDS D berdasarkan nilai SPT nya. Menurut SNI 2847:2013, struktur bangunan beton bertulang yang dikenakan Kategori Desain Seismik (KDS) D, E atau F harus direncanakan dengan menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing yang khusus atau memiliki tingkat daktilitas penuh. Oleh sebab itu, Hotel Alimar Surabaya harus direncanakan dengan sistem struktur penahan beban lateral khusus.

Gedung Hotel Alimar pada awalnya terdiri dari 8 lantai. Gedung akan dimodifikasi menjadi 12 lantai untuk memenuhi syarat tugas akhir. Struktur Hotel Alimar sebelumnya menggunakan sistem rangka pemikul momen dimodifikasi menjadi sistem ganda. Sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726:2012 Psl. 3.49). Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25 persen gaya gempa desain (SNI 1726:2012 Psl. 7.2.5.1). Beban lateral yang dipikul bersama-sama oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser

menyebabkan beban lateral yang terjadi pada balok kolom lebih kecil sehingga sistem ganda ini dapat memperkecil dimensi rangka utama.

Sistem struktur penahan beban lateral yang akan digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus adalah suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 2847 pasal 21.1.3 hingga 21.1.7, pasal 21.5 hingga 21.7, sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan pada bangunan dengan KDS D, E atau F. Dinding geser (*Shearwall*) ialah dinding yang terbuat dari beton bertulang dimana tulangan tersebut akan menerima gaya lateral terhadap gempa sebesar beban yang telah direncanakan.

Proses penentuan letak *shearwall* dilakukan dengan *trial and error* dan dilakukan pengecekan kontrol dinamis serta kontrol sistem ganda sesuai dengan SNI 03-1726-2012 hingga mendapatkan letak *shearwall* yang paling efektif. Perhitungan penulangan pada struktur gedung Hotel Alimar ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2847-2013 tentang perhitungan struktur beton dan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 03-1726-2012. Pada kesempatan kali ini, penulis mencoba untuk menentukan letak *Shearwall* yang paling efisien dan menghitung berapa persen beban lateral yang diserap oleh *Shearwall*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam desain gedung Hotel Alimar adalah :

1. Apakah sistem struktur yang sesuai untuk digunakan pada Hotel Alimar Surabaya 12 lantai?
2. Bagaimana menentukan letak *Shearwall* yang paling efisien pada gedung Hotel Alimar Surabaya.

3. Bagaimana menghitung berapa persen beban lateral yang diserap oleh letak *Shearwall* yang paling efisien pada gedung Hotel Alimar Surabaya.

1.3 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui sistem struktur yang sesuai untuk digunakan pada Hotel Alimar Surabaya 12 lantai.
2. Mengetahui letak *Shearwall* yang paling efisien pada Gedung Hotel Alimar Surabaya.
3. Mengetahui berapa persen beban lateral yang diserap oleh *Shearwall* pada Gedung Hotel Alimar Surabaya.

1.4 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang menjadi batasan masalah dalam desain struktur gedung ini adalah :

1. Data tanah eksisting menggunakan data tanah daerah Mulyorejo Surabaya.
2. Perhitungan pembebanan rencana gempa menggunakan metode analisis gempa respons spektrum.
3. Metode pelaksanaan yang direncanakan hanya untuk *shearwall* saja.
4. Perancangan ini tidak termasuk memperhitungkan arsitektural, sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing dsb.
5. Tidak merencanakan pondasi.

1.5 Manfaat

Manfaat penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat mendesain struktur gedung dengan sistem ganda.
2. Dapat mengetahui letak *Shearwall* yang paling efisien pada gedung Hotel Alimar Surabaya.
3. Dapat mengetahui berapa persen beban lateral yang diserap oleh *Shearwall* pada Gedung Hotel Alimar Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur bangunan diharapkan tidak runtuh pada saat terjadi gempa maksimum yang dipertimbangkan. Untuk menjamin hal ini, elemen-elemen struktur bangunan yang diharapkan mengalami kerusakan harus diberi detailing penulangan yang memadai agar perilakunya tetap stabil walaupun telah mengalami deformasi inelastis yang besar. Ketentuan detailing yang ditetapkan SNI Beton untuk struktur beton bertulang, pada dasarnya dibedakan berdasarkan tingkat resiko kegempaan di daerah tempat struktur berada. Semakin tinggi risiko kegempaan suatu daerah, semakin ketat persyaratan detailing penulangan yang harus dipenuhi pada struktur bangunan yang berada pada daerah tersebut.

Pada perencanaan bangunan, detailing untuk struktur tahan gempa pada dasarnya diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 21. Berdasarkan aturan tersebut, detailing dibedakan berdasarkan kategori desain seismik (KDS) yang dikenakan pada struktur bangunan. Kategori desain Seismik (KDS) dibagi menjadi A, B, C, D, E, F. Penggolongan kategori desain seismik sesuai dengan tabel 6 dan 7 SNI 1726:2012.

2.1 Perencanaan gempa rencana

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% (gempa 2500 tahun). Struktur gedung akan dirancang dengan menggunakan gempa dinamis. Berikut ini adalah langkah perhitungan respon spektrum desain :

2.1.1 Faktor keutamaan dan kategori resiko

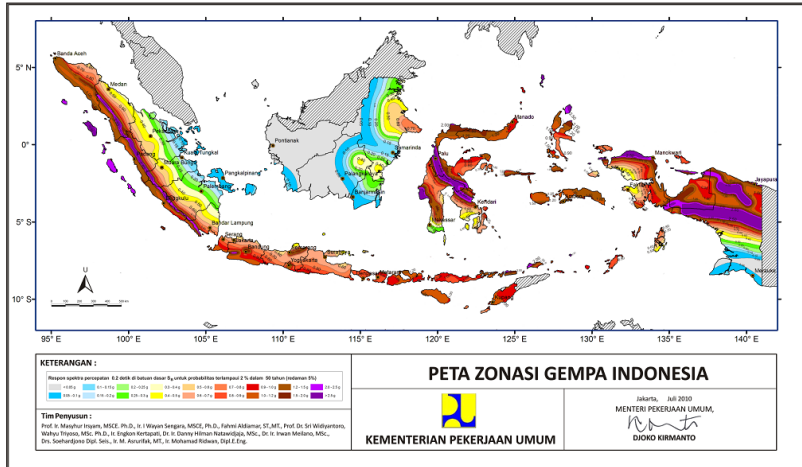
Pengaruh gempa rencana harus dikalikan faktor keutamaan I. kategori resiko bangunan gedung untuk gempa dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 1. Sedangkan faktor keutamaan bangunan dapat dilihat pada tabel 2.1 (SNI 1726:2012 Tabel 2).

Tabel 2. 1 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

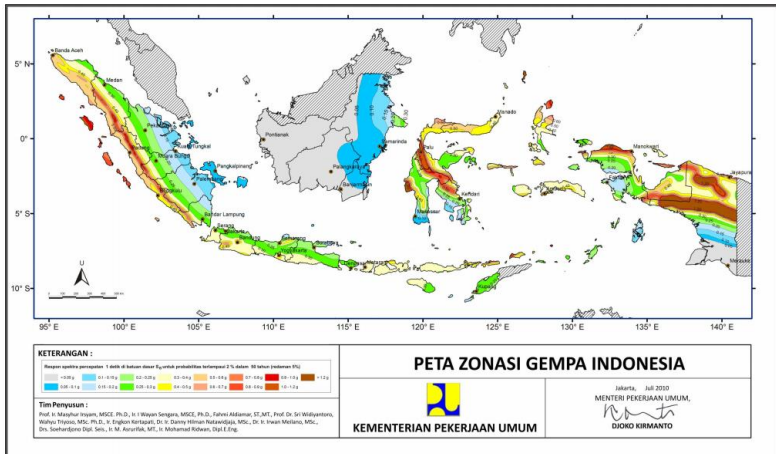
2.1.2 Parameter percepatan terpetakan

Berdasarkan SNI 1726:2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik). S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat peta wilayah gempa Indonesia tahun 2010.



Gambar 2. 1 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (S_s) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber : Peta gempa Indonesia 2010



Gambar 2. 2 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber : Peta gempa Indonesia 2010

2.1.3 Definisi kelas situs

Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Klasifikasi kelas situs terbagi menjadi : SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Klasifikasi memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifitas pada bangunan dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 3.

Tabel 2. 2 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_a	\bar{F}_w (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25 \text{ kPa}$		
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 likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3 \text{ m}$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $\bar{s}_u < 50 \text{ kPa}$		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

2.1.4 Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

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

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

Dimana koefisien situs F_a dan F_v pada mengikuti SNI 1726:2012 Tabel 4 dan Tabel 5.

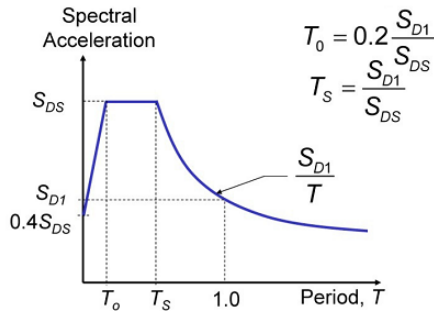
2.1.5 Parameter percepatan spektral desain

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

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

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

2.1.6 Menentukan Spektrum respons Desain



Gambar 2. 3 Spektrum respons desain

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan berikut ini:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s ,spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana,

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Di dalam SRPM ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik C, dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk Kategori Desain Seismik D, E atau F.

Gedung Hotel Alimar dikenakan ke dalam KDS D berdasarkan nilai SPT nya. Oleh sebab itu, Hotel A direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Sistem rangka pemikul momen khusus adalah suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 2847 pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, pasal 21.5 hingga 21.8, serta pasal 21.11 hingga 21.13.

Berikut ini persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK):

1. $P_u \leq A_g f_c' / 10$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.1).....(2.9)
2. $l_n \geq 4d$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.2).....(2.10)

3. b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.3).

3.2.1 Balok

Tulangan lentur balok

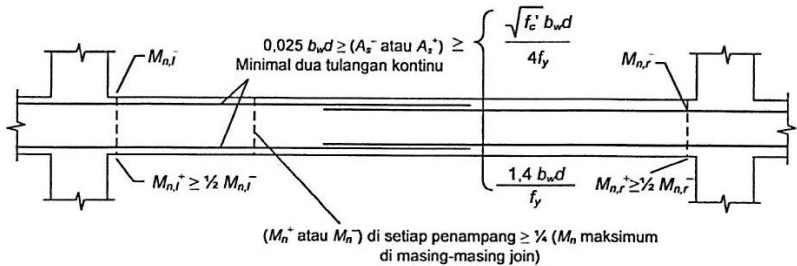
Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah,

- a. As yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d \dots\dots\dots (2.11)$$

tetapi tidak kurang dari $1,4b_w d / f_y$

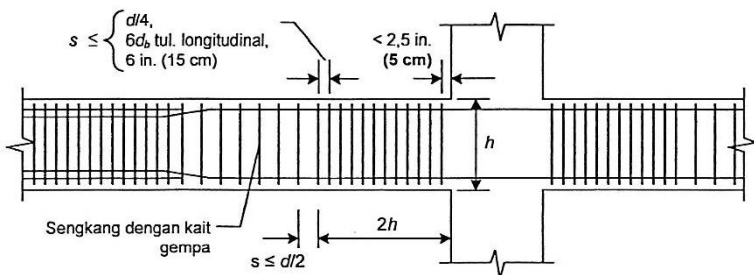
- b. rasio tulangan, $\rho < 0,025$



Gambar 2. 4 Persyaratan Tulangan Lentur Balok

Sumber : Iswandi & Fajar,2014

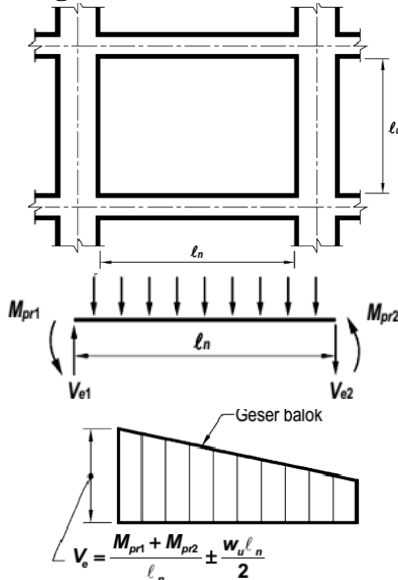
Tulangan transversal



Gambar 2. 5 Tulangan Transversal Balok

Sumber : Iswandi & Fajar,2014

Perencanaan geser balok



Gambar 2. 6 Gaya Geser Balok SRPMK

Sumber : SNI 2847 : 2013

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.4.1), yaitu:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{\ell_n} \pm \frac{W_u \ell_n}{2} \dots\dots\dots (2.12)$$

- V_e = Gaya geser ultimit balok akibat gempa
- M_{pr1} = Probable moment diperletakan 1 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)
- M_{pr2} = Probable moment diperletakan 2 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)
- W_u = Pengaruh beban gravitasi, $W_u = 1,2D+1,0L$
- ℓ_n = Panjang bentang bersih balok

Tulangan transversal untuk daerah sepanjang $2h$ dari muka kolom menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ apabila (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.4.2):

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut
- P_u , termasuk pengaruh gempa $\leq A_g f_c' / 20$.

3.2.2 Kolom

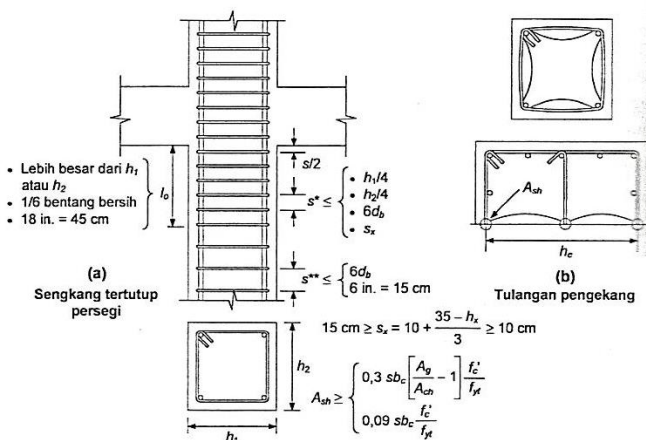
Kuat lentur kolom SRPMK harus memenuhi ketentuan kolom kuat-balok lemah (strong coloum weak beam). Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya leleh leleh pada kolom-kolom yang pada dasarnya didesain sebagai komponen beban lateral sehingga bangunan tidak runtuh pada saat terjadi gempa.

$$\Sigma M_{nc} \geq (1,2)\Sigma M_{nb} \quad (\text{SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.2.2})$$

Tulangan lentur kolom

Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.3.1)

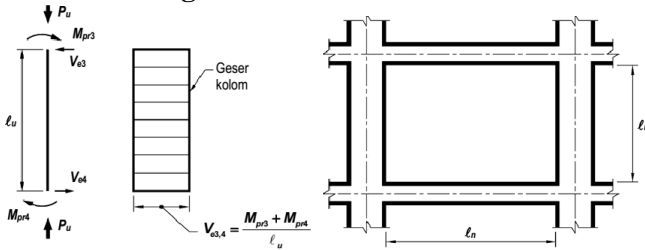
Tulangan transversal



Gambar 2. 7 Persyaratan kekekangan untuk sengkang tertutup persegi

Sumber : Iswandi & Fajar, 2014

Perencanaan geser



Gambar 2. 8 Gaya Geser Kolom SRPMK

Sumber : SNI 2847 : 2013

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.5.2 tulangan transversal sepanjang panjang l_o harus mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana :

- Gaya geser ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai M_{pr} mewakili 50% atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .
- P_u termasuk pengaruh gempa $\leq A_g f_c' / 20$.

3.2.3 Joint rangka momen khusus

Gaya ditentukan dengan tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$ (SNI 2847:2013 Psl. 21.7.2.1). Untuk beton normal (normalweight), dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar (SNI 2847:2013 Psl. 21.7.2.3).

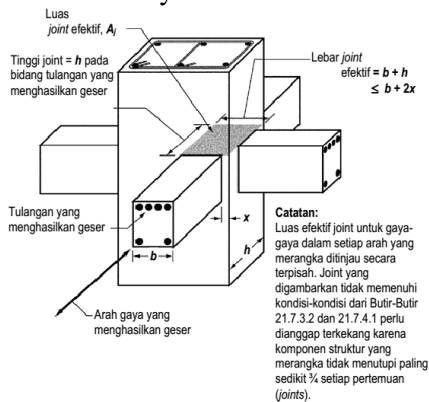
Tulangan transversal

Bilamana komponen-komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi joint dan bila lebar balok $3/4$ lebar kolom, jumlah tulangan diizinkan untuk direduksi setengahnya, spasi yang disyaratkan diizinkan untuk ditingkatkan sampai 150 mm dalam tinggi keseluruhan h komponen struktur rangka yang terpendek (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.3.2). Tulangan balok longitudinal di luar inti kolom harus dikembang dengan tulangan transversal yang melewati kolom (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.3.3).

Kekuatan geser

Untuk beton berat normal, V_n joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.4.1) :

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka $1,7\sqrt{f_c'}A_j$ (2.13)
- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan $1,2\sqrt{f_c'}A_j$ (2.14)
- Untuk kasus-kasus lainnya $1,0\sqrt{f_c'}A_j$ (2.15)



Gambar 2. 9 Luas Joint Efektif

Sumber : SNI 2847 : 2013

2.3 Sistem dinding struktural (SDS)

Sistem dinding struktural (SDS) adalah dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang ditimbulkan gempa. Suatu dinding geser pada dasarnya merupakan dinding struktural. Dinding yang ditetapkan sebagai bagian penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut :

- Dinding Struktural Beton Biasa (SDSB) : Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya boleh digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.

2. Dinding Struktural Beton Khusus (SDSK) : Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D,E,F.

Berikut ini persyaratan dinding geser (*Shearwall*) :

2.3.1 Perencanaan dimensi *Shearwall*

Menurut SNI 2847 : 2013 PsI. 14.5.3.1 dan 14.5.3.2, persyaratan tebal minimum dinding yang didesain antara lain :

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.
2. Tebal dinding besmen (basement) eksterior dan dinding fondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

2.3.2 Penulangan

Menurut SNI 2847 : 2013 PsI. 21.9.2.1 :

1. ρ_t dan $\rho_l > 0,0025$, kecuali bahwa jika V_u tidak melebihi $0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f_c'}$, ρ_t dan ρ_l diizinkan untuk direduksi menjadi nilai-nilai yang disyaratkan dalam 14.3.
2. Spasi tulangan < 450 mm.

Tulangan yang menyumbang pada V_n harus menerus dan harus didistribusikan melintasi bidang geser. V_u harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan kombinasi beban terfaktor (SNI 2847 : 2013 PsI. 21.9.3).

2.3.3 Kekuatan geser

V_n dinding struktur tidak boleh melebihi

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

Dengan :

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

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

A_{cv} = luas penampang total dinding struktural

λ = 1 untuk beton normal

ρ_t = rasio penulangan arah horizontal

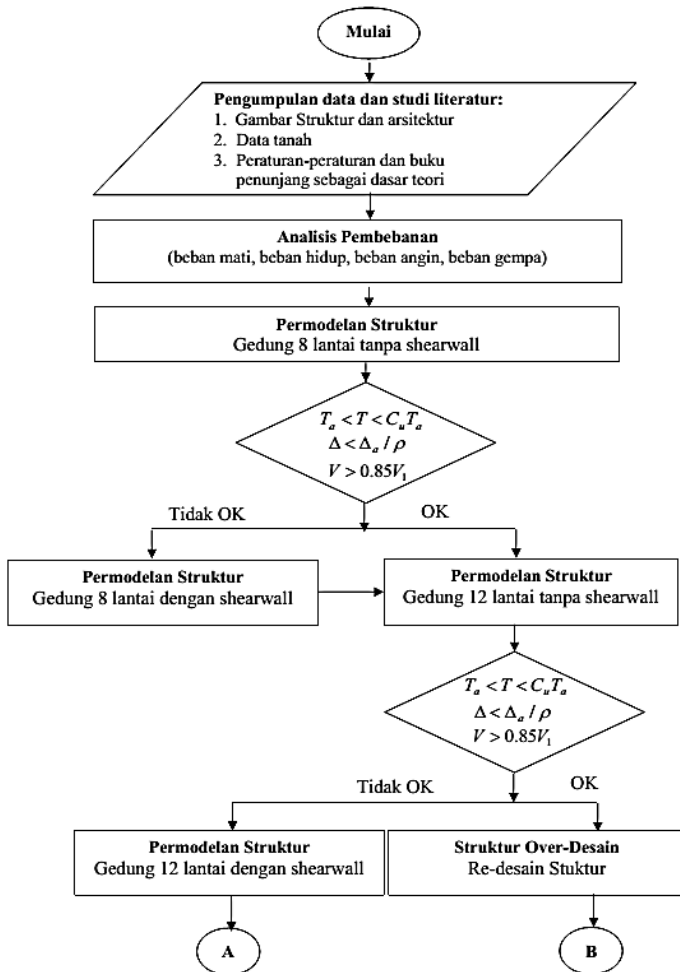
2.4 Sistem ganda

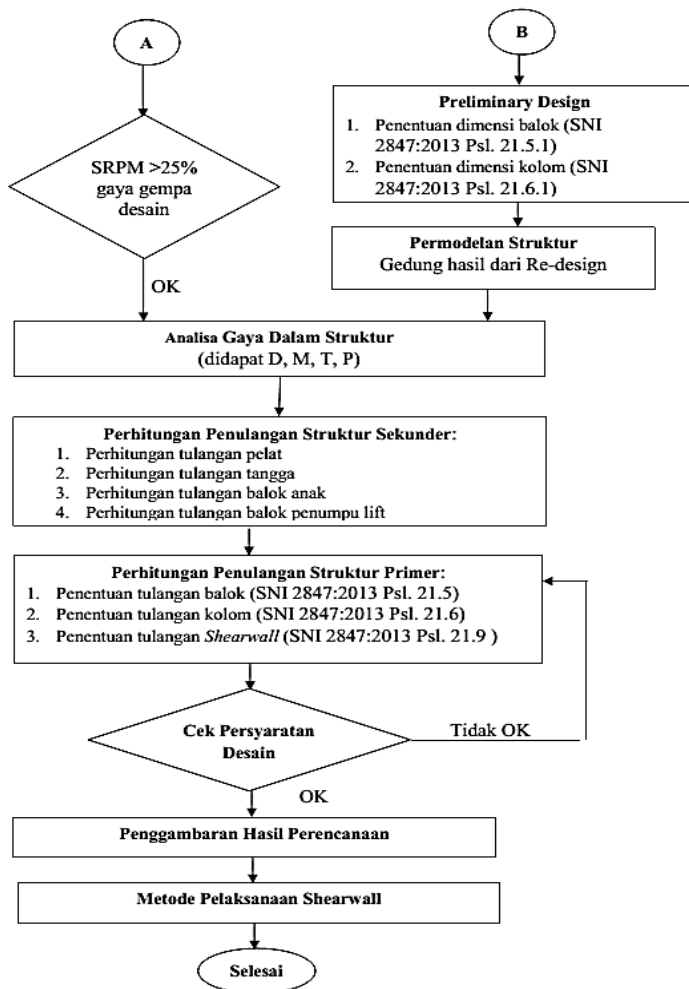
Sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726:2012 PsI. 3.49). Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25 persen gaya gempa desain (SNI 1726:2012 PsI. 7.2.5.1). Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proposional terhadap kekakuannya. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral gempa, dengan memperhatikan interaksi keduanya. Beban lateral yang dipikul bersama-sama oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser menyebabkan beban lateral yang terjadi pada balok kolom lebih kecil sehingga sistem ganda ini dapat memperkecil dimensi rangka utama.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Pengumpulan data yang akan digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini berupa :

1. Gambar Struktur dan arsitektur bangunan gedung
2. Data tanah pada lokasi pembangunan gedung

Berikut ini data data umum gedung :

Nama proyek	: Hotel Alimar
Lokasi proyek	: Surabaya
Fungsi bangunan	: Hotel
Jumlah lantai	: 1 basement, 7 lantai, 1 lantai atap
Letak bangunan	: Jauh dari pantai
Luas bangunan	: 18m x 32m
Sistem Struktur	: Sistem Rangka Pemikul Momen
Tinggi bangunan	: 38,2 m

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya sebagai berikut :

Nama proyek	: Hotel Alimar
Lokasi proyek	: Surabaya
Fungsi bangunan	: Hotel
Jumlah lantai	: 12 lantai, 1 lantai atap
Letak bangunan	: Jauh dari pantai
Luas bangunan	: 18m x 32m
Sistem Struktur	: Sistem ganda
Tinggi bangunan	: 54.2 m

Gambar modifikasi gedung dan data tanah dapat dilihat pada lampiran.

Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya dalam pengumpulan materi dan menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir ini. Studi literatur yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini diantaranya :

1. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung (SNI 03- 1726-2012).
2. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 03- 2847-2013).
3. Beban minimum untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 03- 1727-2013).

4. Perencanaan lanjut struktur beton bertulang Iswandi Imran & Fajar Hendrik 2014.

3.2 Analisa Pembebanan

3.2.1 Beban gravitasi

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

1. Beban mati (dead load)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3 .
- Berat sendiri baja tulangan dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3 .
- Beban dinding bata ringan citicon sebesar 90 kg/m^2 (brosur)
- Beban spesi dinding sebesar 21 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (brosur).
- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 19 kg/m^2 (ASCE7-2002)
- Beban plafon dan penggantung sebesar 20 kg/m^2 (brosur).
- Beban keramik sebesar 15 kg/m^2 (brosur).
- Beban spesi keramik sebesar 19 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (brosur).
- Beban waterproof sebesar 3 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

2. Beban hidup (live load)

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

Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

- a. Lantai atap datar = 96 kg/m^2
- b. Lantai hotel = 192 kg/m^2
- c. Lantai koridor = 479 kg/m^2
- d. Lantai lobi = 479 kg/m^2
- e. Lantai kantor = 240 kg/m^2
- f. Lantai ruang pertemuan = 479 kg/m^2
- g. Lantai toko lantai pertama = 479 kg/m^2
- h. Lantai restaurant = 479 kg/m^2
- i. Tangga = 479 kg/m^2
- j. Parkir = 192 kg/m^2
- k. Beban hujan

Beban hujan pada lantai atap

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

$$R = 0,0098 (20 + 30)$$

$$R = 0,5 \text{ kN/m}^2 = 50 \text{ kg /m}^2$$

3.2.2 Beban gempa (earthquake load)

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

1. Faktor keutamaan dan kategori resiko

Kategori resiko bangunan gedung untuk gempa dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 1. Sedangkan faktor keutamaan bangunan dapat dilihat pada tabel 2.1 (SNI 1726:2012 Tabel 2). Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian (hotel) maka bangunan ini termasuk kategori II dan didapat nilai $I_e = 1$.

2. Parameter percepatan terpetakan

Berdasarkan SNI 1726:2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s dan S_1 . S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat Peta Gempa Hazard Indonesia

2010 untuk gempa rencana 2500 tahun (2% dalam 50 tahun). Didapat nilai S_s ialah 0,7 dan S_1 ialah 0,25.



Gambar 3. 2 S_s dan S_1 Surabaya pada Peta Gempa Hazard Indonesia 2010

3. Analisa data N-SPT

Tabel 3. 1 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (m)	Nilai N SPT	d_i/N_i
1	2	1	2
2	2	3	0.666667
3	2	1	2
4	2	3	0.666667
5	2	8	0.25
6	2	20	0.1
7	2	27	0.074074
8	2	22	0.090909
9	2	17	0.117647
10	2	31	0.064516
11	2	24	0.083333
12	2	35	0.057143
13	2	26	0.076923
14	2	28	0.071429
15	2	33	0.060606
16	2	26	0.076923
17	2	29	0.068966
18	2	28	0.071429
19	2	33	0.060606
20	2	50	0.04
21	2	42	0.047619
22	2	50	0.04
TOTAL	44	537	6.785456

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_i}} = \frac{44}{6.785} = 6,484$$

4. Definisi kelas situs

Penetapan kelas situs berdasarkan hasil analisa N-SPT. Klasifikasi kelas situs dapat dilihat pada Tabel 2.2 (SNI 1726:2012 Tabel 3) sehingga didapatkan kelas situs bangunan SE (Tanah Lunak).

5. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, dimana koefisien situs F_a dan F_v pada mengikuti SNI 1726:2012 Tabel 4 dan Tabel 5 sehingga didapatkan $F_a=1,3$ dan $F_v=3$.

Tabel 3. 2 Koefisien Situs, F_a

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

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai antara S_x dapat dilakukan interpolasi linier
- SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 3. 3 Koefisien Situs, F_v

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

CATATAN :(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

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

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,3 \times 0,7 = 0,91$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 3 \times 0,25 = 0,75$$

6. Parameter percepatan spektral desain

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,607$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,5$$

7. Menentukan kategori desain seismik

Kategori desain seismik (KDS) dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 6 dan 7 berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} sehingga bangunan termasuk dalam KDS D.

Tabel 3. 4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

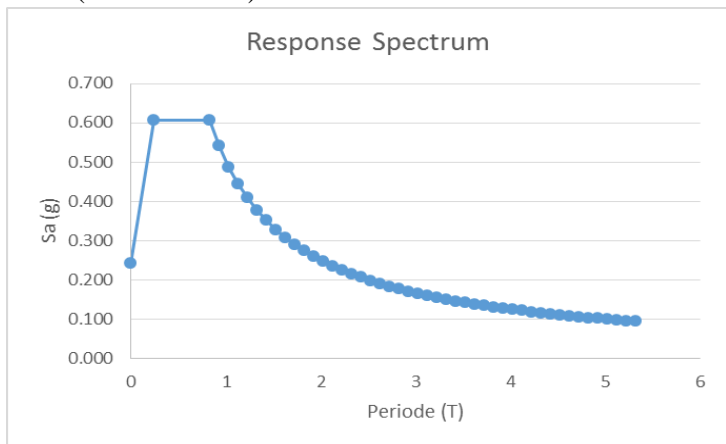
Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

8. Parameter respon spektrum rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) :



Gambar 3. 3 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya

3.2.3 Beban angin

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

1. Kategori risiko bangunan gedung = 2
2. Kecepatan angin dasar (V) = 10.28 m/s
3. Parameter beban angin :
 - Faktor arah angin (Kd) = 0.85
 - Kategori eksposur = B
 - Faktor topografi (Kzt) = 1
 - Faktor efek tiupan angin (G) = 0.85
 - Klasifikasi ketertutupan = bangunan tertutup
 - Koefisien tekanan internal (GCpi) = 0.18

4. Keefisien eksposur tekanan velositas

	8 Lantai	12 Lantai
z	37.200	53.200
zg	365.760	365.760
α	7.000	7.000
Kz	1.046	1.159
Kh	1.045	1.159

5. Tekanan velositas

	8 Lantai	12 Lantai
qz	57.603	63.802
qh	57.537	63.811

6. Koefisien tekanan eksternal dan tekanan angin

- a. Dinding di sisi angin datang

	8 Lantai	12 Lantai
Cp	0.800	0.800
p	2.881 kg/m ²	3.190 kg/m ²

b. Dinding di sisi angin pergi

	8 Lantai	12 Lantai
L	18	18
B	36	36
L/B	0.5	0.5
Cp	-0.5	-0.5
p	-3.481 kg/m ²	-3.861 kg/m ²

c. Dinding tepi

	8 Lantai	12 Lantai
Cp	-0.7	-0.7
p	-4.459 kg/m ²	-4.945 kg/m ²

Sesuai SNI 1727-2013 pasal 27.1.5 beban angin untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 0,77 kN/m² dikalikan luas dinding bangunan gedung, karena nilai beban pada perhitungan kurang dari 0,77 kN/m² maka dipakai 0,77kN/m².

3.2.4 Kombinasi pembebanan

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

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr (Lr atau R)
4. 1,2D + 1,6L + 0,5R (Lr atau R)
5. 1,2D + 1,6Lr (Lr atau R) + 1,0L (L atau 0,5W)
6. 1,2D + 1,6Lr (Lr atau R) + 0,5W (L atau 0,5W)
7. 1,2D + 1,6R (Lr atau R) + 1,0L (L atau 0,5W)
8. 1,2D + 1,6R (Lr atau R) + 0,5W (L atau 0,5W)
9. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr (Lr atau R)
10. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R (Lr atau R)

11. $0,9D + 1,0W$
12. $1,2D + 1,0EX + 1,0L$
13. $1,2D + 1,0EY + 1,0L$
14. $0,9D + 1,0EX$
15. $0,9D + 1,0EY$
16. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,0L$
 $\rightarrow 1,32D + 1,3EX + 1,0L$
17. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,0L$
 $\rightarrow 1,32D + 1,3EY + 1,0L$
18. $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX$
 $\rightarrow 0,78D + 1,3EX$
19. $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY$
 $\rightarrow 0,78D + 1,3EY$

Keterangan :

D : Beban Mati

Lr : Beban Hidup pada Atap

L : Beban Hidup

R : Beban Hujan

W : Beban Angin

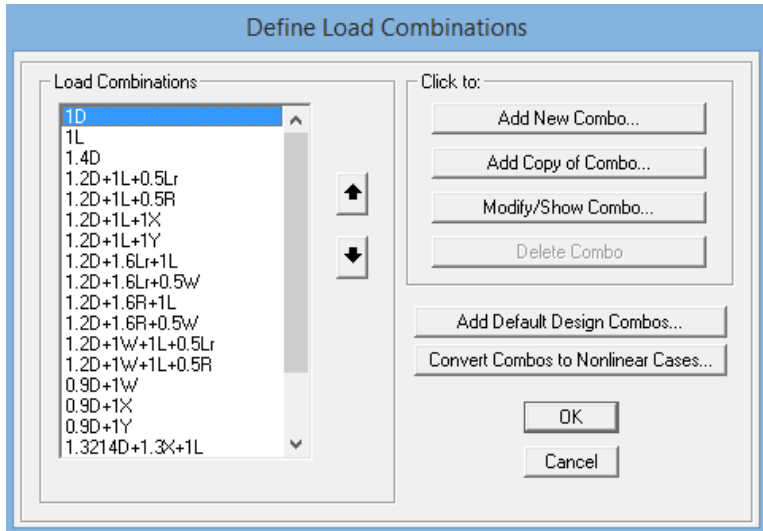
E : Beban Gempa

3.3 Permodelan Struktur

Permodelan struktur Hotel Alimar Surabaya dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v14. Pada program SAP 2000 v14. Berikut ini adalah permodelan struktur Hotel Alimar Surabaya pada tugas akhir ini :

3.3.1 Kombinasi Pembebanan

Dalam input kombinasi pembebanan dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option *load combination* yang dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3. 4 Kombinasi Pembebanan

3.3.2 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source) adalah massa struktur pada SAP 2000 v14 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal. Massa-massa beban yang dimasukkan adalah:

- a. Beban Dead++ : Multiplier 1.0
- b. Beban Live : Multiplier 0.3

Define Mass Source

Mass Definition

From Element and Additional Masses

From Loads

From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
SPESI DINDING	1.
SPESI DINDING	1.
DINDING	1.
SPESI KERAMIK	1.
KERAMIK	1.
ME	1.
PLAFOND+PENG	1.
WATERPROOFING	1.
AIR HUJAN	1.

Add

Modify

Delete

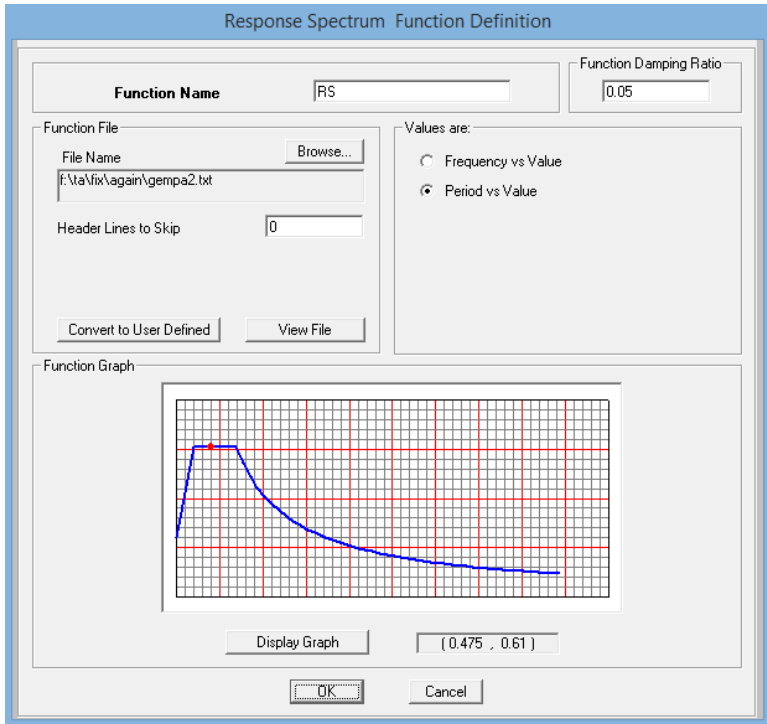
OK

Cancel

Gambar 3. 5 Input Form Mass Source pada SAP 2000 v14

3.3.3 Respons Spektrum

Dalam input pembebanan gempa dinamis dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option function dari respon spectrum yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Grafik Respon Spektrum pada SAP2000

3.3.4 Arah Pembebanan

Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban yang ditetapkan sebagai berikut: 100 persen untuk gaya satu arah ditambah 30 persen gaya tegak lurus.

- Gempa Respon Spektrum X : 100% EX + 30% EY
- Gempa Respon Spektrum Y : 100% EY + 30% EX

3.3.5 Pendefinisian Modal Analisis

Analisis modal menggunakan SAP 2000, mode diambil sebanyak 3 kali dari jumlah lantai yang dimodelkan. Partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral kearah X dan kearah Y. Input form untuk analisa modal dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Load Case Data - Modal

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Stiffness to Use

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Type of Modes

Eigen Vectors

Ritz Vectors

Number of Modes

Maximum Number of Modes:

Minimum Number of Modes:

Loads Applied

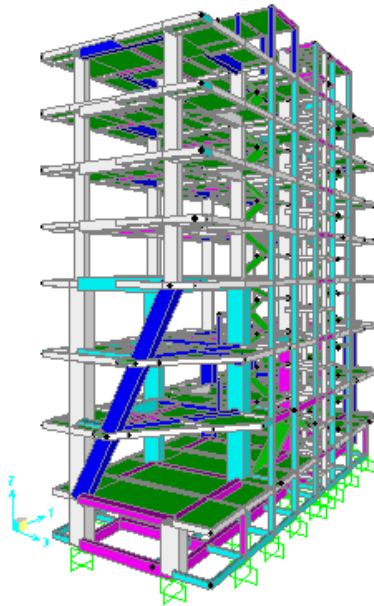
Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios [%]
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Target Dynamic Participation Ratios [%]

Gambar 3. 7 Form Input untuk Analisa Modal SAP 2000

3.3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur 8 Lantai SRPM

Berikut adalah pemodelan struktur 3 dimensi 8 lantai yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 v14 :



Gambar 3. 8 Model 3 Dimensi 8 Lantai Struktur Hotel Alimar

1. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung 8 lantai ini direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen beton. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5.5, dan nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8.

2. Faktor Skala Gaya Beban Gempa

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 &= I/R \cdot g \\
 &= 1/8 \cdot 9,8 \\
 &= 1,225
 \end{aligned}$$

Faktor beban tersebut untuk searah gempa yang ditinjau. Untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa akan dikenakan

gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktornya menjadi $0,3 \times 1,225 = 0,3675$.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: RS X Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination: CQC GMC f1: 1. SRSS GMC f2: 0. Absolute Periodic + Rigid Type: SRSS GMC NRC 10 Percent Double Sum

Directional Combination: SRSS CQC3 Absolute Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RS	1,225
Accel	U1	RS	1,225
Accel	U2	RS	0,3675

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show... OK Cancel

Gambar 3. 9 Faktor Skala Gaya Arah X

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Modal Combination

CQC GMC f1:

SRSS GMC f2:

Absolute

GMC Periodic + Rigid Type:

NRC 10 Percent

Double Sum

Directional Combination

SRSS

CQC3

Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RS	0.3675
Accel	U1	RS	0.3675
Accel	U2	RS	1.225

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:

Gambar 3. 10 Faktor Skala Gaya Arah Y

3. Kontrol Desain

Hasil analisis struktur harus dikontrol sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- a. Kontrol partisipasi massa.
- b. Kontrol periode getar struktur.
- c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- d. Kontrol batas simpangan (*drift*)

a. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi

massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 3.6 berikut :

Tabel 3. 6 Rasio Partisipasi Massa Hotel Alimar Surabaya

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.662126	0.121	0.636	0.0001144
MODAL	Mode	2	1.492774	0.634	0.711	0.0001169
MODAL	Mode	3	1.266874	0.729	0.783	0.001154
MODAL	Mode	4	0.522612	0.729	0.872	0.001154
MODAL	Mode	5	0.446971	0.809	0.873	0.001407
MODAL	Mode	6	0.381398	0.811	0.875	0.001563
MODAL	Mode	7	0.357438	0.841	0.875	0.007146
MODAL	Mode	8	0.295547	0.841	0.907	0.007151
MODAL	Mode	9	0.239732	0.872	0.907	0.007224
MODAL	Mode	10	0.220939	0.872	0.907	0.008454
MODAL	Mode	11	0.205937	0.874	0.913	0.008515
MODAL	Mode	12	0.204301	0.877	0.92	0.008556
MODAL	Mode	13	0.182186	0.881	0.92	0.00907
MODAL	Mode	14	0.161977	0.881	0.925	0.00921
MODAL	Mode	15	0.153727	0.909	0.925	0.023
MODAL	Mode	16	0.143395	0.909	0.93	0.03
MODAL	Mode	17	0.133157	0.915	0.931	0.065
MODAL	Mode	18	0.122468	0.917	0.938	0.065
MODAL	Mode	19	0.106577	0.919	0.945	0.065
MODAL	Mode	20	0.098961	0.934	0.945	0.073
MODAL	Mode	21	0.067193	0.943	0.966	0.082
MODAL	Mode	22	0.065839	0.953	0.986	0.089
MODAL	Mode	23	0.040631	0.99	0.987	0.094
MODAL	Mode	24	0.029706	0.99	0.992	0.094

Dari tabel di atas didapat pada mode ke 15 partisipasi massa arah X sebesar 90,9% dan pada moda ke 14 partisipasi massa arah Y sebesar 90,7% pada moda ke 8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 Psl. 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

b. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 PsI. 7.8.2.1, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 3.7 sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 15.

Tabel 3. 7 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$h_n = 38,2 \text{ m}$$

maka :

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0466 \cdot 38,2^{0,9} \\ &= 1,237 \text{ detik} \end{aligned}$$

Nilai C_u didapat dari Tabel sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 14, untuk nilai $S_{D1} = 0,492$.

Tabel 3. 8 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode Yang Dihitung

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

maka :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,237 = 1,7313 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode struktur didapat $T = 1,7313\text{s}$. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \cdot T_a$. Jadi analisis struktur gedung masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

c. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Psl. 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6067}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0758$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{1,641\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0381$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,6067 \cdot 1 \\ &= 0,0267 \end{aligned}$$

Maka diambil $C_s = 0,0267$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan berat total struktur adalah 45437,48 kN Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0.0267 \cdot 45437,48 \text{ kN} \\
 &= 1489,468 \text{ kN} \\
 85\% \cdot V_{\text{statik}} &= 1030,9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 3. 9 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kN	kN
Quake X	1476.909	751.159
Quake Y	753.725	1544.417

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1476.909 \text{ kN} > 1030,9 \text{ kN}$$
- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1544.417 \text{ kN} > 1030,9 \text{ kN}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

δ_{ei} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_i = Perpindahan yang diperbesar
 $= Cd \cdot \delta_{ei} / I_e$

Δi = Simpangan antar lantai tingkat desain
 $= (\delta e_i - \delta e_{(i-1)}) C_d / I_e$

$\Delta i < \Delta a$

Δa = Simpangan antar lantai tingkat ijin
 $= 0.020 h_{sx}$ (Tabel 16 SNI 1726 2012)

Untuk rangka pemikul momen yang dirancang untuk kategori desain seismik D tidak boleh melebihi $\Delta a / \rho$ (Pasal 7.12.1.1 SNI 1726 2012)

$\rho = 1.3$ (Pasal 7.3.4.2 SNI 1726 2012)

Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5.5$ (Tabel 9 SNI 1726 2012)

Faktor keutamaan gempa, $I_e = 1$ (faktor keutamaan gempa)

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur portal :

Tabel 3. 10 Simpangan Sumbu x

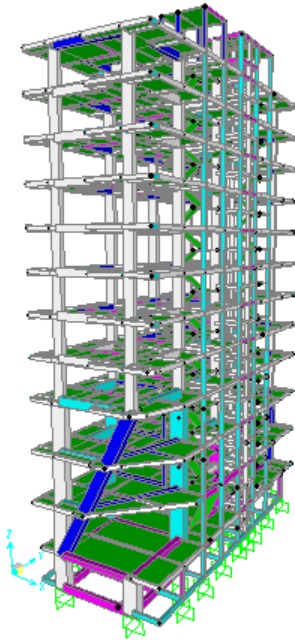
Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	δe_i	δi	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δi	Δa	Ket
			(dari SAP)	(Cd. $\delta e_i / I_e$)		($\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$) / Cd/Ie		
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	34.2	4	40.183	221.007	2.1061	11.58355	61.538	OK
8	30.2	4	38.0769	209.423	3.4509	18.97995	61.538	OK
7	26.2	4	34.626	190.443	4.6406	25.5233	61.538	OK
6	22.2	4	29.9854	164.920	5.6936	31.3148	61.538	OK
5	18.2	5	24.2918	133.605	7.5874	41.7307	76.923	OK
4	13.2	5	16.7044	91.874	7.4473	40.96015	76.923	OK
3	8.2	5	9.2571	50.914	7.1779	39.47845	76.923	OK
2	3.2	3.2	2.0792	11.436	2.0792	11.4356	49.231	OK

Tabel 3. 11 Simpangan Sumbu y

Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	δe_i	δi	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δi	Δa	Ket
			(dari SAP)	(Cd. $\delta e_i / I_e$)		($\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$) / Cd/Ie		
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	34.2	4	46.201	254.106	2.5108	13.8094	61.538	OK
8	30.2	4	43.6902	240.296	3.7771	20.77405	61.538	OK
7	26.2	4	39.9131	219.522	5.0827	27.95485	61.538	OK
6	22.2	4	34.8304	191.567	6.394	35.167	61.538	OK
5	18.2	5	28.4364	156.400	9.9763	54.86965	76.923	OK
4	13.2	5	18.4601	101.531	9.4342	51.8881	76.923	OK
3	8.2	5	9.0259	49.642	7.1941	39.56755	76.923	OK
2	3.2	3.2	1.8318	10.075	1.8318	10.0749	49.231	OK

3.3.7 Pemodelan Struktur 12 Lantai SRPM

Berikut adalah pemodelan struktur 3 dimensi 12 lantai yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 v14 :



Gambar 3. 11 Model 3 Dimensi SRPM 12 Lantai Struktur Hotel Alimar

1. Faktor reduksi gempa (R)

Gedung 12 lantai ini direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen beton. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5.5, dan nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8.

2. Faktor Skala Gaya Beban Gempa

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai

$$\begin{aligned} \text{berikut} &= I/R \cdot g \\ &= 1/8 \cdot 9,8 \\ &= 1,225 \end{aligned}$$

Faktor beban tersebut untuk searah gempa yang ditinjau. Untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktornya menjadi $0,3 \times 1,225 = 0,3675$.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Modal Combination

CQC GMC f1:

SRSS GMC f2:

Absolute

GMC Periodic + Rigid Type:

NRC 10 Percent

Double Sum

Directional Combination

SRSS

CQC3

Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RS	1,225
Accel	U1	RS	1,225
Accel	U2	RS	0,3675

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:

Gambar 3. 12 Faktor Skala Gaya Arah X

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

CQC GMC f1:

SRSS GMC f2:

Absolute Periodic + Rigid Type:

GMC

NRC 10 Percent

Double Sum

Directional Combination:

SRSS

CQC3

Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RS	0.3675
Accel	U1	RS	0.3675
Accel	U2	RS	1.225

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping:

Gambar 3. 13 Faktor Skala Gaya Arah Y

3. Kontrol Desain

Hasil analisis struktur harus dikontrol sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- a. Kontrol partisipasi massa.
- b. Kontrol periode getar struktur.
- c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- d. Kontrol batas simpangan (*drift*)

a. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi

massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 3.12 berikut :

Tabel 3. 12 Rasio Partisipasi Massa Hotel Alimar Surabaya

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2.614679	0.2162	0.51716	0.00012
MODAL	Mode	2	2.375987	0.70123	0.66545	0.00012
MODAL	Mode	3	2.069526	0.73404	0.78438	0.00049
MODAL	Mode	4	0.813242	0.73404	0.8811	0.0005
MODAL	Mode	5	0.742165	0.81785	0.88111	0.00066
MODAL	Mode	6	0.563499	0.84889	0.88132	0.00531
MODAL	Mode	7	0.473147	0.84889	0.91285	0.00531
MODAL	Mode	8	0.395509	0.87902	0.913	0.00538
MODAL	Mode	9	0.381103	0.88092	0.91412	0.00553
MODAL	Mode	10	0.357963	0.88542	0.91571	0.01236
MODAL	Mode	11	0.323508	0.88603	0.93099	0.01281
MODAL	Mode	12	0.262485	0.9038	0.931	0.01398
MODAL	Mode	13	0.247689	0.90393	0.94077	0.01405
MODAL	Mode	14	0.232759	0.90793	0.94078	0.01712
MODAL	Mode	15	0.197876	0.9082	0.94603	0.01762
MODAL	Mode	16	0.192741	0.92469	0.94603	0.18409
MODAL	Mode	17	0.167717	0.93557	0.94649	0.21271
MODAL	Mode	18	0.162481	0.93668	0.9508	0.2129
MODAL	Mode	19	0.131102	0.9463	0.95129	0.21945
MODAL	Mode	20	0.127403	0.94698	0.96014	0.22006
MODAL	Mode	21	0.089076	0.95999	0.96096	0.22572
MODAL	Mode	22	0.084278	0.96107	0.97041	0.22709
MODAL	Mode	23	0.060122	0.96108	0.99321	0.22844
MODAL	Mode	24	0.045561	0.99221	0.99321	0.23146

Dari tabel di atas didapat pada mode ke 12 partisipasi massa arah X sebesar 90,38% dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,285% pada moda ke 7. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 Psl. 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

b. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Ps1. 7.8.2.1, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 3.13 sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 15.

Tabel 3. 13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$h_n = 54,2 \text{ m}$$

maka :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \\ &= 0,047 \cdot 54,2^{0,9} \\ &= 1,694 \text{ detik} \end{aligned}$$

Nilai C_u didapat dari Tabel sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 14, untuk nilai $S_{D1} = 0,492$.

Tabel 3. 14 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

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

maka :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,694 = 2,372 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode struktur didapat $T = 2,6146 \text{ s}$. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \cdot T_a$. Jadi analisis struktur gedung 12 lantai SRPMK tidak memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

c. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Psl. 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6067}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0758$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{2,372\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,027$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,6067 \cdot 1 \\ &= 0,0267 \end{aligned}$$

Maka diambil $C_s = 0,0267$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan berat total struktur adalah 82761 kN Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0.027 \cdot 67260 \text{ kN} \\ &= 1795 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$85\% \cdot V_{\text{statik}} = 1526,1 \text{ kN}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 3. 15 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kN	kN
Quake X	1144,13	583.91
Quake Y	580.19	1107,822

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1144,13 \text{ kN} > 1526,1 \text{ kN (No Oke)}$$
- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1107,822 \text{ kN} > 1526,1 \text{ kN (No Oke)}$$

Dari kontrol di atas, analisis struktur Hotel Alimar masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V}$.

Untuk arah X :

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,027 \cdot 67260}{1144,13} = 1,334$$

Untuk arah Y :

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,027 \cdot 67260}{1107,822} = 1,378$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 3. 16 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kN	kN
Quake X	1527.144	782.069
Quake Y	799.375	1526.66

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1527,144 \text{ kN} > 1526,09 \text{ kN}$$
- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1526,660 \text{ kN} > 1526,09 \text{ kN}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

δ_{ei} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_i = Perpindahan yang diperbesar
 $= Cd \cdot \delta_{ei} / I_e$

Δ_i = Simpangan antar lantai tingkat desain
 $= (\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}) Cd / I_e$

$\Delta_i < \Delta_a$

Δ_a = Simpangan antar lantai tingkat ijin
 $= 0.020 h_{sx}$ (Tabel 16 SNI 1726 2012)

Untuk rangka pemikul momen yang dirancang untuk kategori desain seismik D tidak boleh melebihi Δ_a / ρ (Pasal 7.12.1.1 SNI 1726 2012)

$\rho = 1.3$ (Pasal 7.3.4.2 SNI 1726 2012)

Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5.5$ (Tabel 9 SNI 1726 2012)

Faktor keutamaan gempa, $I_e = 1$ (faktor keutamaan gempa)

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur portal :

Tabel 3. 17 Simpangan Sumbu x

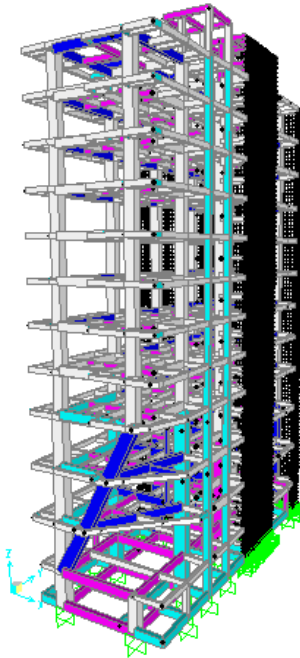
Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	δ_{ei}	δ_i	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ_i	Δ_a	Ket
			(dari SAP)	(Cd. δ_{ei}/I_e)		($\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)})$ Cd/ I_e	(0.020 hsx)/ ρ	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	50.2	4	68.7364	378.050	2.6406	14.5233	61.538	OK
12	46.2	4	66.0958	363.527	3.4525	18.98875	61.538	OK
11	42.2	4	62.6433	344.538	4.2159	23.18745	61.538	OK
10	38.2	4	58.4274	321.351	4.8377	26.60735	61.538	OK
9	34.2	4	53.5897	294.743	5.3528	29.4404	61.538	OK
8	30.2	4	48.2369	265.303	5.8367	32.10185	61.538	OK
7	26.2	4	42.4002	233.201	6.3848	35.1164	61.538	OK
6	22.2	4	36.0154	198.085	7.1503	39.32665	61.538	OK
5	18.2	5	28.8651	158.758	10.4268	57.3474	76.923	OK
4	13.2	5	18.4383	101.411	9.3309	51.31995	76.923	OK
3	8.2	5	9.1074	50.091	7.3075	40.19125	76.923	OK
2	3.2	3.2	1.7999	9.899	1.7999	9.89945	49.231	OK

Tabel 3. 18 Simpangan Sumbu y

Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	δ_{ei}	δ_i	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ_i	Δ_a	Ket
			(dari SAP)	(Cd. δ_{ei}/I_e)		($\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)})$ Cd/ I_e	(0.020 hsx)/ ρ	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	50.2	4	60.0727	330.400	1.8586	10.2223	61.538	OK
12	46.2	4	58.2141	320.178	2.7659	15.21245	61.538	OK
11	42.2	4	55.4482	304.965	3.5975	19.78625	61.538	OK
10	38.2	4	51.8507	285.179	4.3011	23.65605	61.538	OK
9	34.2	4	47.5496	261.523	4.9099	27.00445	61.538	OK
8	30.2	4	42.6397	234.518	5.465	30.0575	61.538	OK
7	26.2	4	37.1747	204.461	5.9472	32.7096	61.538	OK
6	22.2	4	31.2275	171.751	6.4582	35.5201	61.538	OK
5	18.2	5	24.7693	136.231	7.9958	43.9769	76.923	OK
4	13.2	5	16.7735	92.254	7.5711	41.64105	76.923	OK
3	8.2	5	9.2024	50.613	7.1452	39.2986	76.923	OK
2	3.2	3.2	2.0572	11.315	2.0572	11.3146	49.231	OK

3.3.8 Permodelan Struktur 12 Lantai Sistem Ganda

Berikut adalah pemodelan struktur 3 dimensi 12 lantai sistem ganda yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 v14:



Gambar 3. 14 Model 3 Dimensi 12 Lantai Sistem Ganda Struktur Hotel Alimar Surabaya

1. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung 12 lantai ini direncanakan dengan sistem ganda. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5.5, dan nilai koefisien modifikasi respon (R) = 7.

2. Faktor Skala Gaya Beban Gempa

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut

$$= I/R \cdot g$$

$$= 1/7 \cdot 9,8$$

$$= 1,4$$

Faktor beban tersebut untuk searah gempa yang ditinjau. Untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktornya menjadi $0,3 \times 1,4 = 0,42$.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: RS X Set Def Name Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1: 1.0
GMC f2: 0.0
Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor: _____

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RS	1.4
Accel	U1	RS	1.4
Accel	U2	RS	0.42

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 3. 15 Faktor Skala Gaya Arah X

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Design...

Modal Combination:

CQC GMC f1: SRSS GMC f2: Absolute Periodic + Rigid Type: GMC NRC 10 Percent Double Sum

Directional Combination:

SRSS CQC3 Absolute Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RS	0.42
Accel	U1	RS	0.42
Accel	U2	RS	1.4

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Modify/Show...

Gambar 3. 16 Faktor Skala Gaya Arah Y

3. Kontrol Desain

Hasil analisis struktur harus dikontrol sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- a. Kontrol partisipasi massa.
- b. Kontrol periode getar struktur.
- c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- d. Kontrol batas simpangan (*drift*)
- e. Kontrol sistem ganda

a. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi

massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 3.19 berikut :

Tabel 3. 19 Rasio Partisipasi Massa Hotel Alimar Surabaya

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.982339	0.476	0.08	0.0003295
MODAL	Mode	2	1.366406	0.64	0.586	0.0003515
MODAL	Mode	3	1.139675	0.713	0.722	0.0004855
MODAL	Mode	4	0.498908	0.804	0.725	0.00421
MODAL	Mode	5	0.360896	0.816	0.845	0.0046
MODAL	Mode	6	0.288605	0.822	0.848	0.009301
MODAL	Mode	7	0.2834	0.871	0.855	0.011
MODAL	Mode	8	0.181745	0.887	0.856	0.012
MODAL	Mode	9	0.170223	0.89	0.902	0.013
MODAL	Mode	10	0.168901	0.902	0.902	0.305
MODAL	Mode	11	0.147744	0.909	0.902	0.341
MODAL	Mode	12	0.136989	0.913	0.903	0.358
MODAL	Mode	13	0.133017	0.919	0.903	0.412
MODAL	Mode	14	0.126965	0.921	0.905	0.42
MODAL	Mode	15	0.113665	0.923	0.906	0.425
MODAL	Mode	16	0.110462	0.923	0.927	0.426
MODAL	Mode	17	0.091968	0.934	0.927	0.427
MODAL	Mode	18	0.08857	0.935	0.937	0.43
MODAL	Mode	19	0.070614	0.949	0.938	0.43
MODAL	Mode	20	0.070145	0.949	0.951	0.434
MODAL	Mode	21	0.046696	0.97	0.953	0.435
MODAL	Mode	22	0.046242	0.971	0.977	0.439
MODAL	Mode	23	0.028698	0.971	0.991	0.444
MODAL	Mode	24	0.027357	0.99	0.991	0.445

Dari tabel di atas didapat pada mode ke 10 partisipasi massa arah X sebesar 90,2% dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,1% pada moda ke 9. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-

03-1726-2012 Psl. 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

b. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Psl. 7.8.2.1, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 3.20 sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 15.

Tabel 3. 20 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Kontrol periode dilakukan sesuai dengan arah permodelan gedung sesuai dengan NEHRP-FEMA 451. Permodelan gedung pada arah Barat-Timur (B-T) yang searah sumbu x menggunakan sistem ganda dan pada arah Utara-Selatan (U-S) yang searah sumbu y menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.

a. Arah Barat-Timur (B-T)

$$C_t = 0,0488 \text{ (semua sistem struktur lainnya)}$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 54,2 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0,0488 \cdot 54,2^{0,75}$$

$$= 0,974 \text{ detik}$$

Nilai C_u didapat dari Tabel sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 14, untuk nilai $S_{D1} = 0,492$.

Tabel 3. 21 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

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

maka :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 0,975 = 1.364 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode struktur didapat $T = 1.359$ detik (mode 2). Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \cdot T_a$. Jadi analisis struktur gedung masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

b. Arah Utara-Selatan (U-S)

$$C_t = 0,0466 \text{ (rangka beton pemikul momen)}$$

$$x = 0,9$$

$$h_n = 54,2 \text{ m}$$

maka :

$$T_a = 0,0466 \cdot 54,2^{0,9} \\ = 1,694 \text{ detik}$$

Nilai C_u didapat dari Tabel sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Tabel 14, untuk nilai $S_{D1} = 0,492$.

Tabel 3. 22 Koefisien untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung

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

maka :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,694 = 2,372s$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode struktur didapat $T = 1.713$ detik (mode 1). Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \cdot T_a$. Jadi analisis struktur gedung masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

c. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SDs}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.6067}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.0867$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{1,641\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0523$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,6067 \cdot 1 \\ &= 0.0267 \end{aligned}$$

Maka diambil $C_s = 0.0267$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan berat total struktur adalah 81107 kN Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0.02667 \cdot 81107\text{kN} \\ &= 2165 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$85\% \cdot V_{\text{statik}} = 1840,3\text{kN}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 3. 23 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kN	kN
Quake X	1758,804	1686.1
Quake Y	1701.926	2393,872

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1758,804 \text{ kN} > 1840,3 \text{ kN}$$
- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$2393,872 \text{ kN} > 1840 \text{ kN}$$

Dari kontrol di atas, analisis struktur Hotel Alimar arah x masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V}$.

Untuk arah X :

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,027 \cdot 81107}{1758,804} = 1,046$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 3. 24 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kN	kN
Quake X	1843.111	1451.125
Quake Y	1321.705	2396.67

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1843,111 \text{ kN} > 1840 \text{ kN}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

δ_{ei} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_i = Perpindahan yang diperbesar
= $C_d \cdot \delta_{ei} / I_e$

Δ_i = Simpangan antar lantai tingkat desain
= $(\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}) C_d / I_e$

$\Delta_i < \Delta_a$

Δ_a = Simpangan antar lantai tingkat ijin
= $0.020 h_{sx}$ (Tabel 16 SNI 1726 2012)

Untuk rangka pemikul momen yang dirancang untuk kategori desain seismik D tidak boleh melebihi Δ_a / ρ (Pasal 7.12.1.1 SNI 1726 2012)

$\rho = 1.3$ (Pasal 7.3.4.2 SNI 1726 2012)

Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5.5$ (Tabel 9 SNI 1726 2012)

Faktor keutamaan gempa, $I_e = 1$ (faktor keutamaan gempa)

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur portal :

Tabel 3. 25 Simpangan Sumbu x

Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	δe_i	δ_i	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δ_i	Δa	Ket
			(dari SAP)	(Cd. $\delta e_i/le$)		($\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$)	(0.020 hsx)/ ρ	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	50.2	4	58.9681	324.325	3.4031	18.71705	61.538	OK
12	46.2	4	55.565	305.608	3.9221	21.57155	61.538	OK
11	42.2	4	51.6429	284.036	4.5037	24.77035	61.538	OK
10	38.2	4	47.1392	259.266	5.0362	27.6991	61.538	OK
9	34.2	4	42.103	231.567	5.5115	30.31325	61.538	OK
8	30.2	4	36.5915	201.253	5.9203	32.56165	61.538	OK
7	26.2	4	30.6712	168.692	6.2387	34.31285	61.538	OK
6	22.2	4	24.4325	134.379	6.2331	34.28205	61.538	OK
5	18.2	5	18.1994	100.097	6.8515	37.68325	76.923	OK
4	13.2	5	11.3479	62.413	5.8704	32.2872	76.923	OK
3	8.2	5	5.4775	30.126	4.3406	23.8733	76.923	OK
2	3.2	3.2	1.1369	6.253	1.1369	6.25295	49.231	OK

Tabel 3. 26 Simpangan Sumbu y

Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	δe_i	δ_i	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δ_i	Δa	Ket
			(dari SAP)	(Cd. $\delta e_i/le$)		($\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$)	(0.020 hsx)/ ρ	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	50.2	4	27.2412	149.827	1.7583	9.67065	61.538	OK
12	46.2	4	25.4829	140.156	2.0148	11.0814	61.538	OK
11	42.2	4	23.4681	129.075	-1.0208	-5.6144	61.538	OK
10	38.2	4	24.4889	134.689	2.7283	15.00565	61.538	OK
9	34.2	4	21.7606	119.683	5.2886	29.0873	61.538	OK
8	30.2	4	16.472	90.596	2.6041	14.32255	61.538	OK
7	26.2	4	13.8679	76.273	2.6701	14.68555	61.538	OK
6	22.2	4	11.1978	61.588	2.6973	14.83515	61.538	OK
5	18.2	5	8.5005	46.753	3.2517	17.88435	76.923	OK
4	13.2	5	5.2488	28.868	2.7938	15.3659	76.923	OK
3	8.2	5	2.455	13.503	1.982	10.901	76.923	OK
2	3.2	3.2	0.473	2.602	0.473	2.6015	49.231	OK

5. Kontrol Sistem Ganda

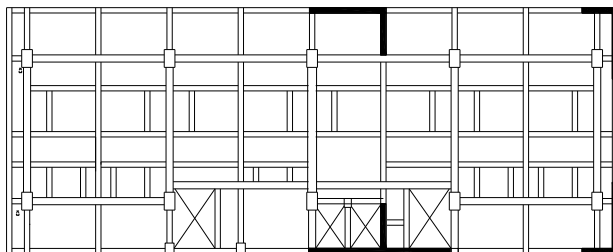
Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.2.5.1).

Tabel 3. 27 Distribusi Penahan Gaya Gempa

OutputCase	SRPM		SW		x		Y	
	F1	F2	F1	F2	SRPM	SW	SRPM	SW
Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	%	%	%	%
RS X	1223.027	499.371	1104.071	1466.483	52.55589	47.44411	25.40224	74.59776
RS Y	715.996	674.62	998.433	2008.405	41.76294	58.23706	25.14401	74.85599

Dapat dilihat pada tabel di atas, rangka pemikul momen mampu menahan lebih dari 25 persen gaya gempa desain pada arah x dan y. Maka, kontrol sistem ganda terpenuhi.

Proses penentuan letak *shearwall* dilakukan dengan *trial and error* dan dilakukan pengecekan kontrol dinamis serta kontrol sistem ganda sesuai dengan SNI 03-1726-2012 seperti langkah diatas hingga mendapatkan letak *shearwall* yang paling efektif. Berikut adalah letak *shearwall* hasil dari analisis yang telah dilakukan :

Gambar 3. 17 Denah *Shearwall*

3.4 Analisa Gaya Dalam Struktur

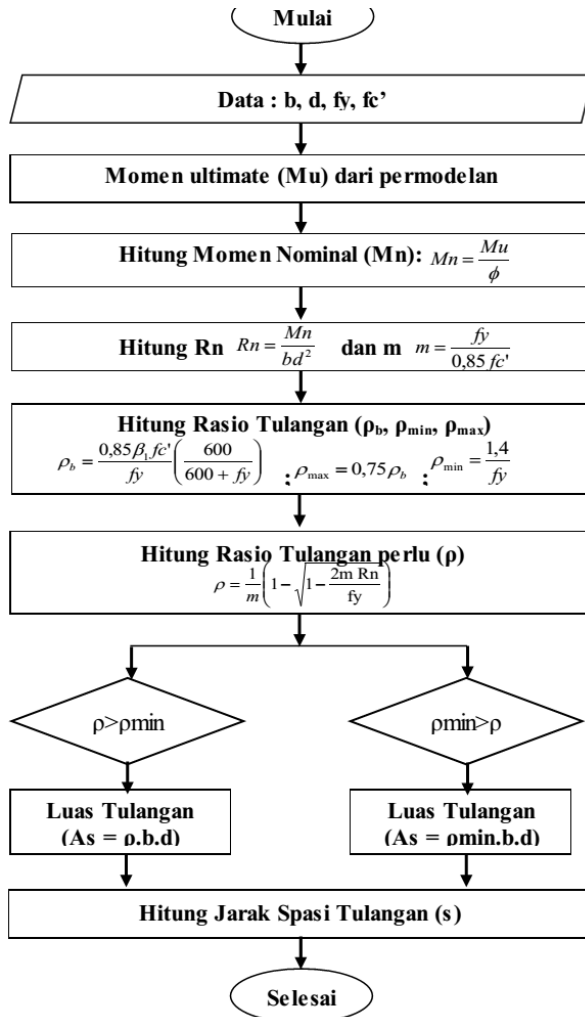
Analisa oleh program SAP 2000 akan menghasilkan output nilai gaya geser (D), momen lentur (M), momen torsi (T), dan nilai gaya aksial (P) yang akan digunakan dalam perhitungan-perhitungan selanjutnya. Analisa dilakukan pada permodelan yang akan dicari kebutuhan tulangnya.

3.5 Perhitungan Struktur Sekunder

Melakukan perhitungan tulangan pada :

1. Plat lantai
2. Tangga

3. Balok anak
4. Balok penumpu lift

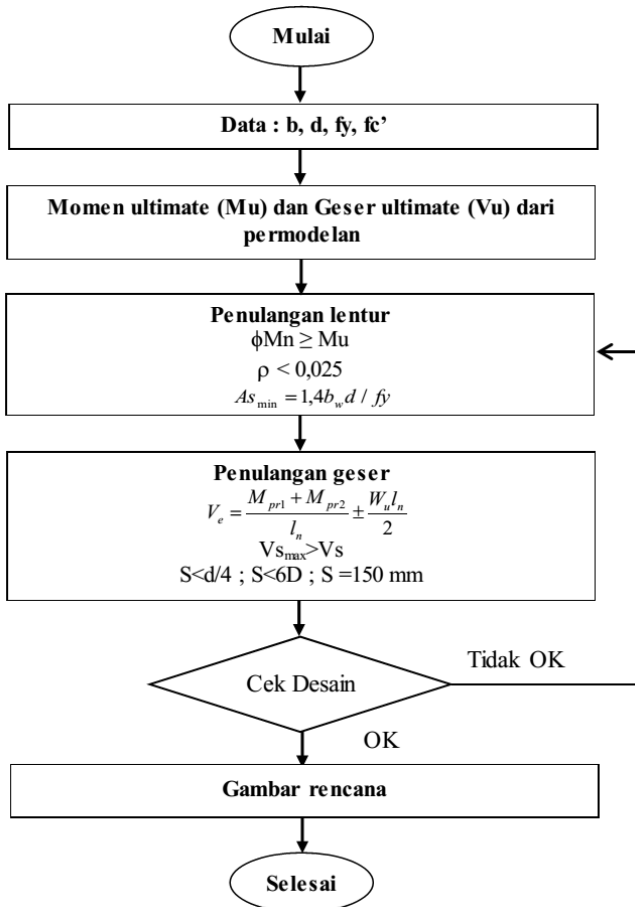


Gambar 3. 18 Diagram Alir Perhitungan Plat

3.6 Perhitungan Penulangan Struktur Primer

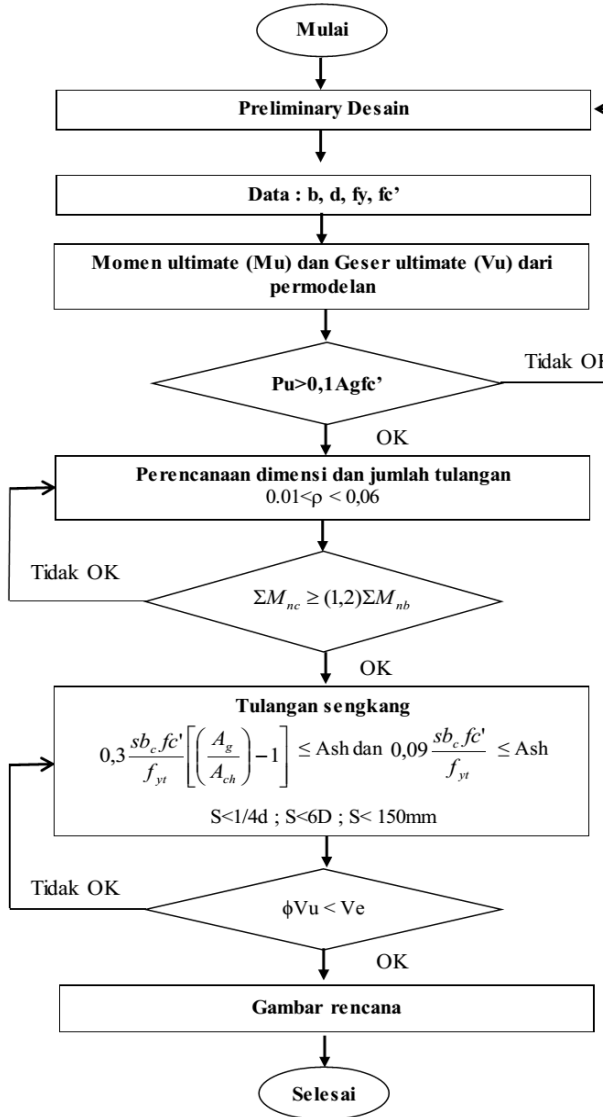
Perhitungan penulangan struktur dilakukan setelah didapatkan gaya dalam yang terjadi pada struktur. Perhitungan Struktur primer meliputi perhitungan penulangan balok, kolom, hubungan balok kolom dan *Shearwall*.

1. Balok : SNI 03- 2847-2013 Psl. 21.5



Gambar 3. 19 Diagram Alir Perhitungan Balok

2. Kolom : SNI 03- 2847-2013 Psl. 21.6



Gambar 3. 20 Diagram Alir Perhitungan Kolom

3. Joint rangka momen khusus : SNI 03- 2847-2013 Psl. 21.7
4. *Shearwall* : SNI 03- 2847-2013 Psl. 21.9

3.7 Cek Persyaratan Desain

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

3.8 Penggambaran Hasil Perencanaan

Setelah semua perhitungan dan perencanaan selesai, maka dilakukan penggambaran menggunakan autocad, yaitu :

1. Gambar Arsitektur
 - a. Gambar denah
 - b. Gambar tampak
2. Gambar Potongan
 - c. Potongan memanjang
 - d. Potongan melintang
3. Gambar Penulangan
 - a. Gambar penulangan pelat
 - b. Gambar penulangan tangga
 - c. Gambar penulangan balok, kolom, hubungan balok kolom
 - d. Gambar penulangan *shearwall*

3.9 Metode Pelaksanaan

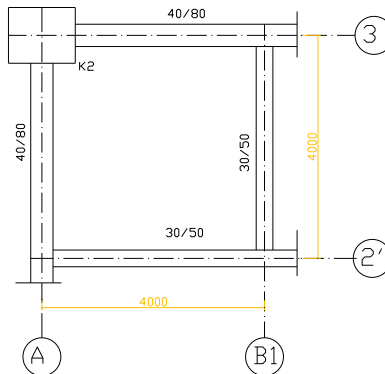
Perencanaan metode pelaksanaan hanya untuk *shearwall* saja.

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Perencanaan pelat

4.1.1 Pelat lantai

Perencanaan dan perhitungan pelat lantai diambil contoh salah satu plat pada pada lantai tiga yang berfungsi sebagai lobi yaitu pelat tipe C yang berada pada elevasi +8,2 m.



Gambar 4. 1 Plat tipe C

4.1.2 Pembebanan pelat lantai

Beban Mati :

- Berat sendiri plat	$= 0.12 \times 2400$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung		$= 20 \text{ kg/m}^2$
- Berat ducting dan plumbing		$= 19 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik		$= 15 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi keramik		$= 38 \text{ kg/m}^2$
	q_{Dtotal}	$= 380 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai lobi $= 479 \text{ kg/m}^2$

4.1.3 Perhitungan tulangan pelat lantai

Berikut ini adalah data perencanaan pelat lantai :

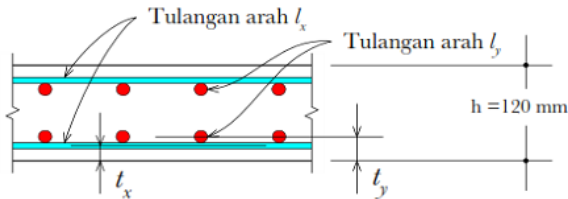
- a. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa

- b. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
- c. $\beta = 0,85$
- d. Tebal Pelat (h) = 120 mm
- e. Tebal Selimut beton = 20 mm
- f. Diameter Tulangan Lentur = 10 mm
- g. Diameter Tulangan Susut = 10 mm
- h. Bentang Pelat sb. panjang (l_y) = 3650 mm
- i. Bentang Pelat sb. pendek (l_x) = 3650 mm

Beban ultimate

$$\begin{aligned}
 - \quad q_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 (380) + 1,6 (479) \\
 &= 1222,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3650}{3650} = 1,0 \text{ (pelat dua arah)}$$



$$\begin{aligned}
 dx &= h - \text{tebal selimut} - 0,5 \text{ } \varnothing \text{ tul. lentur} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 0,5 (10 \text{ mm}) = 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= h - \text{tebal selimut} - \varnothing \text{ tul. lentur} - 0,5 \varnothing \text{ tul. susut} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 0,5 (10 \text{ mm}) = 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Momen momen yang terjadi pada plat dihitung sesuai dengan tabel PBI 1971.

1. Penulangan lapangan arah x

$$\begin{aligned} \text{Mulx} &= 0,001 \text{ qu } lx^2 \quad X \\ &= 0,001 (1222,4 \text{ kg/m}^2) (3,65 \text{ m})^2 \cdot 21 \\ &= 332,6884 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{332,6884}{0,8} = 415,8605 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{415,8605}{1000 \cdot 95^2} = 0,46079$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,460}{400}} \right) \\ &= 0,00116 \end{aligned}$$

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

$$0,0035 < 0,00116 < 0,0284 \text{ (No oke)}$$

$$\text{Maka } \rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,001508$$

$$1,3\rho_{\text{perlu}} = 0,001508 < \rho_{\min} = 0,0035 \text{ maka digunakan } \rho_{\min}.$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} b d_x \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 95 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Spasi tulangan } \max \leq 2h = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan tulangan D10 - 200}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} \end{aligned}$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} > A_s \text{ maka tulangan D10-200 dapat digunakan.}$$

2. Penulangan lapangan arah y

$$\begin{aligned} \text{Muly} &= 0,001 \text{ qu } lx^2 \quad \text{X} \\ &= 0,001 (1222,4 \text{ kg/m}^2) (3,65 \text{ m})^2 \cdot 21 \\ &= 332,6884 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{332,6884}{0,8} = 415,8605 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdy^2} = \frac{415,8605}{1000 \cdot 85^2} = 0,57559$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,576}{400}} \right) \\ &= 0,00145 \end{aligned}$$

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

$$0,0035 < 0,00145 < 0,0284 \text{ (No oke)}$$

Maka dihitung $\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,001885$.

$1,3\rho_{\text{perlu}} = 0,001885 < \rho_{\min} = 0,0035$ maka digunakan ρ_{\min} .

$$As = \rho_{\min} b d_y$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 85$$

$$= 297,5 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

$$As_{\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

$As_{\text{pasang}} > As$ maka tulangan D10-200 dapat digunakan.

3. Penulangan tumpuan arah x

$$\begin{aligned} \text{Mutx} &= 0,001 \text{ qu } lx^2 \quad \text{X} \\ &= 0,001 (1222,4 \text{ kg/m}^2) (3,65 \text{ m})^2 \cdot 52 \\ &= 823,7998 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{823,7998}{0,8} = 1029,75 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdy^2} = \frac{1029,75}{1000.95^2} = 1,141$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.1,141}{400}} \right)$$

$$= 0,0029$$

$$\rho_{\min} < \rho_{perlu} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0029 < 0,0284 \text{ (No oke)}$$

Maka dihitung $\rho_{perlu} = 1,3 \times \rho_{perlu} = 0,00377$.

$1,3\rho_{perlu} = 0,00377 > \rho_{\min} = 0,0035$ maka digunakan $1,3\rho_{perlu}$.

$$As = \rho_{perlu} b d_x$$

$$= 0,00377.1000.95$$

$$= 359,311 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

$$As_{pasang} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

$As_{pasang} > As$ maka tulangan D10-200 dapat digunakan.

4. Penulangan tumpuan arah y

$$\text{Mutu} = 0,001 \text{ qu } lx^2 \quad X$$

$$= 0,001 (1222,4 \text{ kg/m}^2) (3,65 \text{ m})^2 \cdot 52$$

$$= 823,7998 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{823,7998}{0,8} = 1029,75 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdy^2} = \frac{1029,75}{1000.85^2} = 1,425$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.1,425}{400}} \right)$$

$$= 0,00365$$

$$\rho_{\min} < \rho_{perlu} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00365 < 0,0284 \text{ (oke)}$$

$$A_s = \rho_{perlu} b d_y$$

$$= 0,00365.1000.85$$

$$= 310,492 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

$A_{s_{pasang}} > A_s$ maka tulangan D10-200 dapat digunakan.

5. Tulangan susut

Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,0014 (SNI 2847-2013 psl. 7.12.2.1).

$$A_{s_{susut}} = \rho b t$$

$$= 0,0014.1000.120$$

$$= 168 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan : $S_{\max} \leq 5h = 600 \text{ mm}$ atau $S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$ (SNI 2847-2013 psl. 7.12.2.2).

Digunakan tulangan $\emptyset 8 - 150$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{150} \\
 &= 335.1032 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$ maka tulangan $\emptyset 8-150$ dapat digunakan.

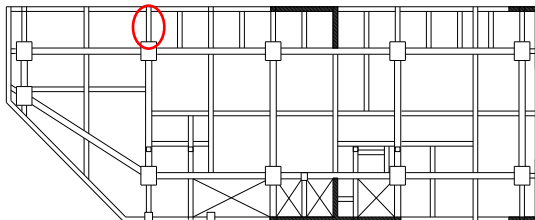
Berikut ini adalah hasil perhitungan tulangan lentur plat arah x dan y sesuai dengan letak plat per lantai :

Tabel 4. 1 Penulangan Plat Lantai

Letak Plat	Tulangan		Letak Plat	Tulangan	
	D	s		D	s
	mm	mm		mm	mm
Lantai 1	10	100	Lantai 7	10	200
Lantai 2	10	150	Lantai 8	10	200
Lantai 3	10	200	Lantai 9	10	200
Lantai 4	10	200	Lantai 10	10	200
Lantai 5	10	200	Lantai 11	10	200
Lantai 6	10	200	Lantai 12	10	200

4.2 Perencanaan balok anak

Perencanaan dan perhitungan balok diambil contoh salah satu tipe yaitu balok BA4 yang terletak pada lantai 3 bangunan elevasi +8,2 m.

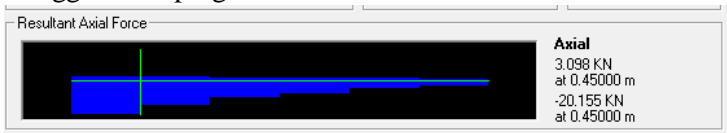


Gambar 4. 2 Balok Anak yang Ditinjau

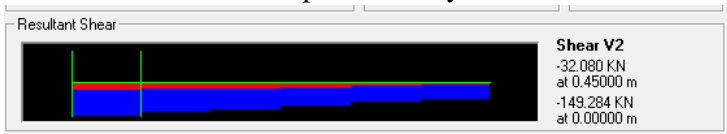
Berikut ini adalah data perencanaan balok :

1. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
2. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
3. β = 0,85
4. Lebar balok (b) = 300 mm
5. Tinggi balok (h) = 500 mm
6. Bentang balok = 2,8 m
7. Bentang bersih balok = 2,5 m
8. Tebal Selimut beton = 40 mm
9. Diameter Tulangan Lentur = 22 mm
10. Diameter tulangan geser = 13 mm
11. Diameter tulangan torsi = 13 mm

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 4. 3 Hasil Output SAP Gaya Aksial Balok Anak



Gambar 4. 4 Hasil Output SAP Gaya Geser Balok Anak

4.2.1 Penulangan torsi balok



Gambar 4. 5 Hasil Output SAP Torsi Balok Anak

Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang

$$A_{cp} = b \cdot h = 300 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} = 150000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(300\text{mm}+500\text{mm}) = 1600 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser}) \cdot (h-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser}) \\ &= (300 \text{ mm}-2 \cdot 40\text{mm}-13\text{mm}) \cdot (500\text{mm}-2 \cdot 40\text{mm}-13\text{mm}) \\ &= 84249 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2((b-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser})+(h-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser})) \\ &= 2((300 \text{ mm}-2 \cdot 40\text{mm}-13\text{mm})+(500\text{mm}-2 \cdot 40\text{mm}-13\text{mm})) \\ &= 1228 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_u = 16,9974 \text{ kNm}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{16,9974}{0,75} = 22,6632 \text{ kNm}$$

Cek pengaruh momen torsi

Pengaruh torsi dapat diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u kurang dari (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.1) :

$$\begin{aligned} T_{u \text{ min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \sqrt{35} \left(\frac{150000^2}{1600} \right) \\ &= 5,179 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$T_u = 16,9974 \text{ kNm} > T_{u \text{ min}} = 5,179 \text{ kNm}$ maka pengaruh torsi diperhitungkan.

Cek kecukupan penampang menahan momen torsi

Dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor harus memenuhi (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.1) :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$1,679 + 2,9923 < 3,668$$

$$2,161 < 3,668 \text{ (OKE)}$$

Maka dimensi penampang mencukupi.

Menghitung tulangan torsi sebagai berikut :

1. Menghitung A_o (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6)

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 84249 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 71611,7 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan torsi transversal

Menghitung A_t/s

Dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta}$$

Untuk beton non prategang, $\theta=45^\circ$ (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6).

$$\frac{A_t}{s} = \frac{22663200}{2 \cdot 71611,65 \cdot 400 \cdot \cot 45} = 0,3956 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d = \frac{\sqrt{35}}{6} 300 \cdot 384 = 113589 \text{ N} = 113,59 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{368,25}{0,75} = 490,997 \text{ kN}$$

$$V_n = 490,997 \text{ kN} > V_c = 113,589 \text{ kN}$$

Untuk tulangan geser minimum. Karenanya disediakan sengkang geser.

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 490,997 \text{ kN} - 113,5887 \text{ kN} \\ &= 377,408 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{377408}{240 \cdot 436} = 3,607 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{vt}}{s} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= 0,791 + 3,607 = 4,398 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

Dipasang sengkang :

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 3 \text{ kaki}$$

$$A_v = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 80 \text{ mm}$$

$Av/s \text{ pasang} > Av/s \text{ perlu}$
 $4,9775 \text{ mm}^2 > 4,398 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$

3. Tulangan torsi longitudinal

1. Tulangan torsi perlu (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.7)

$$Al = \frac{At}{s} Ph \frac{F_{yt}}{F_y} \cot^2 \theta$$

$$Al = 0,396.1228 \frac{400}{400} \cot^2 45$$

$$= 485,787 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan torsi longitudinal minimum (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.5.3)

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dimana At/s tidak boleh kurang dari $0,175bw/f_{yt}$

$$\frac{At}{s} = 0,175 \frac{bw}{f_{yt}}$$

$$= 0,175 \frac{300}{400} = 0,131$$

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \frac{F_{yt}}{F_y}$$

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{35} \cdot 150000}{400} - 0,1313 \cdot 1228 \frac{400}{400} = 770,608 \text{ mm}^2$$

$Al \text{ perlu} > Al \text{ min}$

$$485,787 \text{ mm}^2 > 770,61 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $Al \text{ min}$.

Luasan tulangan torsi longitudinal dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{770,61}{4} = 192,65 \text{ mm}^2$$

1. $\frac{1}{4} Al$ ditempatkan ke sudut sudut teratas yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tarik balok = $192,65 \text{ mm}^2$

2. $\frac{1}{4}$ Al ditempatkan ke sudut-sudut terbawah sengkang yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tekan balok = $192,65 \text{ mm}^2$
3. $\frac{1}{2}$ Al didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

Tulangan torsi sisi tepi

As perlu = $385,304 \text{ mm}^2$

Dipasang tulangan

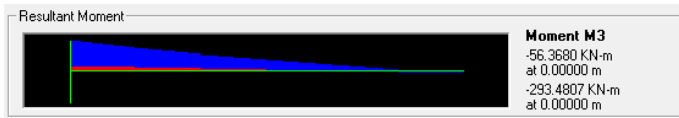
As pasang = 4D13

As pasang > As perlu

$530,93 \text{ mm}^2 > 385,304 \text{ mm}^2$ (OKE).

Maka tulangan 4D13 dapat digunakan.

4.2.2 Penulangan lentur balok



Gambar 4. 6 Hasil Output SAP Momen Balok Anak

4.2.2.1 Penulangan lentur tumpuan

1. Hitung M_u dan M_n

$M_u = 293.48 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{293,48}{0,9} = 326,089 \text{ kgm}$$

2. Hitung X_b (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 35} 436 = 261.6 \text{ mm}$$

3. Hitung X_r (garis netral rencana)

$$X_r \text{ max} \leq 0.75 X_b = 196.2 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ min} \leq h - d = 64 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ pakai} = 90 \text{ mm (asumsi)}$$

4. Hitung luas tulangan tarik (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{0,85\beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 90}{400}$$

$$= 1706,91 \text{ mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (M_{nc})

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 3287,38 \cdot 400 \left(436 - \frac{0,85 \cdot 90}{2} \right)$$

$$= 271,569 \text{ Nmm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (M_{ns})

- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan
- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 54,521 \text{ Nmm} > 0$$

Maka perlu tulangan tekan

7. Bila perlu tulangan tekan, hitung

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$C_s' = T_2 = \frac{54520882,29 \text{ Nmm}}{436 \text{ mm} - 64 \text{ mm}} = 146562 \text{ N}$$

8. Hitung

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r} \right) 0,003 E_s \geq f_y$$

- Apabila $f_s' \geq f_y$ maka tulangan tekan leleh, dipakai nilai f_y sebagai f_s' .
- Apabila $f_s' \leq f_y$ maka tulangan tekan tidak leleh, dipakai nilai f_s' sebagai f_s'

$$f_s' = \left(1 - \frac{64}{90} \right) 0,003 \cdot 200000 = 173,333 \text{ MPa}$$

$f_s' = 173,333 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$ maka tulangan tekan tidak leleh, dipakai nilai $f_s' = 304,615 \text{ MPa}$

9. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85f_c')}$$

$$A_s' = \frac{146562}{(173,33 - 0,85 \cdot 35)} = 1020,74 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

$$A_{ss} = \frac{146562}{400} = 366,404 \text{ mm}^2$$

10. Tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_s &= A_{sc} + A_{ss} \\ &= 1706,91 \text{ mm}^2 + 366,404 \text{ mm}^2 \\ &= 2073,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s' = A_s' = 2073,31 \text{ mm}^2$$

A_s dan A_s' ditambah dengan luasan tambahan torsi untuk lentur sehingga menjadi :

$$A_s = 2265,96 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1213,39 \text{ mm}^2$$

Maka:

1. Tulangan lentur tarik

Tulangan lentur tarik digunakan 6 D22 dengan $A_s = 2280,8 \text{ mm}^2$. A_s pasang = $2280,8 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu = $2265,96 \text{ mm}^2$ (OKE)

- a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 2 lapis. Lapis pertama 4D22 dan lapis kedua 2D22.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 4 \cdot 22}{4 - 1} = 35 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 35 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned} d &= 500 \text{ mm} - (30 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 22 \text{ mm} + 0,5(30 \text{ mm})) \\ &= 684 \text{ mm}. \end{aligned}$$

- b. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{2280,8}{300.384} = 0,0198$$

$$0,0198 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

- c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300.384 = 425,958 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4.300.384 / 400 = 403,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 2280,8 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 403,2 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

- d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{2280,8}{0,85.35.300} = 102,2206 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9.2280,8.400 \left(384 - \frac{102.221}{2} \right)$$

$$= 273,331 \text{ kNm}$$

2. Tulangan lentur tekan

Tulangan lentur tekan digunakan 4 D22 dengan $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$. A_s pasang = $1520,53 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu = $1213,39 \text{ mm}^2$ (OKE)

- a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 4.22}{4 - 1} = 68,67 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 68,67 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned} d &= 500\text{mm} - (40\text{mm} + 13\text{mm} + 0,5 \cdot 22\text{mm}) \\ &= 436 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- b. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{1520,53}{400 \cdot 436} = 0,01162$$

$$0,01162 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

- c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300 \cdot 436 = 483,64 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s_{\min}} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s_{\min}} = 1,4 \cdot 300 \cdot 436 / 400 = 457,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 2280,8 \text{ mm}^2 > A_{s_{\min}} = 1030,4 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

- d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1520,53 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 68,147 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 1520,53 \cdot 300 \left(436 - \frac{68,147}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 220,011 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 psl. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

$$\phi M_n = 273,331 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 \phi M_{n-} &= 136,67 \text{ kNm} \\
 \phi M_{n+} &= 220,011 \text{ kNm} \\
 \phi M_{n+} &= 220,011 \text{ kNm} > 0,5 \phi M_{n-} = 136,67 \text{ kNm (OKE)}
 \end{aligned}$$

4.2.2.2 Penulangan lentur lapangan

1. Hitung Mu dan Mn

$$M_u = 56,37 \text{ kN}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{56,37}{0,9} = 62,631 \text{ kN}$$

2. Hitung Xb (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} 436 = 261,6 \text{ mm}$$

3. Hitung Xr (garis netral rencana)

$$X_r \text{ max} \leq 0,75 X_b = 196,2 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ min} \leq h - d = 64 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ pakai} = 59,5 \text{ mm (asumsi)}$$

4. Hitung luas tulangan tarik (Asc)

$$A_{sc} = \frac{0,85 \beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 59,5}{400}$$

$$= 1128,45 \text{ mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (Mnc)

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1128,45 \cdot 400 \left(436 - \frac{0,85 \cdot 59,5}{2} \right)$$

$$= 185,3881783 \text{ Nmm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (Mns)

- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan

- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= -122,76 \text{ Nmm} < 0$$

Maka tidak perlu tulangan tekan.

Perhitungan penulangan selanjutnya dilakukan dengan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

1. Tulangan lentur tarik

$$M_n = 62.631 \text{ kgm} = 62631111.1 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{62631111.1}{300 \cdot 436^2} = 1,09824 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,098}{400}} \right)$$

$$= 0,0027982$$

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

$$0,0035 < 0,002798231 < 0,0284 \text{ (OKE)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,0035 \cdot 300 \cdot 436$$

$$= 457,8 \text{ mm}^2$$

Luasan ditambah dengan luasan tambahan torsi menjadi 192,652 mm².

Maka digunakan tulangan 3D22 dengan $A_s = 1140,398 \text{ mm}^2$.

$A_s \text{ pasang} = 1140,398 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 650,452 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$

a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2.40 - 2.13 - 22.3}{3 - 1} = 64 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 64 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned} d &= 500 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 0.5(22 \text{ mm})) \\ &= 436 \text{ mm.} \end{aligned}$$

b. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{1140.398}{300.436} = 0,00872$$

$$0,00775 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300.436 = 483.639 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4.400.436 / 300 = 457,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 1140,398 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 457,8 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1140,398.400}{0,85.35.300} = 51.110 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9.1140,398.400 \left(436 - \frac{51.110}{2} \right)$$

$$= 168.5054 \text{ kNm}$$

2. Tulangan lentur tekan

Digunakan tulangan 3D22 dengan $A_s = 1140,398 \text{ mm}^2$.

a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2.40 - 2.13 - 3.22}{3 - 1} = 64 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 64 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$d = 500 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 0,5 \cdot (22 \text{ mm})) \\ = 436 \text{ mm.}$$

b. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{1140,398}{300 \cdot 436} = 0,00872$$

$$0,00775 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300 \cdot 436 = 483,639 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4 \cdot 300 \cdot 436 / 400 = 457,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 1140,398 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 457,8 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1140,398 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 51,110 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi Mn &= \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 1140,398 \cdot 400 \left(436 - \frac{51,110}{2} \right) \\ &= 168.5054 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 psl. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

$$\phi Mn- = 168,5054 \text{ kNm}$$

$$0,5 \phi Mn- = 84,2526 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn+ = 168,505 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn+ = 168,505 \text{ kNm} > 0,5 \phi Mn- = 84,2526 \text{ kNm (OKE)}$$

4.2.3 Penulangan geser balok

1. Momen nominal

Tulangan lentur yang digunakan pada daerah tumpuan kanan dan kiri yaitu :

Tulangan tarik : 6D22 dengan $A_s = 2280,796 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan : 4D22 dengan $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$

a. Momen nominal kiri :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2280,8 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 102,2 \text{ mm}$$

$$Mnl = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2280,8 \cdot 400 \left(436 - \frac{102,22}{2} \right)$$

$$= 351.142 \times 10^6 \text{ Nmm} = 351,142 \text{ KNm}$$

b. Momen nominal kanan :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1520,53 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 68,147 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mnr &= As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1520,53 \cdot 400 \left(436 - \frac{68,147}{2} \right) \\
 &= 244,457 \times 10^6 \text{ Nmm} = 244,457 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

2. Perencanaan sengkang pada daerah tumpuan
 Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari Output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1,0L:



Gambar 4. 7 Hasil Output SAP Gaya Geser 1,2D + 1,0L Balok Anak

$$Vg = 130,01 \text{ KNm}$$

$$Vu = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + \frac{Wu + ln}{2}$$

$$= \frac{Mnl + Mnr}{ln} + Vg$$

$$= \frac{351.142 + 244.457}{2,2} + 130,008 = 368,247 \text{ KN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{fc'bw.d} = \frac{1}{6} \sqrt{35 \cdot 300 \cdot 384} = 113589 \text{ N} = 113,59 \text{ KN}$$

$$Vs_{\min} = \frac{1}{3} bw.d = \frac{1}{3} 300 \cdot 384 = 38400 \text{ N}$$

$$Vs_{\max} = \frac{1}{3} \sqrt{fc'bw.d} = \frac{1}{3} \sqrt{35 \cdot 300 \cdot 384} = 227177 \text{ N}$$

$$Vs = \frac{2}{3} \sqrt{fc'bw.d} = \frac{2}{3} \sqrt{35 \cdot 300 \cdot 384} = 454335 \text{ N}$$

Cek kondisi geser

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5\phi Vc$$

$$368247,5 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 113588,7$$

$$368247,5 \leq 42595,8N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 2

$$0,5\phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 113589 \leq 368247 \leq 0,75 \cdot 113589$$

$$42595,8 \leq 368247 \leq 85191,5N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 3

$$\phi Vc \leq Vu \leq \phi(Vc + Vs_{\min})$$

$$0,75 \cdot 113589 \leq 368247,5 \leq 0,75(113589 + 38400)$$

$$85191,5 \leq 368247,5 \leq 113991,5N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 4 (perlu tulangan geser)

$$\phi(Vc + Vs_{\min}) \leq Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} bw.d \right)$$

$$0,75(113589 + 38400) \leq 368247,5 \leq 0,75(113588,7 + 227177,464)$$

$$113992 \leq 368247,46 \leq 255574,6N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 5 (perlu tulangan geser)

$$\phi(Vc + Vs_{\min}) \leq Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} bw.d \right)$$

$$0,75(113589 + 227177) \leq 368247,5 \leq 0,75(113588,7 + 454354,927)$$

$$255575 \leq 368347,5 \leq 42598N$$

(Memenuhi)

$$V_{s_{perlu}} = \frac{Vu - \phi Vc}{\phi} = \frac{368,247 - 0,75 \cdot 223588,7}{0,75} = 377,408 N$$

Digunakan tulangan sengkang $\emptyset 13$.

$$\begin{aligned} A_v &= 2,0,25\pi D^2 \\ &= 2,0,25 \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \\ &= 398,197 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.3.2) :

a. $d/4 = 96 \text{ mm}$

b. $8 D_{lentur} = 176 \text{ mm}$

c. $24 D_{seng} = 312 \text{ mm}$

maka $S_{max} = 96 \text{ mm}$

Tulangan dipasang dengan $s = 100 \text{ mm}$

$$V_{s_{pakai}} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{240 \cdot 398,2 \cdot 384}{100} = 366,978 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ pakai} = 366,978 \text{ kN} > V_s \text{ perlu} = 377,41 \text{ kN (OKE)}$$

Sehingga sengkang $\emptyset 13$ -100 dapat digunakan.

3. Sengkang di lapangan

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{1/2 \ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{1/2 \ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 (1/2 \ln - 2h)}{1/2 \ln} \\ &= \frac{368,2475(1/2 \cdot 2,5 - 2.500)}{1/2 \cdot 2,5} = 73,649 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek kondisi geser

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5\phi Vc$$

$$73649,49 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1135887$$

$$73649,49 \leq 425958 N$$

(Memenuhi)

Kondisi 2 (tulangan geser minimum)

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 1135887 \leq 73649 \leq 0,75 \cdot 1135887$$

$$425958 \leq 73649 \leq 851915,489 N$$

(memenuhi)

$$V_{s \text{ perlu}} = \frac{1}{3} b w \cdot d = \frac{1}{3} 300 \cdot 384 = 38400 N$$

Digunakan tulangan sengkang $\emptyset 13$.

$$\begin{aligned} A_v &= 2,0,25\pi D^2 \\ &= 2,0,25 \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \\ &= 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka $S_{\text{max}} = d/2 = 192 \text{ mm}$

Tulangan dipasang dengan $s = 250 \text{ mm}$

$$V_{s \text{ pakai}} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{240 \cdot 265,46 \cdot 384}{250} = 97860,9 N$$

$V_s \text{ pakai} = 97,86 \text{ kN} > V_s \text{ perlu} = 38,4 \text{ kN}$ (OKE)

Sehingga sengkang $\emptyset 13$ -250 dapat digunakan.

Berikut ini adalah hasil penulangan dari balok anak BA4 :

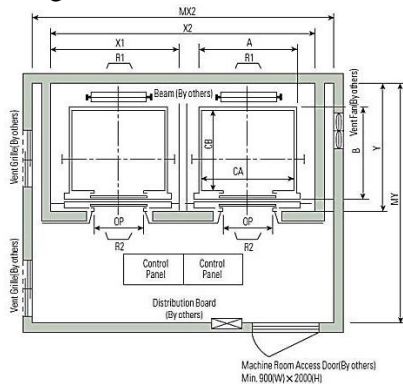
TIPE	BA 4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300/500	
TULANGAN ATAS	6D22	2D22
TULANGAN BAWAH	3D22	3D22
SENGKANG	3 $\emptyset 13$ -80	$\emptyset 13$ -250
TULANGAN TORSI	2x2D13	2x2D13

Gambar 4. 8 Hasil Penulangan Balok Anak BA4

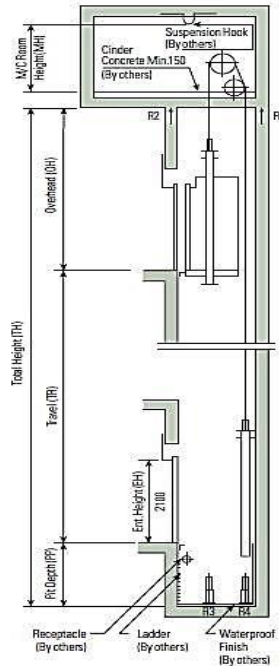
4.3 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur lift) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : *HYUNDAI*
- Kapasitas : 11 Orang /750 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 4000 x 1950 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*) Internal : 1400 x 1350 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4400 x 3850 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 $R_1 = 4550 \text{ kg}$
 $R_2 = 2800 \text{ kg}$



Gambar 4. 9 Denah Lift



Gambar 4. 10 Potongan Melintang Lift

Balok *lift* direncanakan menggunakan balok

- a. Pembebanan pada balok penumpu lift

- Beban mati

Berat balok penggantung lift

$$0,2 \times 0,35 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}$$

Berat sambungan, dll(10%)

$$= 16,8 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 184,8 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

$$q_U = 1.4 q_D$$

$$= 1.4 (184,8) = 258,72 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat lift

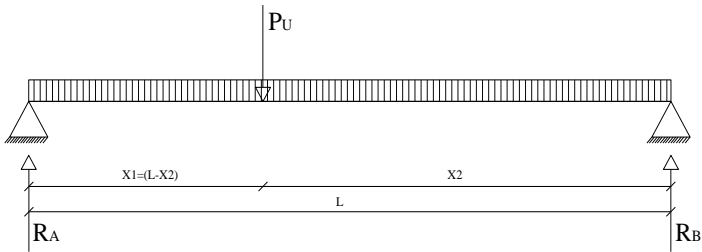
Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain)

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.

$$R_A = R_1 \cdot KLL = 4550 \times (1 + 50\%) = 6825 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \cdot KLL = 2800 \times (1 + 50\%) = 4200 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu *lift*



Gambar 4. 11 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - P_u \cdot X_2 = 0$$

$$6825 \cdot 2,8 = P_u \cdot X_2$$

$$P_u = \frac{19110}{X_2} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot L + P_u \cdot (L - X_2) = 0$$

$$-4200 \cdot 2,8 + \frac{19110}{X_2} (2,8 - X_2) = 0$$

$$-11760 + \frac{53508}{X_2} - 19110 = 0$$

$$\frac{53508}{X_2} = 30870$$

$$X_2 = 1,73 \text{ m}$$

$$X_1 = L - X_2$$

$$= 2,8 \text{ m} - 1,73 \text{ m}$$

$$= 1,07 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{19110}{X_2}$$

$$= \frac{19110}{1,73}$$

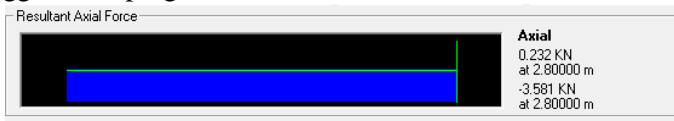
$$= 11046 \text{ kg}$$

Perencanaan Balok

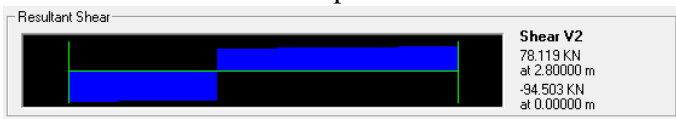
Berikut ini adalah data perencanaan balok :

1. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
2. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
3. β = 0,85
4. Lebar balok (b) = 300 mm
5. Tinggi balok (h) = 400 mm
6. Bentang balok = 8 m
7. Bentang bersih balok = 7,25 m
8. Tebal Selimut beton = 40 mm
9. Diameter Tulangan Lentur = 25 mm
10. Diameter tulangan geser = 13 mm
11. Diameter tulangan torsi = 13 mm

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.

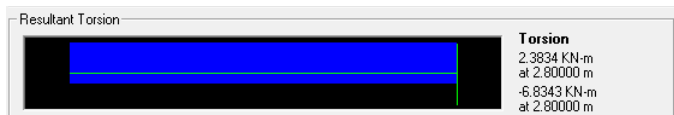


Gambar 4. 12 Hasil Output SAP Aksial Balok Lift



Gambar 4. 13 Hasil Output SAP Geser Balok Lift

4.3.1 Penulangan torsi balok



Gambar 4. 14 Hasil Output SAP Torsi Balok Lift

Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang

$$A_{cp} = b \cdot h = 300 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} = 150000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(300\text{mm}+500\text{mm}) = 1600 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser}) \cdot (h-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser}) \\ &= (300 \text{ mm}-2 \cdot 40\text{mm}-10\text{mm}) \cdot (400\text{mm}-2 \cdot 40\text{mm}-10\text{mm}) \\ &= 86100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2((b-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser})+(h-2 \cdot \text{tebal selimut}-D_{geser})) \\ &= 2((300 \text{ mm}-2 \cdot 40\text{mm}-10\text{mm})+(500\text{mm}-2 \cdot 40\text{mm}-10\text{mm})) \\ &= 1240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_u = 6,8343 \text{ KNm}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{6.8343}{0,75} = 9,1124 \text{ KNm}$$

Cek pengaruh momen torsi

Pengaruh torsi dapat diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u kurang dari (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.1) :

$$\begin{aligned} T_{u \text{ min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \sqrt{35} \left(\frac{150000^2}{1600} \right) \\ &= 5,1788 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$T_u = 6.8343 \text{ KNm} < T_{u \text{ min}} = 5.178 \text{ KNm}$ maka pengaruh torsi diabaikan.

Cek kecukupan penampang menahan momen torsi

Dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor harus memenuhi (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.1) :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$0,657456 + 0,4522 < 3,668$$

$$1,054 < 3,668 \text{ (OKE)}$$

Maka dimensi penampang mencukupi.

Menghitung tulangan torsi sebagai berikut :

1. Menghitung A_o (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6)

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 86100 \text{ mm}^2 \\ &= 73185 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Tulangan torsi transversal

Menghitung A_t/s

Dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta}$$

Untuk beton non pretegang, $\theta=45^\circ$ (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6).

$$\frac{A_t}{s} = \frac{9112400}{2 \cdot 73185 \cdot 400 \cdot \cot 45} = 0,1556 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d = \frac{\sqrt{35}}{6} 300 \cdot 388,5 = 114920 \text{ N} = 114,92 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{184,84}{0,75} = 246,4584 \text{ kN}$$

$$V_n = 246,458 \text{ kN} > V_c = 114,92 \text{ kN}$$

Untuk tulangan geser minimum. Karenanya disediakan sengkang geser.

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 246,458 \text{ kN} - 114,919 \text{ kN} \\ &= 131,539 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{131539}{240 \cdot 442} = 1,24 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{vt}}{s} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= 0,3113 + 1,24 = 1,5513 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

Dipasang sengkang :

$$\begin{aligned}
 D &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Jumlah} &= 2 \text{ kaki} \\
 A_v &= 157,08 \text{ mm}^2 \\
 \text{Spasi} &= 100 \text{ mm} \\
 A_v/s \text{ pasang} &> A_v/s \text{ perlu} \\
 1.708 \text{ mm}^2 &> 1,5513 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

3. Tulangan torsi longitudinal

1. Tulangan torsi perlu (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.7)

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \frac{F_{yt}}{F_y} \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,156.1240 \frac{400}{400} \cot^2 45$$

$$= 192,993 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan torsi longitudinal minimum (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.5.3)

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dimana A_t/s tidak boleh kurang dari $0,175 b_w / f_{yt}$

$$\frac{A_t}{s} = 0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$= 0,175 \frac{300}{400} = 0,131$$

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{F_{yt}}{F_y}$$

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{35} \cdot 150000}{400} - 0,1313 \cdot 1240 \frac{400}{400} = 769,033 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} > A_l \text{ min}$

$$192,993 \text{ mm}^2 > 769,03 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $A_l \text{ min}$.

Luasan tulangan torsi longitudinal dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{769,03}{4} = 192,26 \text{ mm}^2$$

1. $\frac{1}{4}$ Al ditempatkan ke sudut sudut teratas yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tarik balok = $192,258 \text{ mm}^2$
2. $\frac{1}{4}$ Al ditempatkan ke sudut-sudut terbawah sengkang yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tekan balok = $192,258 \text{ mm}^2$
3. $\frac{1}{2}$ Al didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.
4. Tulangan torsi sisi tepi
 As perlu = $384,516 \text{ mm}^2$
 Dipasang tulangan
 As pasang = 2D16
 As pasang > As perlu
 $402,12 \text{ mm}^2 > 384,516 \text{ mm}^2$ (OKE).

Maka tulangan 2D16 dapat digunakan.

4.3.2 Penulangan lentur tumpuan

1. Hitung Mu dan Mn
 $Mu = 77,31 \text{ KNm}$
 $Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{77,31}{0,9} = 85,897 \text{ KNm}$
2. Hitung Xb (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} 442 = 265,2 \text{ mm}$$
3. Hitung Xr (garis netral rencana)
 $X_r \text{ max} \leq 0,75 X_b = 198,9 \text{ mm}$
 $X_r \text{ min} \leq h - d = 58 \text{ mm}$
 $X_r \text{ pakai} = 64 \text{ mm}$ (asumsi)
4. Hitung luas tulangan tarik (Asc)

$$A_{sc} = \frac{0,85 \beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 64}{400}$$

$$= 1213,8 \text{ mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (Mnc)

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1213,8 \cdot 400 \left(442 - \frac{0,85 \cdot 64}{2} \right)$$

$$= 201,393 \times 10^6 \text{ Nmm} = 201,393 \text{ KNm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (Mns)

- Bila $Mns = Mn - Mnc > 0$ perlu tulangan tekan
- Bila $Mns = Mn - Mnc < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 85,897 \text{ KNm} - 201,393 \text{ KNm} \\ &= -115,49 \text{ KNm} < 0 \end{aligned}$$

maka perlu tulangan tekan.

Maka tidak perlu tulangan tekan.

Perhitungan penulangan selanjutnya dilakukan dengan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

3. Tulangan lentur tarik

$$Mn = 85,897 \text{ kNm} = 85,897 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{85,897 \cdot 10^6}{300 \cdot 442^2} = 1,466 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.1,466}{400}} \right)$$

$$= 0,003759$$

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

$$0,0035 < 0,003759 < 0,0284 \text{ (OKE)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,003759 \cdot 300 \cdot 442$$

$$= 498,4385 \text{ mm}^2$$

Luasan ditambah dengan luasan tambahan torsi menjadi 690,6966 mm².

Maka digunakan tulangan 4D16 dengan $A_s = 804,24772 \text{ mm}^2$.

$A_s \text{ pasang} = 804,24772 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 690,6966 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$

a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\text{max}} = \frac{300 - 2.40 - 2.13 - 16.4}{4 - 1} = 45.3 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 45,3 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$d = 500 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 0.5(16 \text{ mm}))$$

$$= 442 \text{ mm.}$$

b. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{804,247}{300.442} = 0,00606$$

$$0,00606 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300.442 = 490,295 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s\min} = 1,4b_w d / fy$$

$$A_{s\min} = 1,4.300.442 / 400 = 464,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} = 804,2477 \text{ mm}^2 > A_{s\min} = 464,1 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 fc' b} = \frac{804,2477 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 36,045 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi A_s \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 804,2477 \cdot 400 \left(442 - \frac{36,045}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 122,7539 \text{ kNm}$$

Tulangan lentur tekan

Digunakan tulangan 3D16 dengan $A_s = 603,187 \text{ mm}^2$.

a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 3 \cdot 16}{3 - 1} = 76 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 76 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned} d &= 500 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 0,5 \cdot (16 \text{ mm})) \\ &= 442 \text{ mm}. \end{aligned}$$

b. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{603,186}{300 \cdot 442} = 0,00455$$

$$0,00455 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300.442 = 490,295 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s_{\min}} = 1,4b_w d / f_y$$

$$A_{s_{\min}} = 1,4.300.442 / 400 = 464,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 603,186 \text{ mm}^2 > A_{s_{\min}} = 464,1 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'c' b} = \frac{804,248.400}{0,85.35.300} = 36,045 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9.804,248.400 \left(442 - \frac{36,045}{2} \right) \\ &= 93,044 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.3.3 Penulangan lentur lapangan

1. Hitung M_u dan M_n

$$M_u = 57,71 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{57,71}{0,9} = 64,118 \text{ KNm}$$

2. Hitung X_b (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} 442 = 265,2 \text{ mm}$$

3. Hitung X_r (garis netral rencana)

$$X_r, \max \leq 0,75 X_b = 198,9 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ min} \leq h - d = 58 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ pakai} = 64 \text{ mm (asumsi)}$$

4. Hitung luas tulangan tarik (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{0,85\beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 64}{400}$$

$$= 1213,8 \text{ mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (M_{nc})

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 213,8 \cdot 400 \left(442 - \frac{0,85 \cdot 64}{2} \right)$$

$$= 201,394 \text{ kNm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (M_{ns})

- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan

- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 64,118 \text{ KNm} - 201,394 \text{ KNm}$$

$$= -137,28 \text{ KNm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan tekan.

Perhitungan penulangan selanjutnya dilakukan dengan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Tulangan lentur tarik

$$M_n = 64,118 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bdx^2} = \frac{64,118 \times 10^6}{300.442^2} = 1,094 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.1,094}{400}} \right)$$

$$= 0,00278$$

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

$$0,0035 > 0,00278 < 0,0284 \text{ (digunakan } \rho_{\min} \text{)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,0035.300.442$$

$$= 464,1 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4D16 dengan $A_s = 804,2478 \text{ mm}^2$.

$A_s \text{ pasang} = 804,2478 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 464,1 \text{ mm}^2$ (OKE)

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 4.16}{4 - 1} = 45,3 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 45,3 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{804,248}{300.442} = 0,00607$$

$$0,00607 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300.442 = 490,295\text{mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4 \cdot 300.442 / 400 = 464,1\text{mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 804,248\text{mm}^2 > A_{s,\min} = 464,1\text{mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{804,245 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 36,0447\text{mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \cdot 804,248 \cdot 400 \left(442 - \frac{36,0447}{2} \right)$$

$$= 122,754\text{KNm}$$

Tulangan lentur tekan

Digunakan tulangan 3D22 dengan $A_s=603,186\text{mm}^2$.

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 16}{2 - 1} = 76\text{mm}$$

$$S_{\max} = 76\text{mm} > S_{\text{syarat}} = 25\text{mm} \text{ (OKE)}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{603,186}{300.442} = 0,00455$$

$$0,00455 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300.442 = 490,295\text{mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4 \cdot 300.446 / 400 = 490,295\text{mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 402,12 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 359,1 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{603,186.400}{0,85.35.300} = 27,0335\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9.603,186.400 \left(442 - \frac{27,0335}{2} \right) \\ &= 93,044 \text{ KNm} \end{aligned}$$

4.3.4 Penulangan geser balok

1. Momen nominal

Tulangan lentur yang digunakan pada daerah tumpuan kanan dan kiri yaitu :

Tulangan tarik : 4D16 dengan $A_s = 804,247 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan : 3D16 dengan $A_s = 603,186 \text{ mm}^2$

a. Momen nominal kiri :

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{804,248.400}{0,85.35.300} = 36,045\text{mm}$$

$$\begin{aligned} Mnl &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 804,248.400 \left(442 - \frac{36,045}{2} \right) \\ &= 136,393 \times 10^6 \text{ Nmm} = 136,393 \text{ KNm} \end{aligned}$$

b. Momen nominal kanan :

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{603,186.400}{0,85.35.300} = 27,034\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mnr &= A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 603,186.400 \left(442 - \frac{27,034}{2} \right) \\
 &= 103,382 \times 10^6 \text{ Nmm} = 103,382 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

2. Perencanaan sengkang pada daerah tumpuan



Gambar 4. 15 Hasil Output SAP Gaya Geser 1,2D + 1,0L Balok Lift

$$V_g = 78,277 \text{ KNm}$$

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_g$$

$$= \frac{136,393 + 103,38}{2,25} + 78,277 = 184,844 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 388,5 = 114920 \text{ N}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} b_w d = \frac{1}{3} 300 \cdot 388,5 = 38850 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d = \frac{1}{3} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 388,5 = 229840 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w d = \frac{2}{3} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 388,5 = 459679 \text{ N}$$

Cek kondisi geser

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

$$184844 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 114920$$

$$184844 \leq 43094,9 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 2

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 114920 \leq 184844 \leq 0,75 \cdot 114920$$

$$43094,9 \leq 184844 \leq 86189,9N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 3

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$0,75 \cdot 114920 \leq 184844 \leq 0,75(114920 + 38850)$$

$$86189,9 \leq 184844 \leq 115327N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 4 (perlu tulangan geser)

$$\phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right)$$

$$0,75(114920 + 38850) \leq 184843,76 \leq 0,75(114919,85 + 229839,6996)$$

$$115327 \leq 184843 \leq 258570N$$

(memenuhi)

$$V_{s_{\text{perlu}}} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{184,844 - 0,75 \cdot 114920}{0,75} = 131,539N$$

Digunakan tulangan sengkang $\emptyset 10$.

$$\begin{aligned} A_v &= 2,025\pi D^2 \\ &= 2,025 \cdot \pi \cdot (10\text{mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.3.2) :

a. $d/4 = 97,125 \text{ mm}$

b. $8 D_{\text{lentur}} = 128 \text{ mm}$

c. $24 D_{\text{sengkang}} = 240 \text{ mm}$

maka $S_{\text{max}} = 97,125 \text{ mm}$

Tulangan dipasang dengan $s = 100 \text{ mm}$

$$V_{s_{pakai}} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{240 \cdot 157,08 \cdot 388,5}{100} = 146,461 \text{ kN}$$

$V_{s_{pakai}} = 146,461 \text{ kN} > V_{s_{perlu}} = 131,54 \text{ kN}$ (OKE)

Sehingga sengkang $\emptyset 10$ -100 dapat digunakan.

1.2 Sengkang di lapangan

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{1/2 \ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{1/2 \ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1(1/2 \ln - 2h)}{1/2 \ln} \\ &= \frac{184.844(1/2 \cdot 2,25 - 2,5)}{1/2 \cdot 2,25} = 20,538 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek kondisi geser

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5\phi V_c$$

$$20538,2 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1149198$$

$$20538,2 \text{ N} \leq 430949 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 2 (tulangan geser minimum)

$$0,5\phi V_c \leq Vu \leq \phi V_c$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 1149198 \leq 20538 \leq 0,75 \cdot 1149198$$

$$430949 \leq 20538 \leq 861899 \text{ N}$$

(memenuhi)

$$V_{s_{perlu}} = \frac{1}{3} b_w \cdot d = \frac{1}{3} 300 \cdot 388,5 = 38850 \text{ N}$$

Digunakan tulangan sengkang $\emptyset 10$.

$$\begin{aligned} A_v &= 2,0,25\pi D^2 \\ &= 2,0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka $S_{max} = d/2 = 194,25 \text{ mm}$

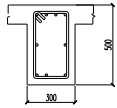
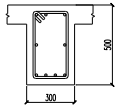
Tulangan dipasang dengan $s = 250 \text{ mm}$

$$V_s_{pakai} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{400 \cdot 157,08 \cdot 388,5}{250} = 58,5844 \text{ kN}$$

V_s pakai = 58,584 N > V_s perlu = 58,584 N (OKE)

Sehingga sengkang $\emptyset 10$ -250 dapat digunakan.

Berikut ini adalah hasil penulangan dari balok lift :

TIPE	BL	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
DIMENSI	300/500	
TULANGAN ATAS	4 D16	3 D16
TULANGAN BAWAH	3 D16	4 D16
SENGKANG	$\emptyset 10$ -100	$\emptyset 10$ -250
TULANGAN TORSI	2 D16	2 D16

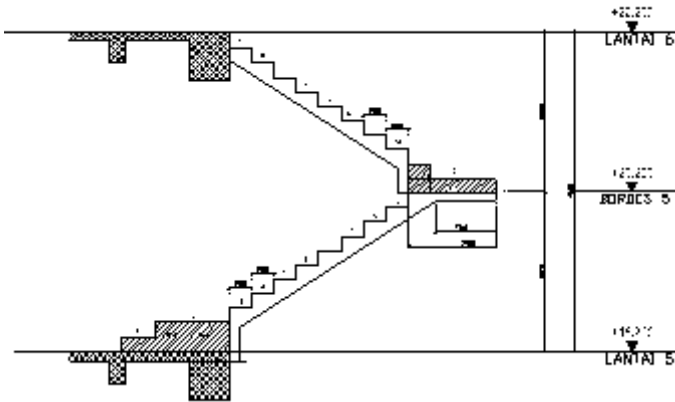
Gambar 4. 16 Hasil Penulangan Balok Lift

4.4 Tangga

Struktur tangga terdiri dari tangga lobby, tangga utama, dan tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari beton bertulang. Perencanaan dan perhitungan pelat lantai diambil contoh salah satu tipe yaitu pada tangga utama yang berada pada as 4 dengan elevasi +18,2 m sampai +22,2 m yang menghubungkan antara lantai 5 dan lantai 6.

4.4.1 Perencanaan tangga

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tebal Rencana Pelat Tangga = 12 cm
- Tebal Rencana Pelat Bordes = 12 cm
- Panjang datar tangga = 334 cm
- Lebar tangga = 270 cm :
- Lebar bordes = 270 cm
- Panjang Bordes = 110 cm
- Lebar injakan (i) = 28 cm
- Tinggi injakan (i) = 18 cm



Gambar 4. 17 Tangga

Syarat kemiringan tangga :

$$a = \text{arc tg} \left(\frac{126}{199,5} \right) = 32,27^\circ$$

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

$$25^\circ < 32,27^\circ < 40^\circ \quad (\text{OK})$$

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

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 18 + 28) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (64) < 65 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

Tebal efektif pelat tangga :

$$\text{Luas } \Delta 1 = 0,5 \times i \times t = 0,5 \times 28 \text{ cm} \times 18 \text{ cm} = 252 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 (i^2 + t^2)^{0,5} \cdot d \\ &= 0,5 ((28 \text{ cm})^2 + (18 \text{ cm})^2)^{0,5} \cdot d \\ &= 16,643 \text{ d} \end{aligned}$$

$$\text{Luas } \Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$$

$$252 \text{ cm}^2 = 16,643 \text{ d}$$

$$d = 15,141 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal efektif plat} &= \text{tebal plat} + 0,5d \\ &= 22,57 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.4.2 Penulangan pelat bordes

Berikut ini adalah data perencanaan pelat lantai :

- a. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
 - b. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
 - c. $\beta = 0,85$
 - d. Tebal Pelat (h) = 120 mm
 - e. Tebal Selimut beton = 20 mm
 - f. Diameter Tulangan Lentur = 13 mm
 - g. Diameter Tulangan Susut = 13 mm
 - h. Bentang Pelat sb. panjang (l_y) = 3650 mm
 - i. Bentang Pelat sb. pendek (l_x) = 3600 mm
- $dx = h - \text{tebal selimut} - 0,5 \text{ } \emptyset \text{ tul. lentur}$
 $= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 0,5 (16 \text{ mm}) = 92 \text{ mm}$
 $dy = h - \text{tebal selimut} - \emptyset \text{ tul. lentur} - 0,5 \emptyset \text{ tul. susut}$
 $= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - 0,5 (16 \text{ mm}) = 76 \text{ mm}$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

1. Penulangan arah x

$$Mu = 3054,7 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3054,7}{0,8} = 3818,325 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{3818,325}{1000 \cdot 96^2} = 4,511$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 4,511}{400}} \right)$$

$$= 0,012$$

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

$$0,0035 < 0,012 < 0,0284 \text{ (OK)}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} b d_x$$

$$= 0,012 \cdot 1000 \cdot 96$$

$$= 1125,9 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

Digunakan $s = 150 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{150}$$

$$= 1304,4 \text{ mm}^2$$

$A_{s_{\text{pasang}}} > A_s$ maka tulangan D16-150 dapat digunakan.

2. Penulangan arah y

$$\text{Muy} = 2045,5 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2045,5}{0,8} = 2556,9 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b d_y^2} = \frac{2556,9}{1000 \cdot 96^2} = 4,427$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 4,427}{400}} \right)$$

$$= 0,01204$$

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

$$0,0035 < 0,01204 < 0,0284 \text{ (OK)}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} b d_y$$

$$= 0,01204 \cdot 1000 \cdot 96$$

$$= 1125,9 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

Digunakan $s = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{150} \\
 &= 1340,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_{s_{pasang}} > A_s$ maka tulangan D16-150 dapat digunakan.

4.4.3 Penulangan pelat tangga

Berikut ini adalah data perencanaan pelat lantai :

- a. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
 - b. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
 - c. $\beta = 0,85$
 - d. Tebal Pelat (h) = 120 mm
 - e. Tebal Selimut beton = 20 mm
 - f. Diameter Tulangan Lentur = 13 mm
 - g. Diameter Tulangan Susut = 13 mm
 - h. Bentang Pelat sb. panjang (l_y) = 3650 mm
 - i. Bentang Pelat sb. pendek (l_x) = 3600 mm
- $dx = h - \text{tebal selimut} - 0,5 \text{ } \emptyset \text{ tul. lentur}$
 $= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 0,5 (13 \text{ mm}) = 93,5 \text{ mm}$
 $dy = h - \text{tebal selimut} - \emptyset \text{ tul. lentur} - 0,5 \emptyset \text{ tul. susut}$
 $= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 0,5 (13 \text{ mm}) = 80,5 \text{ mm}$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

1. Penulangan tumpuan arah x

$$M_{tx} = 2709,3 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2709,3}{0,8} = 3386,66 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{3386,66}{1000.93,5^2} = 3,874$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.3,874}{400}} \right) \\ &= 0,0104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ 0,0035 < 0,0104 < 0,0284 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho_{perlu} b d_x \\ &= 0,0104.1000.93,5 \\ &= 973,691 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

Digunakan $s = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As_{pasang} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 1327,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$As_{pasang} > As$ maka tulangan D13-100 dapat digunakan.

1. Penulangan lapangan arah x

$$M_{lx} = 1733,8 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1733,8}{0,8} = 2167,25 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{2167,25}{1000.93,5^2} = 2,479$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.2,479}{400}} \right) \\ &= 0,0065 \end{aligned}$$

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

$$0,0035 < 0,0065 < 0,0284 \text{ (OK)}$$

$$As = \rho_{\text{perlu}} b d_x$$

$$= 0,0065 \cdot 1000 \cdot 93,5$$

$$= 605,871 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

Digunakan $s = 150 \text{ mm}$

$$As_{\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{150}$$

$$= 884,882 \text{ mm}^2$$

$As_{\text{pasang}} > As$ maka tulangan D13-150 dapat digunakan.

2. Penulangan tumpuan arah y

Muty = 1949 kgm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1949}{0,8} = 2436,24 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b d_y^2} = \frac{2436,24}{1000 \cdot 80,5^2} = 3,759$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 3,759}{400}} \right)$$

$$= 0,0101$$

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

$$0,0035 < 0,0101 < 0,0284 \text{ (OK)}$$

$$As = \rho_{\text{perlu}} b d_y$$

$$= 0,0101 \cdot 1000 \cdot 93,5$$

$$= 811,604 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

Digunakan $s = 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{100} \\
 &= 1327,32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_{s_{pasang}} > A_s$ maka tulangan D13-100 dapat digunakan.

3. Penulangan lapangan arah y

$$M_{ly} = 1262,9 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1262,9}{0,8} = 1578,58 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d_y^2} = \frac{1578,58}{1000 \cdot 80,5^2} = 2,346$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 2,346}{400}} \right) \\
 &= 0,0064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} < \rho_{perlu} < \rho_{\max} \\
 0,0035 < 0,0064 < 0,0284 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{perlu} b d_y \\
 &= 0,0064 \cdot 1000 \cdot 80,5
 \end{aligned}$$

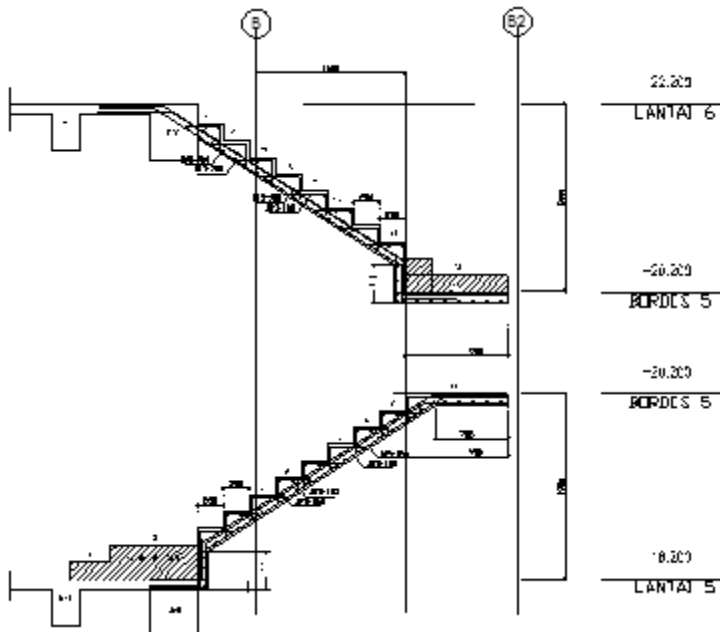
$$= 512,145 \text{ mm}^2$$

Spasi tulangan $\max \leq 2h = 240 \text{ mm}$

Digunakan $s = 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{150} \\
 &= 884,882 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_{s_{pasang}} > A_s$ maka tulangan D13-150 dapat digunakan.



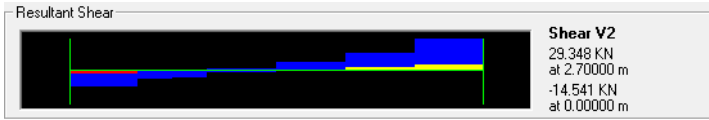
Gambar 4. 18 Hasil Penulangan Plat Tangga

4.4.4 Perencanaan balok bordes

Berikut ini adalah data perencanaan balok :

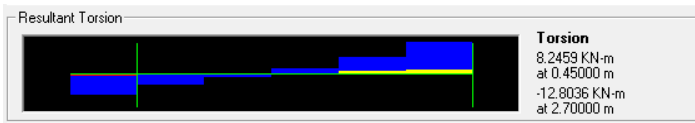
1. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
2. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
3. β = 0,85
4. Lebar balok (b) = 300 mm
5. Tinggi balok (h) = 400 mm
6. Bentang balok = 8 m
7. Bentang bersih balok = 7,25 m
8. Tebal Selimut beton = 40 mm
9. Diameter Tulangan Lentur = 25 mm
10. Diameter tulangan geser = 13 mm
11. Diameter tulangan torsi = 13 mm

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 4. 19 Hasil Output SAP Geser Balok Bordes

4.4.4.1 Penulangan torsi balok



Gambar 4. 20 Hasil Output SAP Torsi Balok Bordes

Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang

$$A_{cp} = b \cdot h = 300 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} = 120000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(300\text{mm}+400\text{mm}) = 1400 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b-2 \cdot \text{tebal selimut-Dgeser}) \cdot (h-2 \cdot \text{tebal selimut-Dgeser}) \\ &= (300 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \cdot (400\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \\ &= 65100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2((b-2 \cdot \text{tebal selimut-Dgeser}) + (h-2 \cdot \text{tebal selimut-Dgeser})) \\ &= 2((300 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) + (400\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm})) \\ &= 1040 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_u = 12,8036 \text{ KNm}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{12,8036}{0,75} = 17,071 \text{ KNm}$$

Cek pengaruh momen torsi

Pengaruh torsi dapat diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u kurang dari (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.1) :

$$T_{u \min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \sqrt{35} \left(\frac{120000^2}{1400} \right)$$

$$= 3,79 \times 10^6 \text{ Nmm} = 3,79 \text{ KNm}$$

$T_u = 12,8036 \text{ KNm} < T_{u \min} = 3,79 \text{ KNm}$ maka pengaruh torsi diperhitungkan.

Cek kecukupan penampang menahan momen torsi

Dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor harus memenuhi (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.1) :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$1,879 < 3,668 \text{ (OKE)}$$

Maka dimensi penampang mencukupi.

Menghitung tulangan torsi sebagai berikut :

1. Menghitung A_o (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 A_{oh}$$

$$= 0,85 \cdot 65100 \text{ mm}^2$$

$$= 55335 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan torsi transversal

Menghitung A_t/s

Dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta}$$

Untuk beton non prategang, $\theta = 45^\circ$ (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6).

$$\frac{A_t}{s} = \frac{17071466,67}{2 \cdot 55335 \cdot 400 \cdot \cot 45} = 0,3856 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d = \frac{\sqrt{35}}{6} 300.288,5 = 85339 N = 85,3391 kN$$

3. Tulangan torsi longitudinal

1. Tulangan torsi perlu (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.7)

$$Al = \frac{At}{s} Ph \frac{F_{yt}}{F_y} \cot^2 \theta$$

$$Al = 0,38564.1040 \frac{400}{400} \cot^2 45$$

$$= 401,065 mm^2$$

2. Tulangan torsi longitudinal minimum (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.5.3)

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dimana At/s tidak boleh kurang dari $0,175 b_w / f_{yt}$

$$\frac{At}{s} = 0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$= 0,175 \frac{300}{400} = 0,13125$$

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \frac{F_{yt}}{F_y}$$

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{35} . 120000}{400} - 0,1313 . 1040 \frac{400}{400} = 608,926 mm^2$$

$Al \text{ perlu} < Al \text{ min}$

$$401,0645 \text{ mm}^2 < 608,93 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $Al \text{ min}$.

Luasan tulangan torsi longitudinal dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{608,93}{4} = 152,23 mm^2$$

5. $\frac{1}{4} Al$ ditempatkan ke sudut sudut teratas yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tarik balok = $152,23 mm^2$

6. $\frac{1}{4}$ Al ditempatkan ke sudut-sudut terbawah sengkang yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tekan balok = $152,23\text{mm}^2$
7. $\frac{1}{2}$ Al didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.
 Tulangan torsi sisi tepi
 As perlu = $304,463\text{ mm}^2$
 Dipasang tulangan
 As pasang = $2\phi 16$
 As pasang > As perlu
 $402,12\text{ mm}^2 > 304,463\text{ mm}^2$ (OKE).
 Maka tulangan $2\phi 16$ dapat digunakan.

4.4.4.2 Penulangan lentur tumpuan

1. Hitung Mu dan Mn
 $M_u = 14,57\text{ KNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{14,57}{0,9} = 16,190\text{ KNm}$$
2. Hitung X_b (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} 342 = 205,2\text{mm}$$
3. Hitung X_r (garis netral rencana)
 $X_r, \text{max} \leq 0,75 X_b = 153,9\text{mm}$
 $X_r, \text{min} \leq h - d = 58\text{mm}$
 $X_r, \text{pakai} = 64\text{mm}$ (asumsi)
4. Hitung luas tulangan tarik (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{0,85\beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 64}{400}$$

$$= 1213,8 \text{ mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (Mnc)

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1213,8 \cdot 400 \left(342 - \frac{0,85 \cdot 64}{2} \right)$$

$$= 152,84 \times 10^6 \text{ Nmm} = 152,84 \text{ KNm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (Mns)

- Bila $Mns = Mn - Mnc > 0$ perlu tulangan tekan

- Bila $Mns = Mn - Mnc < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 16,190 \text{ KNm} - 152,841 \text{ KNm}$$

$$= -136,651 \text{ KNm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan tekan.

Perhitungan penulangan selanjutnya dilakukan dengan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Tulangan lentur tarik

$$Mn = 16,190 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{16,190 \times 10^6}{300 \cdot 342^2} = 0,461 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.0,461}{400}} \right)$$

$$= 0,0011626$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,0011626 < 0,0284 \text{ (digunakan } \rho_{min})$$

$$As_{perlu} = \rho b d$$

$$= 0,0035.300.342$$

$$= 359,1 \text{ mm}^2$$

Luasan ditambah dengan luasan tambahan torsi menjadi 511,3315 mm².

Maka digunakan tulangan 3D16 dengan $As = 603,186 \text{ mm}^2$.
 $As \text{ pasang} = 530,93 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 512,907 \text{ mm}^2$ (OKE)

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{max} = \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 3.16}{3 - 1} = 76 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 76 \text{ mm} > S_{syarat} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{As}{b_w d} = \frac{603,186}{300.342} = 0,00587$$

$$0,00587 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek $As_{minimum}$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, As yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{fy} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300.342 = 379,369 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s_{\min}} = 1,4b_w d / f_y$$

$$A_{s_{\min}} = 1,4 \cdot 300 \cdot 342 / 400 = 359,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 530,93 \text{ mm}^2 > A_{s_{\min}} = 360,675 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{603,186 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 27,034 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \cdot 603,186 \cdot 400 \left(342 - \frac{27,034}{2} \right)$$

$$= 71,329 \text{ KNm}$$

Tulangan lentur tekan

Digunakan tulangan 2D16 dengan $A_s = 402,124 \text{ mm}^2$.

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 16}{2 - 1} = 168 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 16 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{402,123}{300 \cdot 342} = 0,00392$$

$$0,00392 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300 \cdot 342 = 379,369 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s_{\min}} = 1,4b_w d / f_y$$

$$A_{s_{\min}} = 1,4 \cdot 300 \cdot 342 / 400 = 359,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 402,123 \text{ mm}^2 > A_{s_{\min}} = 359,1 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

3. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{402,123 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 18,022 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \cdot 402,123 \cdot 400 \left(342 - \frac{18,022}{2} \right)$$

$$= 48,205 \text{ KNm}$$

4.4.4.3 Penulangan lentur lapangan

1. Hitung Mu dan Mn

$$Mu = 12,75 \text{ KNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{35,59}{0,9} = 39,548 \text{ KNm}$$

2. Hitung Xb (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} 342 = 205,2 \text{ mm}$$

7. Hitung Xr (garis netral rencana)

$$X_r \text{ max} \leq 0,75 X_b = 153,9 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ min} \leq h - d = 58 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ pakai} = 64 \text{ mm (asumsi)}$$

8. Hitung luas tulangan tarik (Asc)

$$A_{sc} = \frac{0,85 \beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 64}{400}$$

$$= 1213,8 \text{ mm}^2$$

9. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (Mnc)

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1213,8 \cdot 400 \left(342 - \frac{0,85 \cdot 1213,8}{2} \right)$$

$$= 152,841 \times 10^6 \text{ Nmm} = 152,841 \text{ KNm}$$

10. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (Mns)

- Bila $Mns = Mn - Mnc > 0$ perlu tulangan tekan
- Bila $Mns = Mn - Mnc < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 14,162 \text{ KNm} - 152,841 \text{ KNm} \\ &= -38,68 \text{ KNm} < 0 \end{aligned}$$

maka tidak perlu tulangan tekan.

Perhitungan penulangan selanjutnya dilakukan dengan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Tulangan lentur tarik

$$Mn = 14,162 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{14,162 \times 10^6}{300 \cdot 342^2} = 0,404 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,404}{400}} \right) \\ &= 0,001016 \end{aligned}$$

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

$$0,0035 > 0,0010165 < 0,0284 \text{ (digunakan } \rho_{\min})$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d$$

$$= 0,0035 \cdot 300 \cdot 342$$

$$= 359,1 \text{ mm}^2$$

Luasan ditambah dengan luasan tambahan torsi menjadi 511,3315 mm².

Maka digunakan tulangan 3D16 dengan $A_s = 603,186 \text{ mm}^2$.

$A_s \text{ pasang} = 603,86 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 511,3315 \text{ mm}^2$ (OKE)

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 3 \cdot 16}{3 - 1} = 76 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 76 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{603,186}{300 \cdot 342} = 0,00588$$

$$0,00588 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s, \min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s, \min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300 \cdot 342 = 379,368 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s, \min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s, \min} = 1,4 \cdot 300 \cdot 342 / 400 = 359,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{pakai}} = 603,186 \text{ mm}^2 > A_{s, \min} = 359,1 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{603,186 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 27,033 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi Mn &= \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 603,186 \cdot 400 \left(342 - \frac{27,033}{2} \right) \\ &= 71,329 \text{ KNm}\end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan

Digunakan tulangan 2D16 dengan $A_s=402,123 \text{ mm}^2$.

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 13}{2 - 1} = 168 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 168 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{402,123}{300 \cdot 342} = 0,003919$$

$$0,003919 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300 \cdot 342 = 379,368 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4 \cdot 300 \cdot 342 / 400 = 359,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 402,123 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 359,1 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{401,123 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 18,0223 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi Mn &= \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 402,123 \cdot 400 \left(342 - \frac{18,0223}{2} \right) \\ &= 48,205 \text{ KNm}\end{aligned}$$

4.4.4.4 Penulangan geser balok

1. Momen nominal

Tulangan lentur yang digunakan pada daerah tumpuan kanan dan kiri yaitu :

Tulangan tarik : 3D13 dengan $A_s = 530,93 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan : 2D13 dengan $A_s = 398,196 \text{ mm}^2$

a. Momen nominal kiri :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{530,93 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 23,795 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}Mnl &= A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 530,93 \cdot 400 \left(343,5 - \frac{23,795}{2} \right)\end{aligned}$$

$$= 70,42 \times 10^6 \text{ Nmm} = 70,42 \text{ KNm}$$

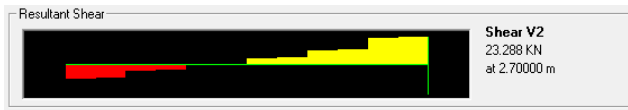
b. Momen nominal kanan :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{398,196 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 17,846 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}Mnr &= A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 398,196 \cdot 400 \left(343,5 - \frac{17,846}{2} \right)\end{aligned}$$

$$= 53,29 \times 10^6 \text{ Nmm} = 53,29 \text{ KNm}$$

2. Perencanaan sengkang pada daerah tumpuan



Gambar 4. 21 Hasil Output SAP Gaya Geser 1,2D + 1,0L Balok Lift

$$V_g = 19,431 \text{ KNm}$$

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_g$$

$$= \frac{70,42 + 53,291}{2,1} + 19,431 = 78,34 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b w . d = \frac{1}{6} \sqrt{35} . 300 . 343,5 = 101609 \text{ N}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} b w . d = \frac{1}{3} 300 . 343,5 = 34350 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b w . d = \frac{1}{3} \sqrt{35} . 300 . 343,5 = 203217 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b w . d = \frac{2}{3} \sqrt{35} . 300 . 342 = 406435 \text{ N}$$

Cek kondisi geser

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

$$78342,4 \leq 0,5 . 0,75 . 101609$$

$$78342,4 \leq 38103,3 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$0,5 . 0,75 . 101609 \leq 78342,4 \leq 0,75 . 101609$$

$$38103,3 \leq 78342,4 \leq 76206,5 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 3 (tulangan geser minimum)

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

$$0,75 \cdot 101609 \leq 78342,4 \leq 0,75(101609 + 34350)$$

$$76206,5 \leq 78342,4 \leq 101969 N$$

(memenuhi)

$$V_{s_{\text{perlu}}} = \frac{1}{3} b w \cdot d = \frac{1}{3} 300 \cdot 343,5 = 34350 N$$

Digunakan tulangan sengkang $\emptyset 10$.

$$\begin{aligned} A_v &= 2,025 \pi D^2 \\ &= 2,025 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (SNI 2847 : 2013 PsI. 21.5.3.2) :

a. $d/4 = 158,5 \text{ mm}$

b. $6 D_{\text{lentur}} = 132 \text{ mm}$

c. 150 mm

maka $S_{\text{max}} = 132 \text{ mm}$

Tulangan dipasang dengan $s = 200 \text{ mm}$

$$V_{s_{\text{pakai}}} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{400 \cdot 157,08 \cdot 324}{200} = 64748,2 N$$

$$V_s \text{ pakai} = 64748,2 N > V_s \text{ perlu} = 34350 N \text{ (OKE)}$$

Sehingga sengkang $\emptyset 10$ -200 dapat digunakan.

3. Sengkang di lapangan

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{1/2 \ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{1/2 \ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1(1/2 \ln - 2h)}{1/2 \ln} \\ &= \frac{78342,4(1/2 \cdot 2100 - 2 \cdot 400)}{1/2 \cdot 2100} = 18653 N \end{aligned}$$

Cek kondisi geser

Kondisi 1 (tidak memerlukan tulangan geser)

$$V_u \leq 0,5\phi V_c$$

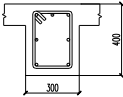
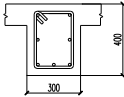
$$18653 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 101609$$

$$18653 \leq 38103 N$$

(memenuhi)

Di lapangan tidak memerlukan tulangan geser tetapi dipasang tulangan geser minimum $\phi 10$ -200.

Berikut ini adalah hasil penulangan dari balok bordes :

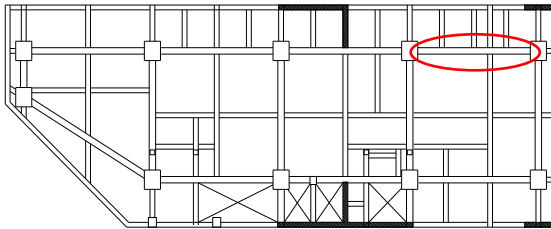
TIPE	BT1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	300/400	
TULANGAN ATAS	3D16	2D16
TULANGAN BAWAH	2D16	3D16
SENGKANG	$\phi 10$ -120	$\phi 10$ -250
TULANGAN TORSI	2D16	2D16

Gambar 4. 22 Hasil Penulangan Balok Bordes

BAB V PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

5.1 Perencanaan Balok

Perencanaan dan perhitungan balok diambil contoh salah satu tipe yaitu balok B3 yang terletak pada lantai 3 dengan elevasi +8,2 m.

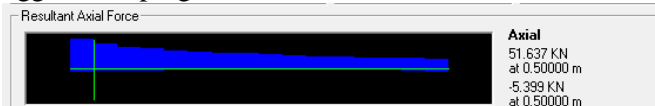


Gambar 5. 1 Balok Induk yang Ditinjau

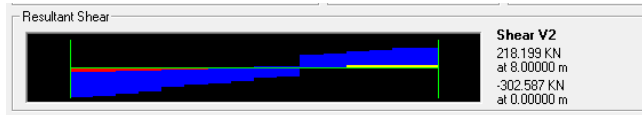
Berikut ini adalah data perencanaan balok :

- | | |
|-----------------------------|-----------|
| 1. Mutu Beton (f_c') | = 35 Mpa |
| 2. BJ tul.lentur (f_y) | = 400 Mpa |
| 3. β | = 0,85 |
| 4. Lebar balok (b) | = 400 mm |
| 5. Tinggi balok (h) | = 800 mm |
| 6. Bentang balok | = 8 m |
| 7. Bentang bersih balok | = 7 m |
| 8. Tebal Selimut beton | = 40 mm |
| 9. Diameter Tulangan Lentur | = 25 mm |
| 10. Diameter tulangan geser | = 13 mm |
| 11. Diameter tulangan torsi | = 13 mm |

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 5. 2 Hasil Output SAP Aksial Balok



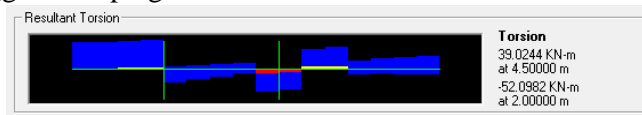
Gambar 5. 3 Hasil Output SAP Geser Balok

Komponen struktur rangka momen khusus harus memenuhi kondisi-kondisi berikut ini :

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u tidak boleh melebihi $A_g f_c' / 10$ (SNI 2847:2013 Psl. 21.5.1.1).
 $P_u < A_g f_c' / 10$
 $P_u = 51,637 \text{ kN}$
 $A_g f_c' / 10 = 400 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa} / 10 = 1120 \text{ kN}$
 $51,637 \text{ kN} < 1120 \text{ kN}$ (OKE)
2. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.2).
 $l_n \geq 4d$
 $l_n = 7000 \text{ mm}$
 $4d = 4 \cdot 731,5 \text{ mm} = 2926 \text{ mm}$
 $7001 \text{ mm} \geq 2926 \text{ mm}$ (OK)
3. Lebar komponen, b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.1.3).
 $b_w > 0,3h$
 $400 \text{ mm} > 0,3 \cdot 900 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$ (OKE)

5.1.1 Penulangan torsi balok

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 5. 4 Hasil Output SAP Gaya Torsi Balok

Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang
 $A_{cp} = b \cdot h = 400 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 320000 \text{ mm}^2$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(400\text{mm}+800\text{mm}) = 2400 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b-2.\text{tebal selimut}-D_{geser}) \cdot (h-2.\text{tebal selimut}-D_{geser}) \\ &= (400 \text{ mm}-2.40\text{mm}-16\text{mm}) \cdot (800\text{mm}-2.40\text{mm}-16\text{mm}) \\ &= 216448 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2((b-2.\text{tebal selimut}-D_{geser})+(h-2.\text{tebal selimut}-D_{geser})) \\ &= 2((400 \text{ mm}-2.40\text{mm}-16\text{mm})+(800\text{mm}-2.40\text{mm}-16\text{mm})) \\ &= 2016 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_u = 52098,2 \text{ kgm} = 52,0982 \text{ KNm}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{52,0982}{0,75} = 69,46427 \text{ kgm}$$

Cek pengaruh momen torsi

Pengaruh torsi dapat diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u kurang dari (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.1) :

$$\begin{aligned} T_{u \text{ min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{320000^2}{2400} \right) \end{aligned}$$

$$= 15713107,9 \text{ Nmm} = 15,71 \text{ KNm}$$

$T_u = 69,464 \text{ KNm} > T_{u \text{ min}} = 15,71 \text{ KNm}$ maka pengaruh torsi diperhitungkan.

T_u maksimum dapat direduksi menjadi nilai yang diberikan sesuai dengan (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.2.2) :

$$\begin{aligned} T_{u \text{ max}} &= \phi 0,033 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \cdot 0,033 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{320000^2}{2400} \right) \end{aligned}$$

$$= 62473802,51 \text{ Nmm}$$

Cek kecukupan penampang menahan momen torsi

Dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor harus memenuhi (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.1) :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$1,725 < 3,668 \text{ (OKE)}$$

Maka dimensi penampang mencukupi.

Menghitung tulangan torsi sebagai berikut :

1. Menghitung A_o (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6)

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 216448 \text{ mm}^2 \\ &= 183981 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Tulangan torsi transversal

Menghitung A_t/s

Dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot F_{yt} \cdot \cot \theta}$$

Untuk beton non prategang, $\theta=45^\circ$ (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.6).

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot 184491,7 \cdot 400 \cdot \cot 45} = 0,9997 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} b_w d = \frac{\sqrt{35}}{6} 400 \cdot 684 = 269773 \text{ N} = 269,77 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{472,59}{0,75} = 630,1201 \text{ kN}$$

$$V_n = 630,1201 \text{ kN} > V_c = 269,77 \text{ kN}$$

Untuk tulangan geser minimum. Karenanya disediakan sengkang geser.

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 630,1201 \text{ kN} - 269,77 \text{ kN} \\ &= 362,122 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv}.d} = \frac{362,122}{400.731,5} = 1,2376 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

3. Tulangan torsi longitudinal

1. Tulangan torsi perlu (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.3.7)

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \frac{F_{yt}}{F_y} \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,47195.2016 \frac{400}{400} \cot^2 45$$

$$= 951,458 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan torsi longitudinal minimum (SNI 2847:2013 Psl. 11.5.5.3)

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Dimana A_t/s tidak boleh kurang dari $0,175 b_w/f_{yt}$

$$\frac{A_t}{s} = 0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$= 0,175 \frac{400}{400} = 0,175$$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{F_{yt}}{F_y}$$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{35} . 320000}{400} - 0,175 . 2016 \frac{400}{400} = 1635 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} < A_{l \text{ min}}$

$$951,4577 \text{ mm}^2 < 1635 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $A_{l \text{ min}}$.

Luasan tulangan torsi longitudinal dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{1635}{4} = 408,751 \text{ mm}^2$$

1. $\frac{1}{4} A_l$ ditempatkan ke sudut sudut teratas yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tarik balok = $408,7507 \text{ mm}^2$

2. $\frac{1}{4}$ Al ditempatkan ke sudut-sudut terbawah sengkang yaitu ditambahkan pada tulangan lentur tekan balok = $408,7507\text{mm}^2$
3. $\frac{1}{2}$ Al didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

Tulangan torsi sisi tepi

As perlu = $817,501\text{ mm}^2$

Dipasang tulangan

As pasang = 4D19

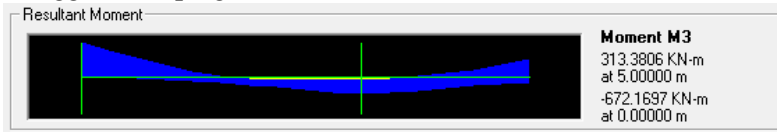
As pasang > As perlu

$1134,11\text{ mm}^2 > 817,501\text{ mm}^2$ (OKE).

Maka tulangan 4D19 dapat digunakan.

5.1.2 Penulangan lentur balok

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 5. 5 Hasil Output SAP Momen Balok

5.1.2.1 Penulangan lentur tumpuan

1. Hitung M_u dan M_n

$M_u = 672,17\text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{672,17}{0,9} = 746,8552\text{ kgm}$$

2. Hitung X_b (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 35} 731,5 = 438,9\text{mm}$$

3. Hitung X_r (garis netral rencana)

$$X_r \text{ max} \leq 0,75 X_b = 329,18\text{mm}$$

$$X_r \text{ min} \leq h - d = 68,5\text{mm}$$

$$X_r \text{ pakai} = 90\text{mm (asumsi)}$$

4. Hitung luas tulangan tarik (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{0,85\beta_1 f'_c b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 90}{400}$$

$$= 2275,88\text{mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (M_{nc})

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2275,88 \cdot 400 \cdot \left(731,5 - \frac{0,85 \cdot 90}{2} \right)$$

$$= 631100137,5\text{Nmm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (M_{ns})

- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan
- Bila $M_{ns} = M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 115755084,7 \text{ Nmm} > 0$$

Maka perlu tulangan tekan

7. Bila perlu tulangan tekan, hitung

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$C_s' = T_2 = \frac{115755084,7 \text{ Nmm}}{731,5\text{mm} - 68,5\text{mm}} = 174593\text{N}$$

8. Hitung

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r} \right) 0,003 E_s \geq f_y$$

- Apabila $f_s' \geq f_y$ maka tulangan tekan leleh, dipakai nilai f_y sebagai f_s' .
- Apabila $f_s' \leq f_y$ maka tulangan tekan tidak leleh, dipakai nilai f_s' sebagai f_s'

$$f_s' = \left(1 - \frac{68,5}{90}\right) 0.003 \cdot 200000 = 143,333 \text{ MPa}$$

$f_s' = 143,333 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$ maka tulangan tekan tidak leleh, dipakai nilai $f_s' = 143,333 \text{ MPa}$

9. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0.85f_c')}$$

$$A_s' = \frac{174593}{(143,333 - 0.85 \cdot 35)} = 1537,13 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

$$A_{ss} = \frac{174593}{400} = 436,482 \text{ mm}^2$$

10. Tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_s &= A_{sc} + A_{ss} \\ &= 2275,88 \text{ mm}^2 + 436,482 \text{ mm}^2 \\ &= 2712,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s' = A_s' = 1537,13 \text{ mm}^2$$

A_s dan A_s' ditambah dengan luasan tambahan torsi untuk lentur sehingga menjadi :

$$A_s = 3121,108 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1945,885 \text{ mm}^2$$

Maka:

Tulangan lentur tarik

Tulangan lentur tarik digunakan 7 D25 dengan $A_s = 3436,12 \text{ mm}^2$. A_s pasang = $3436,12 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu = $3121,10 \text{ mm}^2$ (OKE)

- a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 2 lapis. Lapis pertama 7D25 dan lapis kedua 7D25.

$$S_{\max} = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 7 \cdot 22}{7 - 1} = 40 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 40 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$d = 800 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + 0.5(30 \text{ mm}))$$

- = 679,5 mm.
- b. Cek rasio tulangan
 $\rho < 0,025$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{3436,12}{679,5} = 0,012642$$

$$0,012642 < 0,025 \text{ (OKE)}$$
- c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)
 Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 400 \cdot 679,5 = 1004,99 \text{ mm}^2$$
 tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4 \cdot 400 \cdot 679,5 / 400 = 951,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 3436,117 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 951,3 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$
- d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{5321,86 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 178,886 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \cdot 3436,2 \cdot 400 \left(679,5 - \frac{178,886}{2} \right)$$

$$= 769,106 \times 10^6 \text{ Nmm} = 769,106 \text{ kNm}$$

Tulangan lentur tekan

Tulangan lentur tekan digunakan 4 D25 dengan $A_s = 1963,49 \text{ mm}^2$. A_s pasang = $1963,49 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu = $1672,94 \text{ mm}^2$ (OKE)

- a. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai
Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 7.22}{7 - 1} = 40 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 40 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 32 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned} d &= 800 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 0,5.25 \text{ mm}) \\ &= 734,5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- b. Cek rasio tulangan
 $\rho < 0,025$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{1963,495}{400.734,5} = 0,006683$$

$$0,006683 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

- c. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 400.734,5 = 1086,34 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4.400.734,5 / 400 = 1028,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 1086,34 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 1028,3 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

- d. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1963,495.400}{0,85.35.400} = 65,99 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9.1963,495.400 \left(734,5 - \frac{65,99}{2} \right)$$

$$= 495,8612 \times 10^6 \text{ Nmm} = 495,8612 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 psl. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

$$\phi M_n^- = 769,106 \text{ kNm}$$

$$0,5 \phi M_n^- = 384,553 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n^+ = 495,861 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n^+ = 495,861 \text{ kNm} > 0,5 \phi M_n^- = 384,553 \text{ kNm (OKE)}$$

5.1.2.2 Penulangan lentur lapangan

1. Hitung Mu dan Mn

$$Mu = 313,38 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{313,38}{0,9} = 348,2007 \text{ kNm}$$

2. Hitung Xb (garis netral dlm kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} 731,5 = 438,9 \text{ mm}$$

3. Hitung Xr (garis netral rencana)

$$X_r \text{ max} \leq 0,75 X_b = 329,18 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ min} \leq h - d = 68,5 \text{ mm}$$

$$X_r \text{ pakai} = 64 \text{ mm (asumsi)}$$

4. Hitung luas tulangan tarik (Asc)

$$A_{sc} = \frac{0,85 \beta_1 f_c' b X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 64}{400}$$

$$= 1618,4 \text{ mm}^2$$

5. Hitung Momen nominal tulangan lentur tunggal (Mnc)

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1618,4 \cdot 400 \left(731,5 - \frac{0,85 \cdot 64}{2} \right)$$

$$= 455,9356 \text{ kNm}$$

6. Hitung momen nominal tulangan lentur rangkap (Mns)
- Bila $Mns = Mn - Mnc > 0$ perlu tulangan tekan
 - Bila $Mns = Mn - Mnc < 0$ tidak perlu tulangan tekan
- $$Mns = Mn - Mnc$$
- $$= -107,73 \text{ kNm} < 0$$
- maka tidak perlu tulangan tekan.

Perhitungan penulangan selanjutnya dilakukan dengan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0035$$

Tulangan lentur tarik

$$Mn = 57530,9 \text{ kgm} = 5,8 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} = \frac{348,2007 \times 10^6}{1000 \cdot 731,5^2} = 1,6268 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,6268}{400}} \right)$$

$$= 0,0041848$$

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

$$0,0035 < 0,0041848 < 0,0284 \text{ (OKE)}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d$$

$$= 0,00418 \cdot 400 \cdot 734,5$$

$$= 1229,4927 \text{ mm}^2$$

Luasan ditambah dengan luasan tambahan torsi menjadi 1637,718 mm^2 .

Maka digunakan tulangan 4D25 dengan $A_s = 1963,4954 \text{ mm}^2$.

$A_s \text{ pasang} = 1963,4954 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1229,4927 \text{ mm}^2$ (OKE)

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 4.25}{4 - 1} = 64,67 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 64,67 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned} d &= 750 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + 0.5(30 \text{ mm})) \\ &= 734,5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{1963,4954}{400.734,5} = 0,00775$$

$$0,006683 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek A_s minimum (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh :

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 400.7434,5 = 1086,3402 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s,\min} = 1,4 b_w d / f_y$$

$$A_{s,\min} = 1,4.400.734,5 / 400 = 1028,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{pakai}} = 1963,4954 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 1028,3 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1963,4954.400}{0,85.35.400} = 65,99 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi Mn &= \phi As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 1963,4954 \cdot 400 \left(734,5 - \frac{65,99}{2} \right) \\ &= 495,861 \times 10^6 \text{ Nmm} = 495,86119 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan

Digunakan tulangan 4D25 dengan $As = 1963,4954 \text{ mm}^2$.

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Direncanakan tulangan tarik disusun 1 lapis.

$$S_{\max} = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 3 \cdot 25}{3 - 1} = 109,5 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 109,5 \text{ mm} > S_{\text{syarat}} = 25 \text{ mm (OKE)}$$

Nilai tinggi efektif (d) yang baru :

$$\begin{aligned}d &= 800 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + 0,5(30 \text{ mm})) \\ &= 734,5 \text{ mm}.\end{aligned}$$

2. Cek rasio tulangan

$$\rho < 0,025 \text{ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)}$$

$$\rho = \frac{As}{b_w d} = \frac{1472,6216}{400 \cdot 734,5} = 0,005012$$

$$0,005012 < 0,025 \text{ (OKE)}$$

3. Cek As_{minimum} (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.2.1)

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah, As yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{fy} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 400 \cdot 734,5 = 1086,3402 \text{ mm}^2$$

tetapi tidak kurang dari

$$A_{s_{\min}} = 1,4 b_w d / fy$$

$$A_{s_{\min}} = 1,4 \cdot 400 \cdot 734,5 / 400 = 1028,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 1472,6216 \text{ mm}^2 > A_{s_{\min}} = 1028,3 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

4. Momen nominal pasang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,6216 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 49,50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 1472,621 \cdot 400 \left(734,5 - \frac{49,50}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 376,269 \times 10^6 \text{ Nmm} = 376,269 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 psl. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

$$\phi M_n^- = 495,86 \text{ kNm}$$

$$0,5 \phi M_n^- = 247,93 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n^+ = 376,27 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n^+ = 376,27 \text{ kNm} > 0,5 \phi M_n^- = 247,93 \text{ kNm (OKE)}$$

Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut. (SNI 2847:2013 psl. 21.5.2.2)

$$\phi M_{n_{\max}} = 769,11 \text{ kNm}$$

$$\frac{1}{4} \phi M_{n_{\max}} = 192,28 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n^- \text{ tumpuan} = 769,11 \text{ kNm} > 192,28 \text{ kNm (OKE)}$$

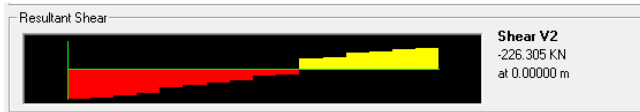
$$\phi M_n^+ \text{ tumpuan} = 495,861 \text{ kNm} > 192,28 \text{ kNm (OKE)}$$

$$\phi M_n^- \text{ lapangan} = 247,93 \text{ kNm} > 192,28 \text{ kNm (OKE)}$$

$$\phi M_n^+ \text{ lapangan} = 376,27 \text{ kNm} > 192,28 \text{ kNm (OKE)}$$

5.1.3 Penulangan geser balok

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari Output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1,0L:



Gambar 5. 6 Hasil Output SAP Geser Balok 1,2D + 1,0L

1. Probable moment capacities (M_{pr})

a. Bila struktur bergoyang ke kanan

Di muka kolom interior kanan searah jarum jam :

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1,25 \cdot 3436,117 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 144,375 \text{ mm}$$

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

$$= 1,25 \cdot 3436,117 \cdot 400 \left(679,5 - \frac{144,375}{2} \right)$$

$$= 1043,398 \times 10^6 \text{ Nmm} = 1043,4 \text{ kNm}$$

Di muka kolom interior kiri searah jarum jam :

$$a_{pr-2} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1,25 \cdot 1963,495 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 82,50 \text{ mm}$$

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

$$= 1,25 \cdot 1963,495 \cdot 400 \left(734,5 - \frac{82,50}{2} \right)$$

$$= 680,597 \times 10^6 \text{ Nmm} = 680,597 \text{ kNm}$$

b. Bila struktur bergoyang ke kiri

Karena detailing di ujung kanan dan kiri balok identik, maka M_{pr} ujung balok ketika bergoyang ke kanan dan ke kiri akan sama, hanya arahnya saja yang berbeda.

Di muka kolom interior kiri berlawanan arah jarum jam :

$$a_{pr-3} = 82,50 \text{ mm}$$

$$M_{pr-3} = 680,597 \text{ kNm}$$

Di muka kolom interior kanan berlawanan arah jarum jam :

$$a_{pr-4} = 144,375 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1043,4 \text{ kNm}$$

2. Reaksi geser

$$V_g = 226,305 \text{ kN}$$

a. Struktur goyang ke kanan

$$V_{sway-right} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{l_n}$$

$$= \frac{1043,339 + 680,6}{7} = 246,2851 \text{ kN}$$

$$V_e \text{ di ujung kiri balok} = -V_{sway-right} + V_g$$

$$= -19,9801 \text{ kN (arah gaya geser ke bawah)}$$

$$V_e \text{ ujung kanan balok} = V_{sway-right} + V_g$$

$$= 472,5901 \text{ kN (arah gaya geser ke atas)}$$

b. Struktur goyang ke kiri

$$V_{sway-right} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{l_n}$$

$$= \frac{680,5967 + 1043,4}{7} = 246,2851 \text{ kN}$$

$$V_e \text{ di ujung kiri balok} = V_{sway-left} + V_g$$

$$= 472,5901 \text{ kN (arah gaya geser ke atas)}$$

$$V_e \text{ ujung kanan balok} = -V_{sway-left} + V_g$$

$$= -19,9801 \text{ kN (arah gaya geser ke bawah)}$$

3. Perencanaan sengkang

$$P_u = 51,637 \text{ kN}$$

$$V_u = V_{e_{\max}} = 472,5901 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.4.2,

$V_c = 0$ bilamana terjadi:

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut.

$$V_{sway} > 0,5 V_{e_{\max}}$$

$$246,2851 \text{ kN} > 0,5(472,5901 \text{ kN}) = 236,295 \text{ kN}$$

(OKE)

2. Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 20$.

$$P_u < A_g \cdot f_c' / 20$$

$$51,637 \text{ kN} < 560 \text{ kN (OKE)}$$

Karena dua syarat terpenuhi, maka $V_c = 0$

$$V_{s_{perlu}} = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{472,59}{0,75} - 0 = 630,12 \text{ kN}$$

4. Pemasangan sengkang

1. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.3.2).

2. Sengkang pada daerah sendi plastis

Sengkang tertutup pertama harus dipasang sepanjang dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka tumpuan (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.3.1).

Daerah sendi plastis = $2h = 1600 \text{ mm}$

Digunakan tulangan sengkang 3D13.

$$\begin{aligned} A_v &= 2.0,25\pi D^2 \\ &= 2.0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \\ &= 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.3.2) :

a. $d/4 = 169,875 \text{ mm}$

b. $6 D_{lentur} = 150 \text{ mm}$

c. 150 mm

maka $S_{max} = 150 \text{ mm}$

Tulangan dipasang dengan $s = 80 \text{ mm}$

$$V_{s_{pakai}} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{400 \cdot 265,465 \cdot 679,5}{80} = 901,9159 \text{ kN}$$

$$V_{s_{pakai}} = 901,916 \text{ kN} > V_{s_{perlu}} = 630,12 \text{ kN (OKE)}$$

Sehingga sengkang 2D13-80 dapat digunakan.

3. Sengkang di luar sendi plastis

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d = \frac{\sqrt{35}}{6} 400 \cdot 684 = 268 \text{ kN}$$

$$V_{s_{perlu}} = \frac{1}{3} b_w d = \frac{1}{3} 400 \cdot 679,5 = 90,6 \text{ kN}$$

Digunakan tulangan sengkang D13.

$$\begin{aligned} A_v &= 2,0,25\pi D^2 \\ &= 2,0,25 \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \\ &= 265,456 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sengkang harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang komponen struktur (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.5.3.2).

maka $S_{\max} = d/2 = 339,75 \text{ mm}$

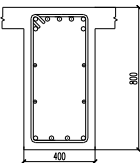
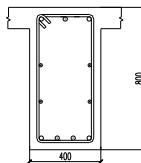
Tulangan dipasang dengan $s = 250 \text{ mm}$

$$V_{s_{\text{pakai}}} = \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} = \frac{400 \cdot 265,46 \cdot 679,5}{250} = 288,6131 \text{ kN}$$

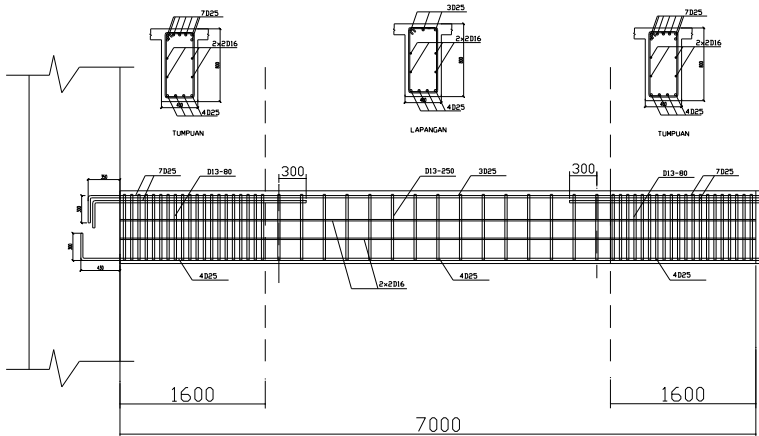
$V_s \text{ pakai} = 288,613 \text{ kN} > V_s \text{ perlu} = 90,6 \text{ kN}$ (OKE)

Sehingga sengkang 2D13-250 dapat digunakan.

Berikut ini adalah hasil penulangan dari balok induk B3 :

TIPE	B3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	400/800	
TULANGAN ATAS	7D25	3D25
TULANGAN BAWAH	4D25	4D25
SENGKANG	D13-80	D13-250
TULANGAN TORSI	2x2D16	2x2D16

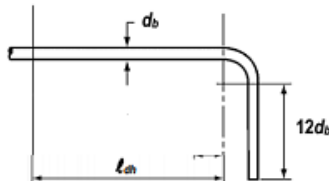
Gambar 5. 7 Hasil Penulangan Balok Induk B3



Gambar 5. 8 Konfigurasi penulangan balok B3

Panjang penyaluran

1. Panjang penyaluran tulangan kait dalam kondisi tarik



Ldh tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.5.1):

1. $8db = 176 \text{ mm}$
2. 150 mm
3. $ld = \frac{fy \cdot db}{5,4 \cdot \sqrt{fc'}} = \frac{400 \cdot 25}{5,4 \cdot \sqrt{35}} = 313,02 \text{ mm}$

Maka $ldh \text{ min} = 313,92 \text{ mm}$

Digunakan $ldh = 350 \text{ mm}$

Panjang kait = $12db = 12 \cdot 25 = 300 \text{ mm}$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

Diambil yang terbesar dari (SNI 2847 : 2013 Psl. 12.3.2):

$$1. \quad l_{dc} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) db = \left(\frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \right) 25 = 405,67 \text{ mm}$$

$$2. \quad l_{dc} = (0,043 f_y) db = (0,043 \cdot 400) 25 = 430 \text{ mm}$$

Maka $l_{dc} \text{ min} = 430 \text{ mm}$.

Digunakan $l_{dc} = 430 \text{ mm}$

3. Sambungan lewatan

SNI 2847 : 2013 Pasal 12.15.1, Panjang minimum sambungan unruk sambungan lewatan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan kelas B, tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

Sambungan kelas B = $1,3 l_d$

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \sqrt{f_c'}} \right) db = \left(\frac{400 \cdot 1,1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) 25 = 994,29 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

Panjang sambungan = $1,3 \times 1000 = 1300 \text{ mm}$

5.2 Perencanaan kolom

Perencanaan dan perhitungan kolom diambil contoh salah satu tipe yaitu kolom K2 yang terletak pada lantai 1. Berikut ini adalah data perencanaan kolom :

1. Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
2. BJ tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
3. β = 0,85
4. Lebar kolom (b) = 1200 mm
5. Tinggi kolom (h) = 1000 mm
6. Bentang kolom = 3,2 m
7. Bentang bersih kolom (lu) = 2,4 m
8. Tebal Selimut beton = 40 mm
9. Diameter Tulangan Lentur = 25 mm
10. Diameter tulangan geser = 19 mm

Komponen struktur kolom, yang menerima kombinasi beban lentur dan beban aksial harus memenuhi kondisi-kondisi dari :

- a. Gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.1)
 $P_u > A_g \cdot f_c' / 10$

$$11838.63 \text{ kN} > (1200\text{mm} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa})/10$$

$$11838.63 \text{ kN} > 4200 \text{ kN (OKE)}$$

- b. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm. (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.1.1)

$$bw > 300 \text{ mm}$$

$$1200 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OKE)}$$

- c. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4 (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.1.2)

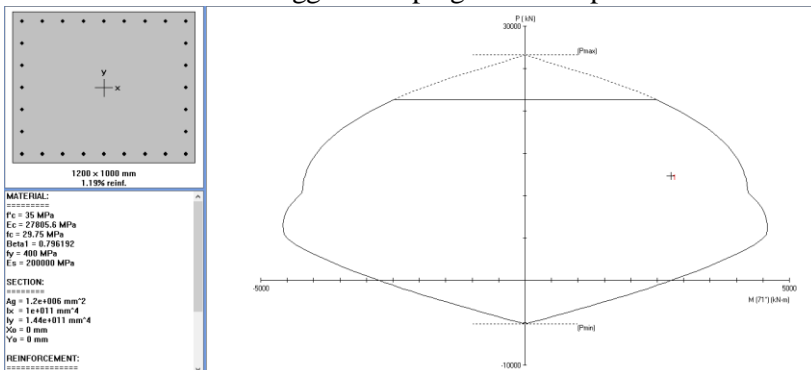
$$h/b > 0,4$$

$$1000 \text{ mm} / 1200 \text{ mm} = 0,83$$

$$0,83 > 0,4 \text{ (OKE)}$$

5.2.1 Penulangan lentur kolom

Kolom dengan dimensi 1000x1200 direncanakan menggunakan tulangan lentur 28D25 dengan $A_{st} = 13744,47 \text{ mm}^2$. Kuat lentur kolom diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari kolom tersebut menggunakan program bantu *pcaColumn*.



Gambar 5. 9 Diagram Interaksi Kolom

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa kolom mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan 28D25.

Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.3.1).

$$A_g = 1000 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm} = 1200000 \text{ mm}^2$$

$$0,01 A_g < A_{st} < 0,06 A_g$$

$$12000 \text{ mm}^2 < 13744,46786 \text{ mm}^2 < 72000 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Kekuatan lentur kolom

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.2.2).

ΣM_{nc} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

ΣM_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

$$\phi M_n \text{ balok kanan} = 726,30 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \text{ balok kiri} = 495,86 \text{ kNm}$$

$$1,2 \Sigma M_{nb} = 1,2 (\phi M_n \text{ balok kanan} + \phi M_n \text{ balok kiri})$$

$$= 1,2 (726,30 \text{ kNm} + 495,86 \text{ kNm})$$

$$= 1466,59 \text{ kNm}$$

Kolom lantai atas (kolom lantai 2)

$$\phi P_n \text{ kolom lantai 2} = 11741 \text{ kN}$$

$$\phi M_n \text{ kolom lantai 2} = 3992,5 \text{ kNm}$$

Kolom lantai yang didesain (kolom lantai 1)

$$\phi P_n \text{ kolom lantai 1} = 12358 \text{ kN}$$

$$\phi M_n \text{ kolom lantai 1} = 3959,3 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_{nc2} = \phi M_n \text{ kolom lantai 2} + \phi M_n \text{ kolom lantai 1}$$

$$= 3992,5 \text{ kNm} + 3959,3 \text{ kNm}$$

$$= 7951,8 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_{nc2} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$7875 \text{ kNm} \geq 1466,59 \text{ kNm (OKE)}$$

5.2.2 Penulangan geser kolom

Desain tulangan geser

Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur

transversal yang merangka ke dalam joint. Maka digunakan V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok.

M_{pr-top} dan M_{pr-btm} adalah penjumlahan M_{pr} untuk masing-masing balok dilantai atas dan lantai bawah kolom interior.

M_{pr} balok di lantai bawah di muka kolom interior

$$M_{pr} \text{ balok kanan} = 990,522 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} \text{ balok kiri} = 680,598 \text{ kNm}$$

M_{pr} balok di lantai atas di muka kolom interior

$$M_{pr} \text{ balok kanan} = 990,522 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} \text{ balok kiri} = 680,598 \text{ kNm}$$

DF = factor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain.

$$DF_{top} = DF_{btm} = 0.39$$

$$V_{S_{sway}} = \frac{M_{pr-top} DF_{top} - M_{pr-btm} DF_{btm}}{lu}$$

$$V_{S_{sway}} = \frac{1671,119.0,39 + 1671,119.0,39}{2.6} = 501,650$$

$V_{sway} < V_u$ analitis

$$501,6492 \text{ kN} < 606,876 \text{ kN}$$

Ve tidak boleh lebih kecil dari geser terfaktor yang ditentukan analitis, sehingga V_e diambil sebesar 606,876 kN.

Geser untuk bentang di dalam sendi plastis (l_o)

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.4.1, panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari:

1. Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi.
 h kolom = 1000 mm
2. Seperenam bentang bersih komponen struktur
 $1/6 lu = 433,333$ mm
3. 450 mm.

Maka panjang l_o adalah 1000 mm.

SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.5.2

Tulangan transversal sepanjang panjang l_o harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana :

- a. Gaya geser ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai Mpr mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .

$$V_e > \frac{1}{2} V_u$$

$$606,876 \text{ kN} > \frac{1}{2} 606,876 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

- b. P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 10$.

$$P_u < A_g f_c' / 10$$

$$11838,63 \text{ kN} > (1200\text{mm} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa}) / 10$$

$$11439,576 \text{ kN} > 4200 \text{ kN} \text{ (NO OKE)}$$

Maka V_c tidak sama dengan 0 dan dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d = \frac{\sqrt{35}}{6} 1200 \cdot 934,5 = 1105,715 \text{ kN}$$

Cek apakah butuh tulangan geser

Dibutuhkan tulangan geser apabila :

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} V_c$$

$$\frac{606,876}{0,75} = 809,168 > \frac{1}{2} 1105,715 = 552,8577 \text{ kN}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser.

Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum

Cukup dipasang tulangan geser minimum apabila :

$$\frac{V_u}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} b_w d$$

Luas penampang total tulangan sengkang persegi, A_{sh} , tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh persamaan di bawah ini (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.4.5).

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_b f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad \text{dan} \quad A_{sh} = 0,09 \frac{s_b f_c'}{f_{yt}}$$

b_c = lebar penampang inti beton yang terkekang

$$= b_w - 2(\text{tebal selimut} + 1/2 d_b)$$

$$= 1200 - 2(40 + 1/2 \cdot 19)$$

$$= 1101 \text{ mm}$$

Ach = luas penampang inti beton, diukur dari serat terluar sengkang ke serat terluar sengkang sisi lainnya.

$$\begin{aligned} &= (bw - 2 \cdot \text{tebal selimut})^2 \\ &= (1200 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm})^2 \\ &= 1254400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \frac{1101,35}{400} \left[\left(\frac{1200000}{1254400} \right) - 1 \right] = -1,253$$

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

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \frac{1101,35}{400} = 8,67$$

Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.6.4.3) :

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum.
 $1/4b = 1/4 \cdot 1200 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil.
 $6D = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- So

$$s_o = 100 + \left(\frac{300 - h_x}{3} \right) = 100 + \left(\frac{350 - 367}{3} \right) = 94,33 \text{ mm}$$

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

Maka smax diambil yang terkecil yaitu 94,33 mm.

Direncanakan menggunakan sengkang 3D19 dengan $A_v = 850,5862 \text{ mm}^2$.

Coba digunakan spasi 80 mm.

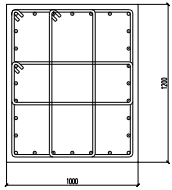
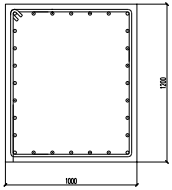
$$A_{sh}/s \cdot s = 693,63 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{sh}$$

$$850,5862 \text{ mm}^2 > 693,63 \text{ mm}^2$$

Maka sengkang yang digunakan 3D19 -80.

Berikut ini adalah hasil penulangan dari kolom K2 :

TIPE	K2	
POSISI	TUMPUJAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	1000/1200	
TULANGAN UTAMA	2B25	2B25
SENGKANG	4D19-100	D19-200

Gambar 5. 10 Hasil Penulangan Kolom K2

Sambungan lewatan kolom

SNI 2847 : 2013 Pasal 12.15.1, Panjang minimum sambungan unruk sambungan lewatan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan kelas B, tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

Sambungan kelas B = 1,3ld

$$ld = \left(\frac{f_y \cdot \psi_i \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) db = \left(\frac{400 \cdot 1,1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) 25 = 994,29 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

Panjang sambungan = 1,3x 1000 = 1300 mm

5.3 Joint balok kolom

1. Persyaratan geometri untuk joint SRPMK berdasarkan SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.2.3 :

Untuk beton normal (normalweight), dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar.

$$b > 20D$$

$$1200 \text{ mm} > 500 \text{ mm (OKE)}$$

2. Bilamana komponen-komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi joint jumlah tulangan diizinkan untuk

direduksi dengan setengahnya, dan spasi yang disyaratkan diizinkan untuk ditingkatkan sampai 150 mm (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.7.3.2)

$$0,5 \text{ Ash/s kolom} = 0,5 \times 8,670 = 4,335$$

Digunakan $s = 120 \text{ mm}$

$$\text{Luas tulangan yang dibutuhkan} = 520,2225 \text{ mm}^2$$

$$\text{Direncanakan digunakan D19 dengan } A_v = 567,0575 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{sh}$$

$$567,06 \text{ mm}^2 > 520,2225 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan sengkang D19 -120 dapat digunakan.

Perhitungan Geser di Join dan Cek Kuat Geser

Balok yang memasuki join memiliki probable moment :

$$M_{pr} \text{ balok kanan} = 990,5223 \text{ kN/m}$$

$$M_{pr} \text{ balok kiri} = 680,5967 \text{ kN/m}$$

$$M_x = 0,39 \cdot (990,5223 + 680,598) \text{ kN/m} = 652,144 \text{ kN/m}$$

Geser pada kolom atas :

$$V_{sway} = (625,144 + 625,144) / 2,4 = 543,453 \text{ kN}$$

Dibagian lapis atas balok, baja tulangan yang dipakai adalah 6D25, $A_s = 2945,243 \text{ mm}^2$.

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kiri adalah :

$$T_1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 2945,243 \times 400 = 1472,622 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri adalah :

$$C_1 = T_1 = 1472,622 \text{ kN}$$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kanan adalah :

$$T_1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 2945,243 \times 400 = 1472,622 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri adalah :

$$C_2 = T_2 = 1472,662 \text{ kN}$$

$$V_u = V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$= 543,453 - 1472,662 - 2472,622 = 2401,79 \text{ kN}$$

Arah sesuai dengan T_1 , yaitu ke kiri.

SNI pasal 21.7.4.1

Kuat geser nominal join yang dikekang di keempat sisinya :

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_y'} A_j$$

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{35} \times 1200000 = 12068,8 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 12068,8 \text{ kN} = 9051,602 \text{ kN} > 2401,79 \text{ kN}$$

OK, kuat geser join memadai.

5.4 Dinding Geser (*Shearwall*)

Perencanaan dan perhitungan dinding geser diambil contoh salah satu tipe yaitu SW 1. Berikut ini adalah data perencanaan dinding geser :

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Tinggi shearwall (h)} = 50,2 \text{ m}$$

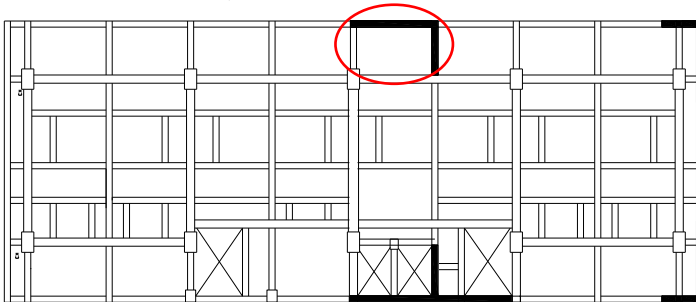
$$\text{Tebal shearwall (t)} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang shearwall (p)} = 6,950 \text{ m}$$

$$M_u = 16700,7 \text{ kN}$$

$$P_u = 11119,8 \text{ kN}$$

$$V_u = 907,2 \text{ kN}$$



Gambar 5. 11 Dinding Geser yang Ditinjau

Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Rasio tulangan badan, ρ_l dan ρ_t , tidak boleh kurang dari 0,0025 dan spasi maksimum 450 mm. jika V_u tidak melebihi

$0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f_c'}$, ρ_l dan ρ_t dapat direduksi (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.9.2.1).

$$A_{cv} = 6,95 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 2,085 \text{ m}^2$$

Untuk beton normal, $\lambda = 1$

1. Cek apakah $V_u \leq 0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f_c'}$

$$V_u \leq 0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f_c'}$$

$$907,159 \text{ kN} \leq 0,083 \cdot 1 \cdot 2,085 \cdot \sqrt{30} \cdot 10^3$$

$$907,159 \text{ kN} \leq 947,8613 \text{ kN}$$

$V_u \geq 0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f_c'}$ maka ρ_l dan ρ_t dapat direduksi.

2. Cek apakah menggunakan dua lapis tulangan

Paling sedikit dua tirai tulangan harus digunakan pada suatu dinding jika V_u melebihi $0,17A_{cv}\lambda\sqrt{f_c'}$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.9.2.2)

$$V_u \geq 0,17A_{cv}\lambda\sqrt{f_c'}$$

$$907,159 \text{ kN} \geq 0,17 \cdot 2,085 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 10^3$$

$$907,159 \text{ kN} \geq 1941,402 \text{ kN}$$

$V_u \leq 0,17A_{cv}\lambda\sqrt{f_c'}$ maka digunakan tulangan dua lapis.

Luas penampang longitudinal dan transversal dinding geser per meter panjang :

$$0,3 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal :

$$0,3 \text{ m}^2 \times 0,0025 = 0,00075 \text{ m}^2 = 750 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2D16 dengan $A_v = 402,12 \text{ mm}^2$

Karena dua lapis tulangan, maka pasangan tulangan yang dibutuhkan per meter panjang

$$\frac{750}{402,12} = 1,86$$

Maka digunakan dua pasang dan spasi dicoba sebesar 150 mm.

Perhitungan geser

V_n dinding struktur tidak boleh melebihi (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.9.4.1) :

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

1. Mencari α_c

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

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

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{54,2m}{6,95m} = 7,79$$

$$\text{Maka } \alpha_c = 0,17$$

2. Mencari ρ_t

$$\rho_t = \frac{2.201,06}{s.t} = \frac{402,12mm^2}{150mm.300mm} = 0,008936$$

$$\rho_t = 0,0059 > \rho_{t \min} = 0,0025 \text{ (OKE)}$$

3. Mencari V_n

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f_c'} + \rho_t f_y) \\ &= 2085000 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} + 0,008936 \cdot 400) \cdot 10^{-3} \\ &= 9394,089 kN \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 93934,1 = 7045,574 \text{ kN}$$

4. V_n max

V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,83 A_{cv} \sqrt{f_c'}$ (SNI 2847 : 2013 Psl. 21.9.4.4)

$$\begin{aligned} V_{n_{\max}} &= 0,83 A_{cv} \sqrt{f_c'} \\ &= 0,83 \cdot 2,085 \cdot \sqrt{40} \cdot 10^3 \\ &= 9478,612 kN \end{aligned}$$

Maka V_n diambil yang terkecil yaitu 7045,6 kN.

$$V_u < \phi V_n$$

$$907,159 \text{ kN} < 7045,6 \text{ kN (OKE)}$$

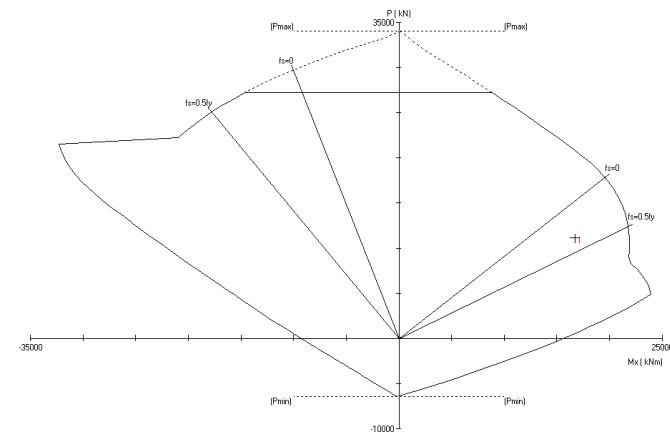
Maka tulangan 2D16-150 dapat digunakan.

Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu *pcaColumn*. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 11119,8 \text{ kN}$$

$$M_u = 16700,7 \text{ kNm}$$



Gambar 5. 12 Diagram Interaksi Dinding Struktural

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan 2D16-150.

Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (Special Boundary Element)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

Luas dinding bruto:

$$A_g = 6,95 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 2,085 \text{ m}$$

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

$$I_g = 6.71E+11 \text{ mm}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 6,95 / 2 = 3,475 \text{ m}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu \cdot y}{I_g} > 0,2 \cdot fc'$$

$$\frac{11119,801kN}{2,085m^2} + \frac{16700,73kN \cdot m \cdot 3,475m}{6.71E + 11mm^4} > 0,2 \cdot 35Mpa$$

$$91,88 \text{ kN/m}^2 > 7 \text{ Mpa}$$

$$91,88 \text{ Mpa} > 7 \text{ Mpa}$$

Maka diperlukan special boundary element di daerah tekan pada dinding.

Penentuan Panjang Special Boundary Element

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4, special boundary element harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada $c - 0,1 \cdot \ell_w$ dan $c/2$.

Untuk nilai c didapatkan dari pcaColoumn yakni sebesar:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:									
No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	11119.80	16700.00	21855.32	1.309	2980	4279	0.00131	0.650	

Gambar 5. 13 Hasil Control Points dari Program pcaColoumn

$$c = 2980 \text{ mm}$$

$$c - 0,1 \cdot \ell_w = 2980mm - 0,1 \cdot 6950mm = 2285 \text{ mm}$$

$$c/2 = 2285mm / 2 = 1490 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni = 2285 mm

Sehingga panjang yang dipakai untuk special boundary element adalah 2300 mm

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4(b) mengisyaratkan bahwa untuk *shearwall* yang bersayap, komponen batas khususnya harus mencakup lebar efektif sayap pada zona tekan dan harus diperpanjang sedikitnya 300 mm ke dalam badan.

Karena dimensi sayap 600 mm sedangkan panjang yang dipakai untuk special boundary element adalah 1000 mm, maka zona tekan sudah masuk ke dalam daerah badan.

Tulangan Confinement untuk Dinding Struktural

Tulangan longitudinal pada special boundary element

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan, pada special boundary element terdapat 16 D16, sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho = \frac{\left(16 \times \frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (32\text{mm})^2\right)}{(6950\text{mm} \cdot 300\text{mm})} = 0,006$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah omponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0,005. Jadi, tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

Tulangan confinement pada special boundary element

Apabila digunakan hoop berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara:

$$1/4 \text{ panjang sisi terpendek} = 1/4 \cdot 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$$

Nilai s_0 , dimana:

$$h_x = 300 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 16 \text{ mm} = 207 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - 207 \text{ mm}}{3} \right) = 147,67 \text{ mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s max terkecil yakni = 100 mm

Maka nilai s = 100 mm.

Karakteristik inti penampang:

$$\begin{aligned} bc &= \text{dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop} \\ &= 300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 207 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan confinement yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \\ A_{sh} &= \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 139,725 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 139,725 \text{ mm}^2$$

Agar nilai $A_s > A_{sh}$, maka perlu dipasang 2 kaki D13 sejarak 100 mm pada daerah special boundary element.

Tulangan confinement pada badan penampang dinding struktural
Untuk tulangan pada daerah badan dinding struktural, dicoba menggunakan tulangan berbentuk persegi dengan D13.

Mencari nilai s max:

$$1/4 \text{ panjang sisi terpendek} = 1/4 \cdot 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } s_0, \text{ dimana: } s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$$

$$h_x = 300 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 16 \text{ mm} = 207 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - 207 \text{ mm}}{3} \right) = 147,67 \text{ mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s max terkecil yakni = 100 mm

Maka nilai $s = 100$ mm.

Karakteristik inti penampang:

b_c = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$= 300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 207 \text{ mm}$$

Tulangan confinement yang dibutuhkan adalah:

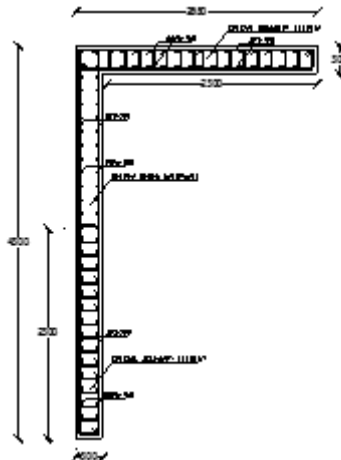
$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_y}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 139,725 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 139,725 \text{ mm}^2$$

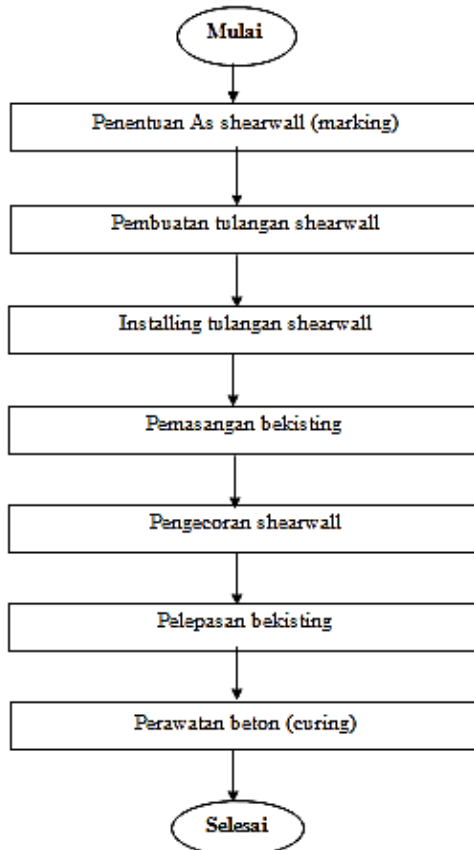
Agar nilai $A_s > A_{sh}$, maka perlu dipasang 2 kaki D13 sejarak 100 mm pada daerah special boundary element.



Gambar 5. 14 Penulangan SW 1

BAB VI METODE PELAKSANAAN *SHEARWALL*

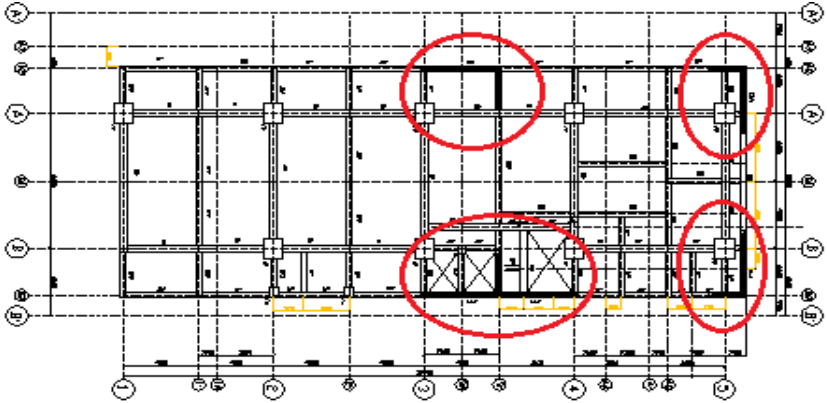
Pada tugas akhir ini, pembahasan metode hanya untuk pekerjaan *shearwall* saja. Metode yang digunakan dalam pekerjaan *shearwall* pada proyek ini menggunakan metode konvensional/formwork. Berikut ini adalah flowchart dari pekerjaan *shearwall* :



Gambar 6. 1 Diagram Alir Pekerjaan *Shearwall*

1. Penentuan As *shearwall* (marking)

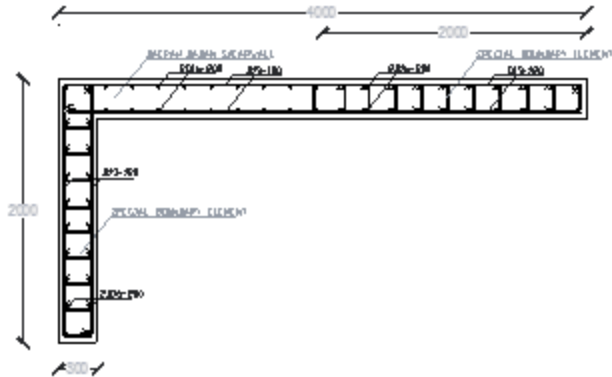
Pengukuran dan pembuatan marking area dilakukan oleh surveyor dengan menggunakan theodolite yang sesuai dengan As built drawing yang telah disyaratkan dalam perencanaan awal.



Gambar 6. 2 Denah *Shearwall*

2. Pembuatan Tulangan *Shearwall*

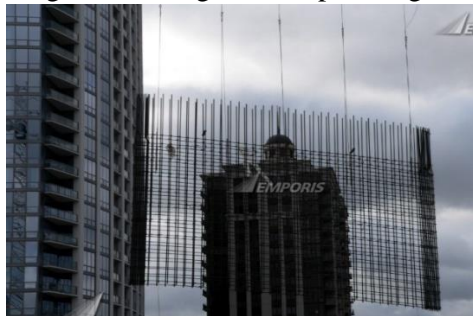
Pembuatan tulangan untuk *shearwall* dilakukan menggunakan bar cutter dan bar bender. Pembuatan yang dilakukan di lantai kerja yang berada di bawah proyek. Pembuatan dilakukan sesuai dengan gambar kerja dan RKS. Tulangan *shearwall* yang telah direncanakan menggunakan besi D16 dan D13. Apabila pembuatan tulangan telah selesai, maka dilakukan perakitan.



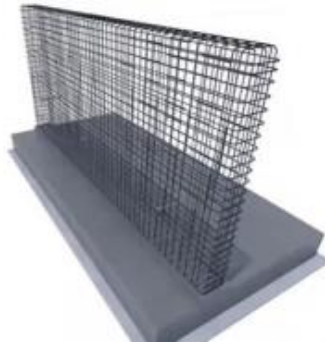
Gambar 6. 3 Gambar Tulangan *Shearwall*

3. Installing tulangan *shearwall*

Tulangan *shearwall* yang telah dirakit diangkut menuju lokasi pekerjaan menggunakan tower crane. Tulangan dipasang pada tempat yang sebelumnya telah dimarking sesuai dengan detail penulangan.



Gambar 6. 4 Pengangkutan Tulangan *Shearwall* yang Telah Dirakit



Gambar 6. 5 Tulangan *Shearwall* Terpasang

Sumber: www.youtube.com

Pasang styrofoam pada daerah block-out untuk menjaga beton tidak mengenai daerah block-out saat pengecoran. Langkah yang terakhir adalah memasang decking beton dengan tebal 4cm sebagai pelurus tebal selimut saat pengecoran.

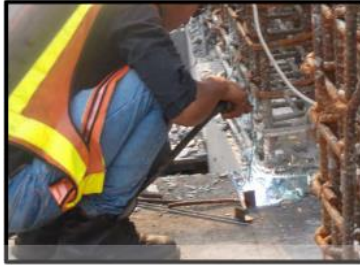


Gambar 6. 6 Decking Beton pada *Shearwall*

Sumber : <http://digilib.mercubuana.ac.id/>

4. Pemasangan bekisting
 1. Pengecekan kembali apakah perakitan tulangan sudah sesuai dengan gambar rencana dan As *shearwall*.
 2. Pembersihan area *shearwall* menggunakan compressor.

3. Pemasangan sepatu *Shearwall* menggunakan stek yang dipasang sesuai dengan letak yang ditentukan saat marking. Sepatu *shearwall* digunakan sebagai penahan bekisting.



Gambar 6. 7 Pemasangan Sepatu *Shearwall*

Sumber : <http://digilib.mercubuana.ac.id/>

4. Panel bekisting dipindahkan pada lokasi *shearwall* menggunakan tower crane.
5. Pemasangan panel bekisting yang sebelumnya telah dibersihkan dan diberi minyak pelumas.
6. Pemasangan adjustable push pull pada kedua sisi kolom untuk menahan panel sehingga tidak terjadi pergeseran. Adjustable push pull diatur hingga panel bekisting dapat berdiri dengan lurus.



Gambar 6. 8 Bekisting *Shearwall*

Sumber: weiku.com

7. Melakukan vertikalisasi yaitu dengan memeriksa kembali apakah bekisting sudah tegak lurus dan sesuai dengan As yang telah dibuat.

5. Pengecoran

Pengecoran *shearwall* menggunakan beton dengan mutu $f_c' = 30$ MPa. Berikut ini adalah tahapan pengecoran *shearwall* :

1. Setelah beton ready mix datang, dilakukan slump test terlebih dahulu pada material beton yang akan digunakan untuk pengecoran. Nilai slump test yang disyaratkan antara 12 ± 2 cm.
2. Setelah nilai slump memenuhi maka diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
3. Beton yang berada pada mixer truck di tuangkan pada concrete bucket lalu dibawa menuju lokasi pengecoran dengan bantuan tower crane.
4. Setelah tiba di lokasi pengecoran, beton disalurkan melalui pipa tremi yang berada di ujung bawah concrete bucket.
5. Penuangan beton maksimum setinggi 1m dari bagian atas bekisting sehingga tidak terjadi penggumpalan.



Gambar 6. 9 Pengecoran *Shearwall*

6. Proses pengecoran dilakukan bertahap dengan maksimum ketinggian 1 m lalu dilakukan pemadatan dengan vibrator.



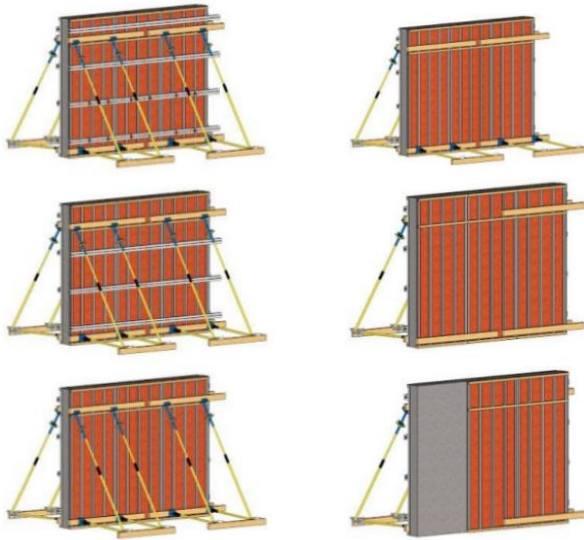
Gambar 6. 10 *Shearwall* yang Telah Dicor

6. Pelepasan bekisting

Pelepasan bekisting dilakukan setelah mutu beton dianggap layak dan cukup kuat serta mendapat ijin pembongkaran dari pihak yang berwenang.

Berikut ini adalah langkah-langkah pembongkaran bekisting :

1. Kendorkan dan lepaskan semua baut dan wing nut.
2. Lepaskan klam dinding.
3. Kendorkan dan lepaskan adjustable push pull props dari base plate.
4. Balok perangai atas dan bawah di lepas satu persatu dari panel.
5. Panel dilepaskan satu persatu dari *shearwall*.
6. Angkat dan pindahkan bekisting *shearwall* tersebut ke tempat yang telah disediakan dengan bantuan tower crane.



Gambar 6. 11 Pelepasan Bekisting
 Sumber : Metode Pelaksanaan Pembongkaran
 Pekerjaan Bekisting, slideshare.com

7. Perawatan beton (curing)

Perawatan beton dilakukan untuk melindungi beton selama berlangsungnya proses pengerasan beton.

Tujuan utama dari perawatan beton adalah :

1. Mencegah penguapan air pada permukaan beton yang terbuka.
2. Menghindari beton mengalami kehilangan kadar air yang berlebihan.
3. Menjaga suhu dan kelembaban dari beton sendiri agar tidak terjadi retak.

Perawatan yang dilakukan yaitu dengan melakukan penyiraman air pada *shearwall*.

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem struktur yang sesuai untuk digunakan pada Hotel Alimar Surabaya 12 lantai yaitu sistem ganda.
2. Proses penentuan letak *shearwall* dilakukan dengan trial and error dan dilakukan pengecekan kontrol dinamis serta kontrol sistem ganda sesuai dengan SNI 03-1726-2012 hingga mendapatkan letak *shearwall* yang paling efektif. Hasil yang didapatkan yaitu empat tipe *shearwall* dengan ketebalan 300 mm pada arah x dan y yang terletak pada ujung belakang dan samping bangunan.
3. Persen beban lateral yang diserap oleh *Shearwall* pada Gedung Hotel Alimar Surabaya yaitu sebesar 47,44% untuk arah x dan 74,85% untuk arah y.

7.2 Saran

1. Untuk mendapatkan letak *shearwall* yang lebih efektif dari desain pada Tugas Akhir ini dapat dilakukan *trial and error* kembali.
2. Dalam pengumpulan data perencanaan perlu didapatkan dengan lengkap mulai gambar arsitek dan struktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-2010. **Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure**. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung**. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: BSN.
- FEMA 451, 2006. **NEHRP Recommended Provisions: Design Examples**, Federal Emergency Management Agency
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang**. Bandung: Penerbit ITB.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010. **Peta Hazard Gempa Indonesia**. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A (Data Tanah)

Lampiran B (Brosur)

Lampiran C (Gambar Perencanaan)

LAMPIRAN A (DATA TANAH)

		A.2.1. BORING LOG			BOREHOLE # : DB - 1					
PROJECT : Ged. Kampus Univ. Muhammadiyah, 13 Lantai.		DATE OF TESTING : 16 to 19 February 2014		GROUND WATER LEVEL : ± 0.20 m						
LOCATION : Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya.		DEPTH OF BORING : 45.5 m		GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m						
DEPTH m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST		STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS				
		q	f	TYPE	c	φ	γ	Gs	80	Sr
0										
1	Fill material (sand and gravel), brown, contain crushed bricks									
2	Clay and silt, brown, inorganic, trace to little of sand, very soft consistency									
3										
4	Clay and silt, grey, inorganic, some fine sand, soft consistency.									
5										
6										
7	Clay and silt, grey, inorganic, little to some fine sand, contain crushed shells at some depth, very soft to stiff consistency									
8										
9										
10										
11	Silt and fine sand, yellowish brown, contain gravel at some depths, contain crushed shells at some depth, medium dense									
12										
13										
14	Fine sand, brown, trace of gravel.									
15										
16	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.									
17	Fine sand, brown.									
18										
19	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff to hard consistency.									
20										
21										
22	Sand, fine to coarse grained, brown, contain crushed shell, medium to dense									
23										
24										
25	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.									
26										
27	Fine sand, brown.									
28										
29										
30										
31	Silt and clay, greenish grey, inorganic, trace to little of sand, very stiff to hard consistency.									
32										
33										
34										
35										
36	Clay and silt, greyish brown, inorganic, little to some fine sand, hard consistency.									
37										
38										
39										
40										
41	Sand, fine to coarse grained, grey, trace of gravel, contain crushed shell at some depths, dense to very dense.									
42										
43										
44										
45										
46	End of Boring									
47										
48										
49										
50										

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- ☐ = Undisturbed sample
- ☒ = SPT
- ☒ = Fairly Undisturbed
- c = Cohesion Intercept, kg/cm²
- φ = Internal friction angle, deg

- SPT = Standard penetration test (blows / ft)
- UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
- CU = Triaxial, Consolidated undrained
- Vane = Vane shear test
- UCS = Unconfined compression strength, kg/cm²
- QT = Direct shear, quick test.

- ω = Wn = Moisture content, %
- Wp = Plastic limit, %
- WL = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, tm³
- Gs = Specific gravity
- ev = Void ratio
- Sr = Saturation, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.2.2. BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 2

PROJECT : Ged. Kampus Univ. Muhammadiyah, 13 Lantal.
LOCATION : Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya.DATE OF TESTING : 16 to 19 February 2014
DEPTH OF BORING : 45.5 mGROUND WATER LEVEL : ± 0.30 m
GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				
		q	f	C	φ	TYPE	c	φ	7	G _s	eo	Sr	
0	Fill material (sand and gravel brown, contain crushed brick)												
1	Clay and silt, brown, inorganic, trace to little of sand, very soft consistency	<1											
2	Clay and silt, grey, inorganic, some sand, very soft consistency	<1											
3	Clay and fine sand, grey.												
4	Clay and silt, grey, inorganic, little to some fine sand, contain crushed shells at some depth, very soft to stiff consistency	4											
5		5											
6		8											
7		10											
8	Silt and fine sand, yellowish brown, contain gravel at some depths, contain crushed shells at some depth, medium dense	25											
9		10											
10	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace of sand.	12											
11		12											
12	Silt and fine sand, yellowish brown to brown, inorganic, trace sand, contain crushed shell at some depths, medium dense	27											
13		27											
14	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.	23											
15		23											
16	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, some sand, trace of gravel, hard consistency.	31											
17		31											
18	Sand, fine to coarse grained, brown, contain crushed shell, dense to very dense.	44											
19		44											
20		40											
21		40											
22	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.	35											
23		35											
24		30											
25	Silt and clay, greenish grey, inorganic, some sand, trace of gravel, hard consistency.	32											
26		32											
27	Sand, fine to coarse grained, grey.	29											
28		29											
29	Clay and silt, greyish brown, inorganic, trace of fine sand, very stiff to hard consistency.	30											
30		30											
31		31											
32		31											
33	Sand, fine to coarse grained, grey, trace of gravel, contain crushed shell at some depths, dense to very dense.	49											
34		49											
35		>50											
36	End of Boring												
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													

NOTE:

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

☐ = Undisturbed sample
☐ = SPT
☐ = Fully Undisturbed
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test.

ω = W_n = Moisture content, %
w_p = Plastic limit, %
w_L = Liquid limit, %
γ = Bulk density, t/m³
G_s = Specific gravity
e_o = Void ratio
S_r = Saturation, %

LAMPIRAN B (BROSUR)



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ)	: 530 kg/m ³
Berat jenis normal, (ρ)	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, (σ)	: $\geq 4,0$ N/m ²
Konduktivitas termis, (λ)	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

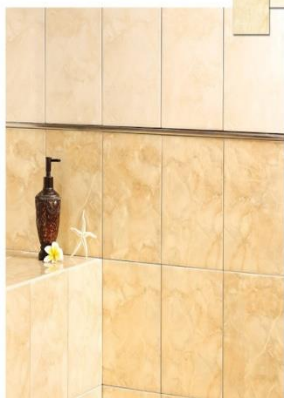
<i>Length, L (mm)</i>	: 600
<i>Height, H (mm)</i>	: 200 ; 400
<i>Thick, T (mm)</i>	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

<i>Dry Density, (ρ)</i>	: 530 kg/m ³
<i>Field Density, (ρ)</i>	: 600 kg/m ³
<i>Compressive Strength, (σ)</i>	: ≥ 4.0 N/m ²
<i>Thermal Conductivity, (λ)</i>	: 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



30 x 30



TECHNICAL DATA
ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA		UNIT	WALL TILE ARWANA	
		ISO	ISO		ISO	ISO
Size Tolerance	%	+/-0.5	+/-0.6	%	(-0.2 -/+0.52)	(-0.3 -/+0.6)
Thickness Tolerance	%	+/-4.0	+/-5.0	%	+/-4.0	+/-10
Rectangularity	%	+/-0.4	+/-0.6	%	+/-0.3	+/-0.3
Straightness of sides	%	+/-0.4	+/-0.5	%	+/-0.3	+/-0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 -/+0.8)	(-0.2 -/+0.8)
b. Edge Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 -/+0.8)	(-0.2 -/+0.8)
c. Warpage	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6-9	6<E<10	%	>10	>10
Crazing Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)		Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT ARWANA CITRAMULLA TM
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Jakarta 11610
Phn: +62 21 5830 2363
Fax: +62 21 5830 2361
E-mail: info@arwanacitra.com
Website: www.arwanacitra.com

Sole Distributor
PT PRIMAGRAHA KERAMINDO
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Phn: +62 21 5835 8118
Fax: +62 21 5835 8008
E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

Factories
PLANT I:
PT ARWANA CITRAMULLA (ACM)
Jl. Raya Pasar Kemis
Tangerang 15133, Banten
Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
Email: info@acm.arwanacitra.com

PLANT II:
PT ARWANA NUANSA KERAMIK (ANK)
Jl. Raya Gorda, Desa Kibin Km 69
Cikande - Serang, Banten
Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
Email: info@ank.arwanacitra.com

PLANT III:
PT SINAR KARYA DUTA ABDI (SKDA)
Jl. Wringin Anom Raya Km. 33
Desa Wringin Anom, Kb. Gersik
Jawa Timur
Phn: +62 31 8982223-26 Fax: +62 31 8981679
Email: info@ska.arwanacitra.com

Acian Plester dan Beton

Kegunaan

Adukan semen instan untuk pekerjaan acian pada permukaan plesteran

Standar Acuan Produk

- DIN 18550

Dasar Permukaan

- Permukaan plesteran (MU-100 atau MU-301)
- * Tidak disarankan untuk digunakan sebagai bahan acian pada permukaan lantai

Keunggulan

- Dapat diaplikasi pada bagian interior & eksterior bangunan
- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Dapat mencegah terjadinya retak rambut pada dinding akibat penyusutan.
- Tidak memerlukan plamuur sebagai dasar pengecatan
- Tidak menyerap bahan cat, sehingga menghemat penggunaan bahan cat
- Hasil akhirnya lebih rapi & dapat menghemat biaya pemeliharaan bangunan

Cara Pemakaian

- Alat Kerja : Roskam baja, jidar panjang dari baja atau aluminium
- Persiapan :
 - Siapkan tempat kerja & permukaan yang hendak diaci.
 - Bersihkan dasar permukaan yang akan diaci dari serpihan, kotoran & minyak yang dapat mengurangi daya rekat adukan
 - Jika terlalu kering, basahi dasar permukaan yang akan diaci dengan air
- Pengadukan :
 - Tuang air kedalam bak adukan sebanyak 14,0 - 14,5 liter untuk tiap kantong MU-250 (40 kg)
 - Masukan adukan kering MU-250 kedalam bak adukan
 - Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi :
 - Pengacian dilakukan secara manual sebagaimana umumnya yang kemudian diratakan dengan jidar panjang.
 - Tebal acian yang di anjurkan adalah 2 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu putih
- Perekat : Semen Portland
- Bahan pengisi (filler) :
 - Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.

- Bahan tambah (additive) :
 - Bahan larut air guna meningkatkan kelekakan (konsistensi), daya rekat, daya menahan air & kekuatan.
- Kepadatan (density) :
 - Kering = 1,2 kg/liter
 - Basah = 1,8 kg/liter
- Tebal aplikasi : 1.5 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya
- Batas waktu masih plastis : 2 jam setelah pengadukan
- Kebutuhan air : 14,0 - 14,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength
 - ASTM C109 : > 5 N/mm²
- Water retention
 - BS 4551 : 1980 : > 95 %
- Drying shrinkage : > 0.1 %

Daya sebar (coverage)

14 - 19 m² / sak 40 kg / 1.5 - 2 mm. Variasi tergantung bentuk dan kerataan permukaan.

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

PT. CIPTA MORTAR UTAMA

MM2100 Industrial Town, Jl. Sumbawa Block F1-1 Cikarang Barat, Bekasi 17520 - Indonesia
 Telp. [6221] 8981120. Fax. [6221] 8981139. Email: info@mortarutama.com
 www.mortarutama.com

Perekat Keramik Lantai

Kegunaan

Adukan semen instan sebagai perekat untuk pekerjaan pemasangan keramik, marmer, granit atau batu alam lainnya pada lantai

Standar Acuan Produk

- BSEN 1348 : 1999
- BSEN 1348 : 1999

Dasar Permukaan

- Permukaan lantai dengan adukan perata lantai (MU-440, MU-300 atau MU-301)
- Permukaan lantai rabat
- Permukaan lantai beton

Keunggulan

- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Open time \pm 10 - 20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Tahan terhadap susut - muai
- Pasangan keramik melekat dengan kuat & dapat mencegah terangkatnya pasangan keramik
- Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik

Cara Pemakaian

- Alat Kerja : Roskam bergigi
- Persiapan :
 - Siapkan tempat kerja & permukaan dimana akan dipasang keramik. Sebaiknya keramik dipasang pada dasar permukaan lantai rabat atau screed yang sudah cukup kering, rata & stabil.
 - Gunakan terlebih dulu campuran MU-L500 (larutan kedap air) pada permukaan yang rata & bersih, bila membutuhkan lantai yang lebih kedap air.
 - Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kekerataan, kelurusan & kemudahan pemasangan keramik
 - Bersihkan dasar permukaan tersebut dari serpihan, kotoran & minyak, kemudian basahi secukupnya dengan air.
 - Keramik yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu dengan air
- Pengadukan :
 - Masukkan adukan kering MU-450 kedalam bak adukan
 - Tuang air sebanyak 10,0 - 10,5 liter untuk tiap kantong MU-450 (40 kg)
 - Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi :
 - Pemasangan keramik lantai dilakukan secara manual dengan roskam bergigi sebagaimana umumnya.
 - Tebal spesi yang di anjurkan adalah 3 - 5 mm.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu
- Perekat : Semen Portland
- Agregat : Pasir silika dengan besar butir maksimum 0,6 mm
- Bahan tambah (additive) : Bahan larut air guna meningkatkan kelekakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Bahan pengisi (filler) : Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Kepadatan (density) :
 - Kering = 1,60 kg/liter
 - Basah = 1,85 kg/liter
- Tebal aplikasi : 3 - 5 mm, tergantung kerataan dasar permukaan, jenis bahan pasangan & ukurannya.
- Kebutuhan air : 10,0 - 10,5 liter / sak 40 kg
- Open time : \pm 20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Tensile adhesion bond Strength BSEN 1348 : $>$ 0.8 N/mm²

Daya sebar (coverage)

\pm 8 m² / sak 40 kg / 3 mm

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadalaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan

PT. CIPTA MORTAR UTAMA

MM2100 Industrial Town, Jl. Sumbawa Block F1-1 Cikarang Barat, Bekasi 17520 - Indonesia

Telp. [6221] 8981120. Fax. [6221] 8981139. Email: info@mortartutama.com

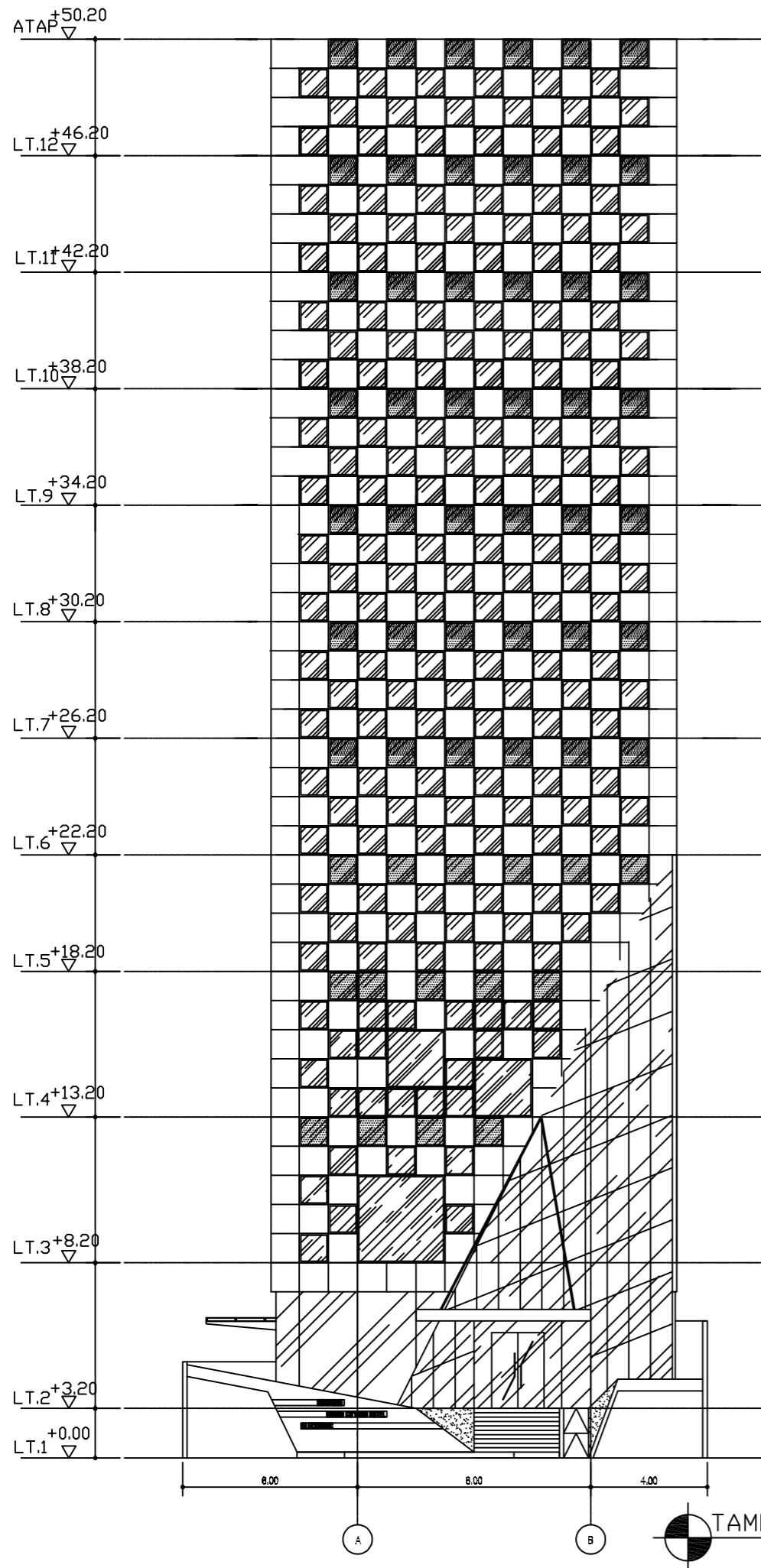
www.mortartutama.com

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	COVER	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
TAMPAK			
ARS	TAMPAK UTARA, TAMPAK SELATAN	1 : 200	1
ARS	TAMPAK BARAT	1 : 200	2
ARS	TAMPAK TIMUR	1 : 200	3
DENAH LANTAI			
ARS	DENAH LANTAI 1,2,3	1 : 250	4
ARS	DENAH LANTAI 4,5,6	1 : 250	5
ARS	DENAH LANTAI 7,8,9	1 : 250	6
ARS	DENAH LANTAI 10,11,12	1 : 250	7
ARS	DENAH LANTAI ATAP	1 : 250	8
POTONGAN			
ARS	POTONGAN I-I	1 : 250	9
ARS	POTONGAN II-II, POTONGAN III-III	1 : 250	10
PENULANGAN PELAT			
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 1	1 : 150	11
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 2	1 : 150	12
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 3	1 : 150	13
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 4	1 : 150	14
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 5	1 : 150	15
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 6	1 : 150	16
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI 7-12	1 : 150	17

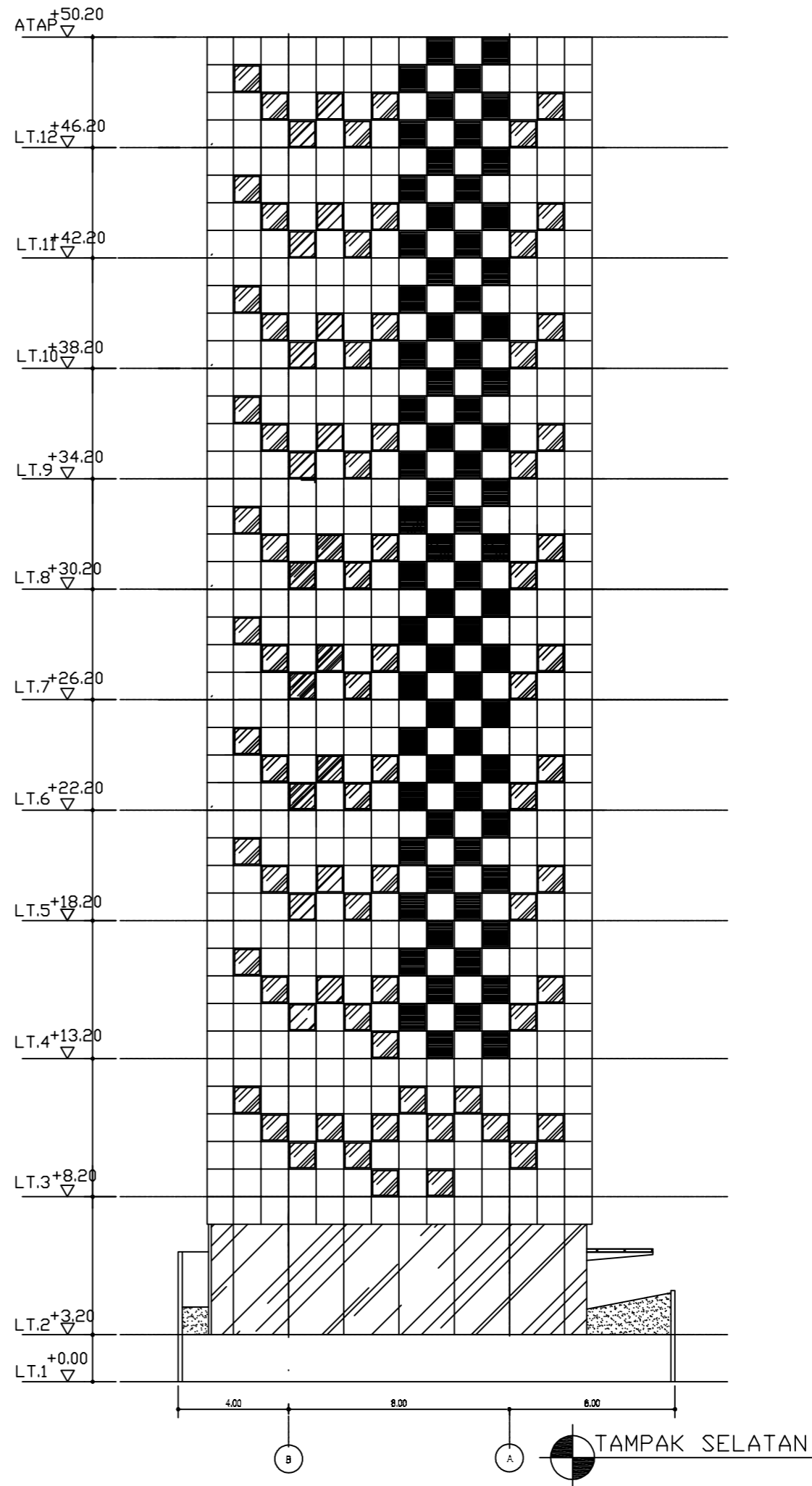
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI ATAP	1 : 150	18
STR	DENAH DAN PENULANGAN LANTAI ATAP TANGGA&LIFT	1 : 150	19
STR	DETAIL PENULANGAN STRUKTUR PELAT	1 : 150	20
TANGGA			
STR	DENAH TANGGA	1 : 50	21
STR	DENAH TANGGA LOBBY	1 : 50	22
STR	POTONGAN TANGGA LOBBY	1 : 50	23
STR	POTONGAN TANGGA UTAMA LANTAI 2-5	1 : 50	24
STR	POTONGAN TANGGA UTAMA LANTAI 6-12	1 : 50	25
STR	POTONGAN TANGGA DARURAT LANTAI 1-6	1 : 50	26
STR	POTONGAN TANGGA DARURAT LANTAI 7-12	1 : 50	27
STR	DETAIL STRUKTUR TANGGA LOBBY	1 : 25	28
STR	DETAIL STRUKTUR TANGGA (1)	1 : 25	29
STR	DETAIL STRUKTUR TANGGA (2)	1 : 25	30
STR	DETAIL STRUKTUR TANGGA (3)	1 : 25	31
STR	DETAIL STRUKTUR TANGGA (4)	1 : 25	32
DENAH BALOK DAN KOLOM			
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 1	1 : 150	33
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 2	1 : 150	34
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 3	1 : 150	35
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 4	1 : 150	36
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 5	1 : 150	37
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 6	1 : 150	38
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 7-12	1 : 150	39

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI ATAP	1 : 150	40
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM ATAP TANGGA & LIFT	1 : 150	41
TABEL PENULANGAN			
STR	TABEL PENULANGAN BALOK (1)	1 : 25	42
STR	TABEL PENULANGAN BALOK (2)	1 : 25	43
STR	TABEL PENULANGAN KOLOM	1 : 25	44
DETAIL PENULANGAN BALOK DAN KOLOM			
STR	DETAIL BALOK MEMANJANG (B1)	1 : 25	45
STR	DETAIL BALOK MEMANJANG (B2)	1 : 25	46
STR	DETAIL BALOK MEMANJANG (B3)	1 : 25	47
STR	DETAIL BALOK MELINTANG (B4)	1 : 25	48
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM (K2)	1 : 25	49
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM (K3)	1 : 25	50
DETAIL PENULANGAN DINDING GESER			
STR	DETAIL PENULANGAN SW1	1 : 25	51
STR	DETAIL PENULANGAN SW2	1 : 25	52
STR	DETAIL PENULANGAN SW3	1 : 25	53
STR	DETAIL PENULANGAN SW4	1 : 25	54

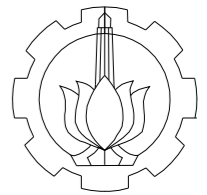
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
POTONGAN			
STR	PORTAL MEMANJANG	1 : 200	55
STR	PORTAL MEMANJANG PARSIAL 1	1 : 200	56
STR	PORTAL MEMANJANG PARSIAL 2	1 : 200	57
STR	PORTAL MELINTANG	1 : 200	58
STR	PORTAL MELINTANG PARSIAL 1	1 : 200	59
STR	PORTAL MELINTANG PARSIAL 2	1 : 200	60
STR	PORTAL AS A2	1 : 200	61
STR	PORTAL AS A2 PARSIAL 1	1 : 200	62
STR	PORTAL AS A2 PARSIAL 2	1 : 200	63
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK-SHEARWALL	1 : 200	64



TAMPAK UTARA



TAMPAK SELATAN



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA
DAN
TAMPAK SELATAN

SKALA

1:200

NOMER

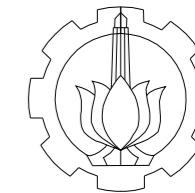
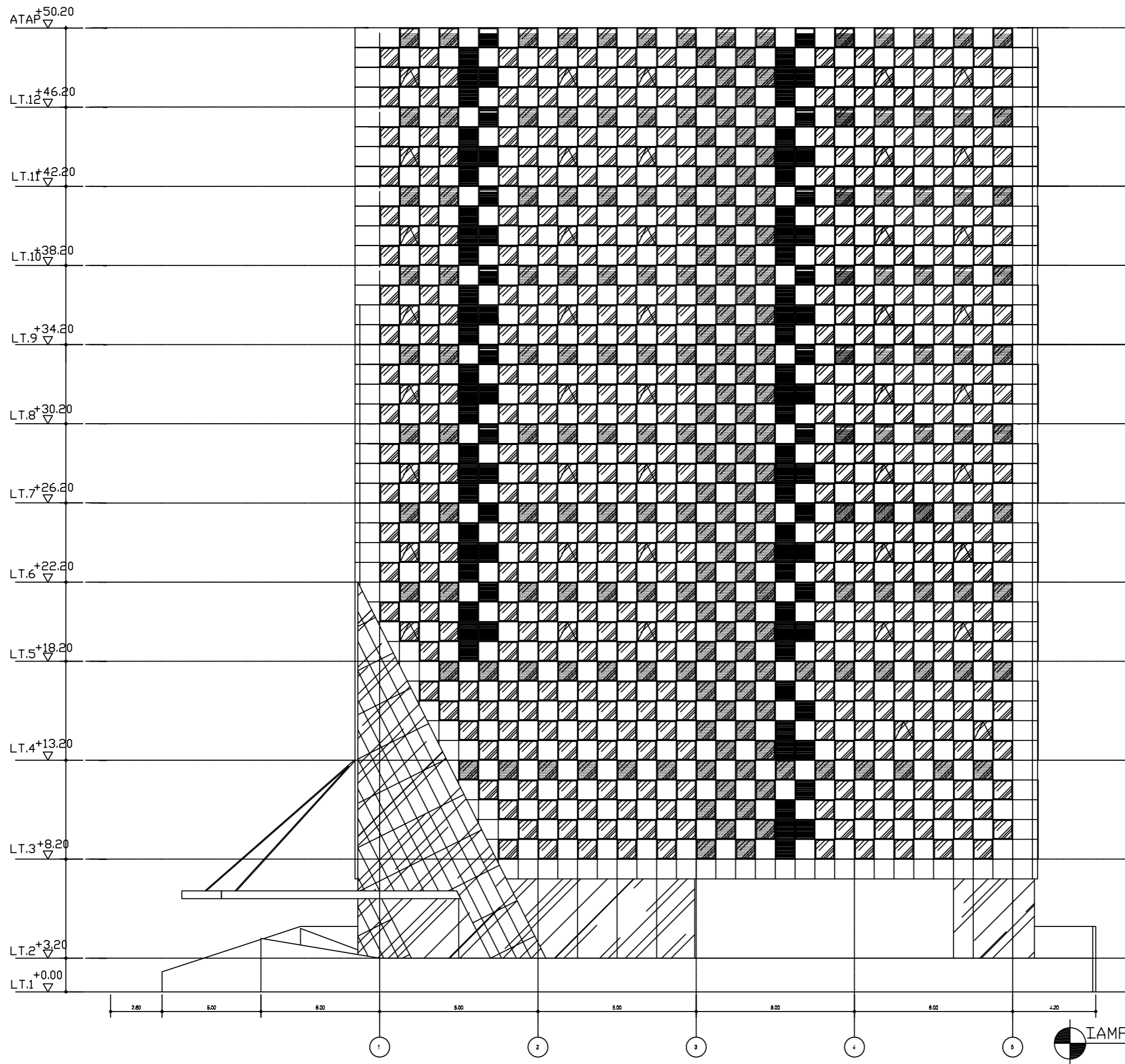
1

KODE GAMBAR

ARS

JUMLAH

64



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

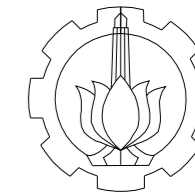
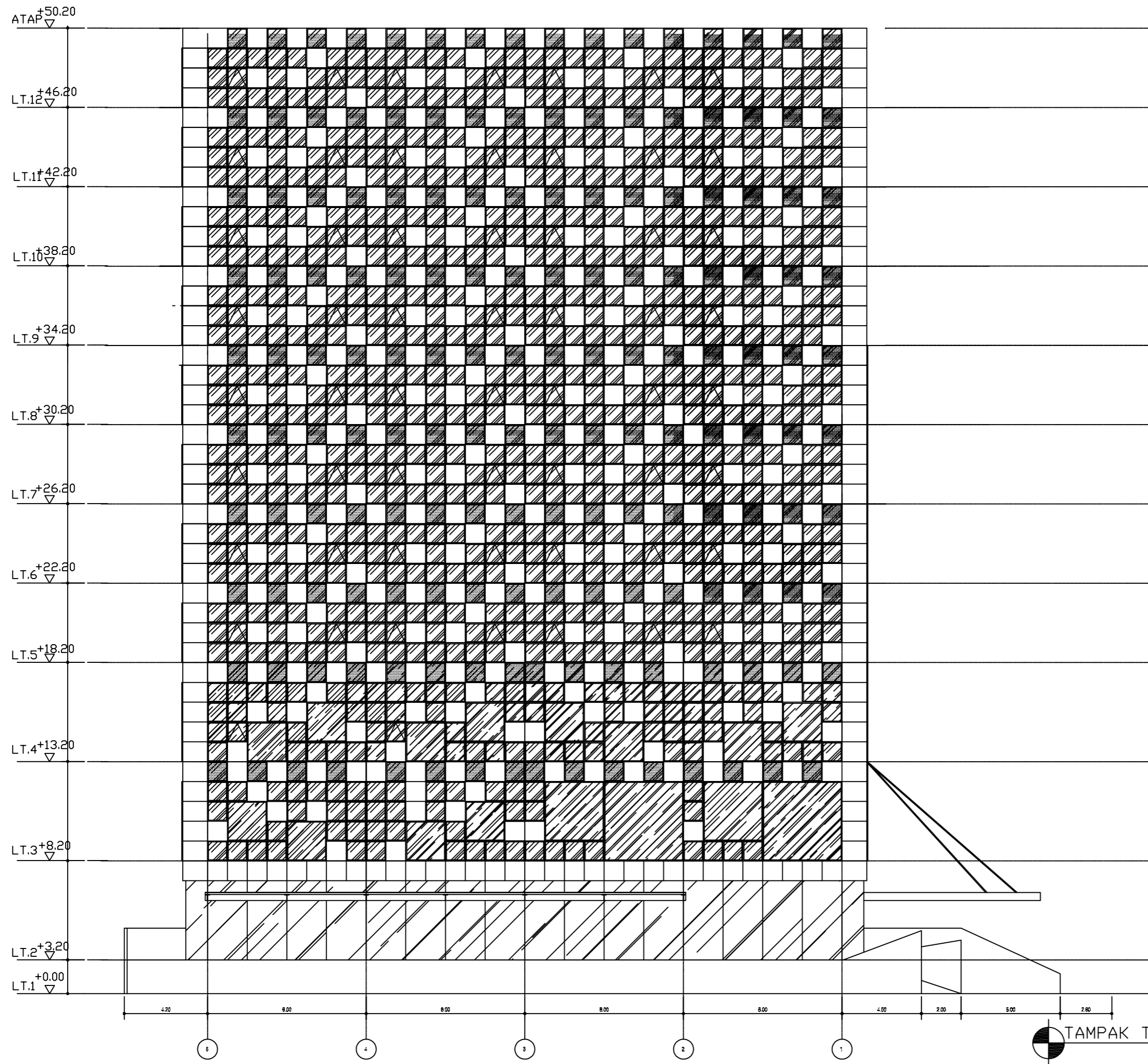
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT

SKALA	KODE GAMBAR
1:200	ARS
NOMER	JUMLAH
2	64

TAMPAK BARAT



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR

SKALA

1:200

NOMER

3

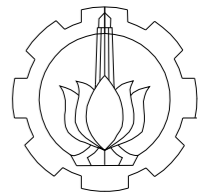
KODE GAMBAR

ARS

JUMLAH

64

TAMPAK TIMUR



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI
 1,2,3

SKALA

1:250

NOMER

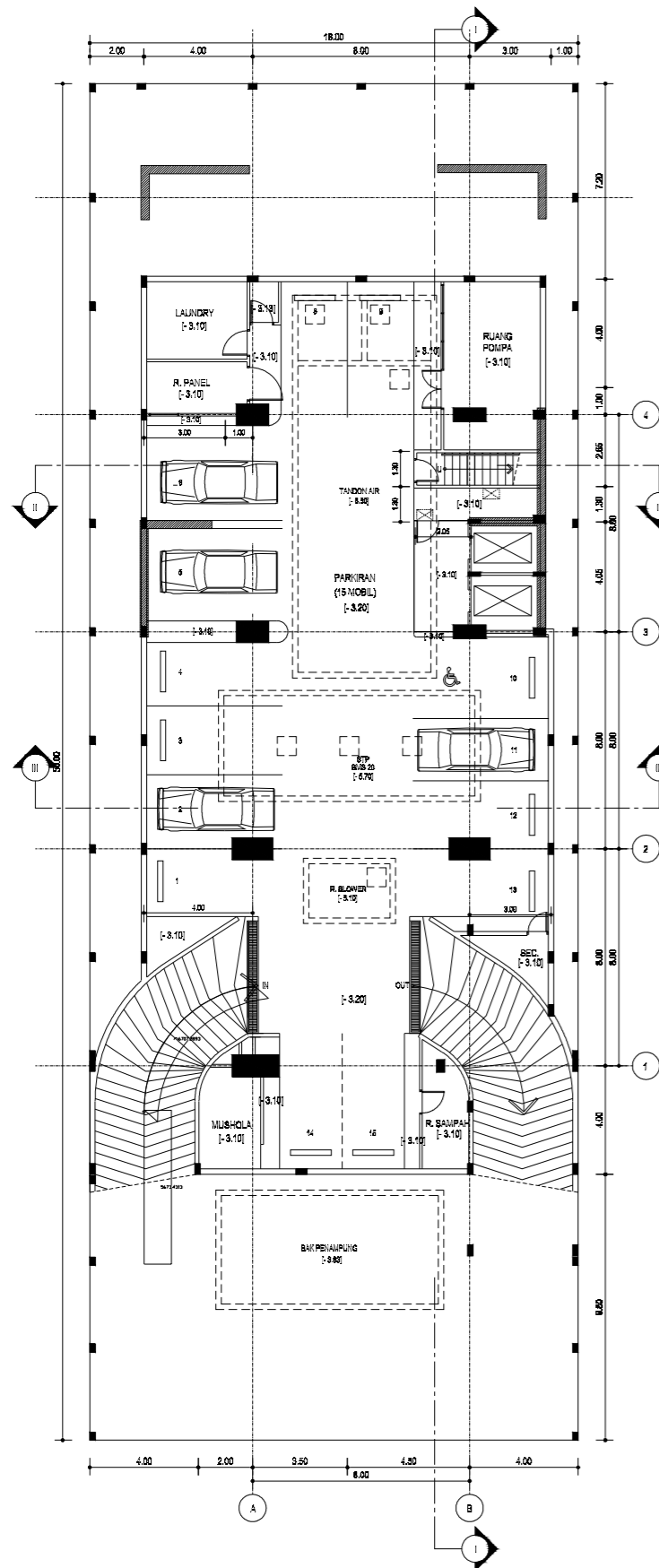
4

KODE GAMBAR

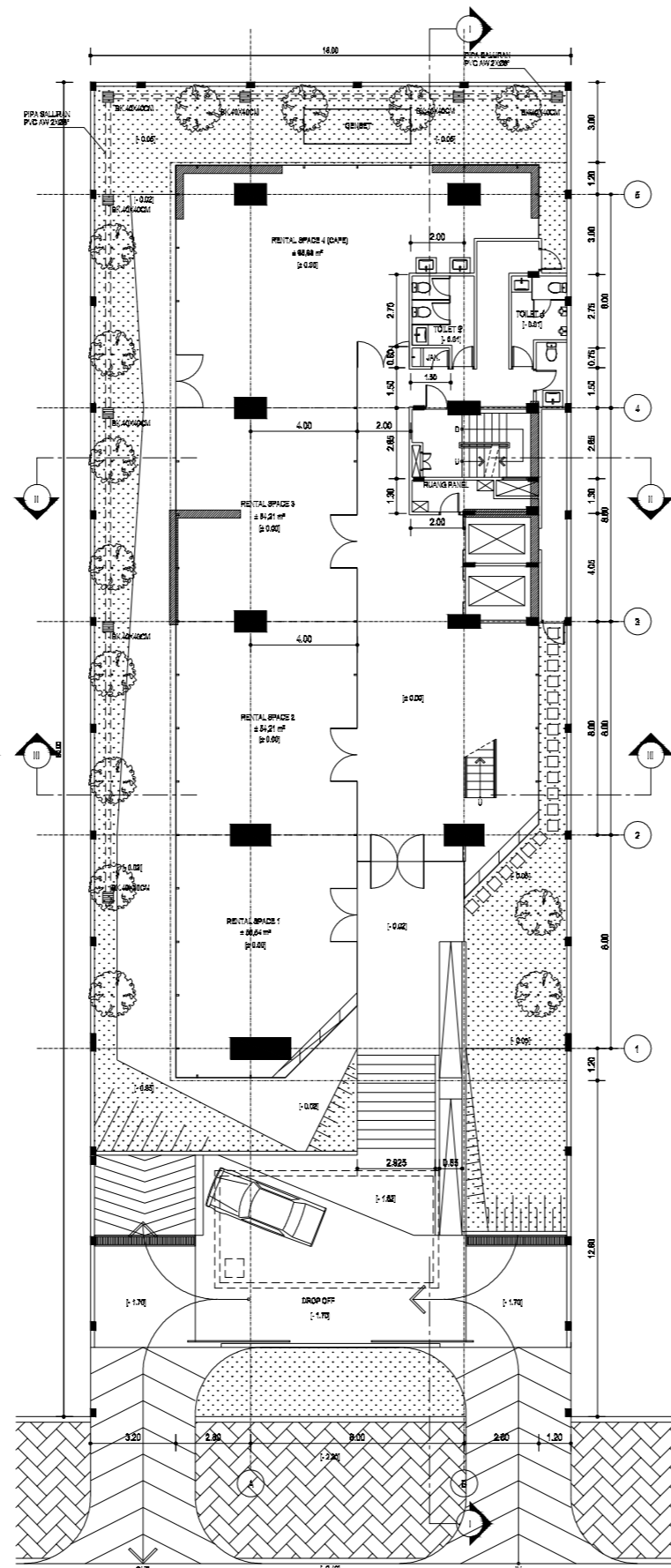
ARS

JUMLAH

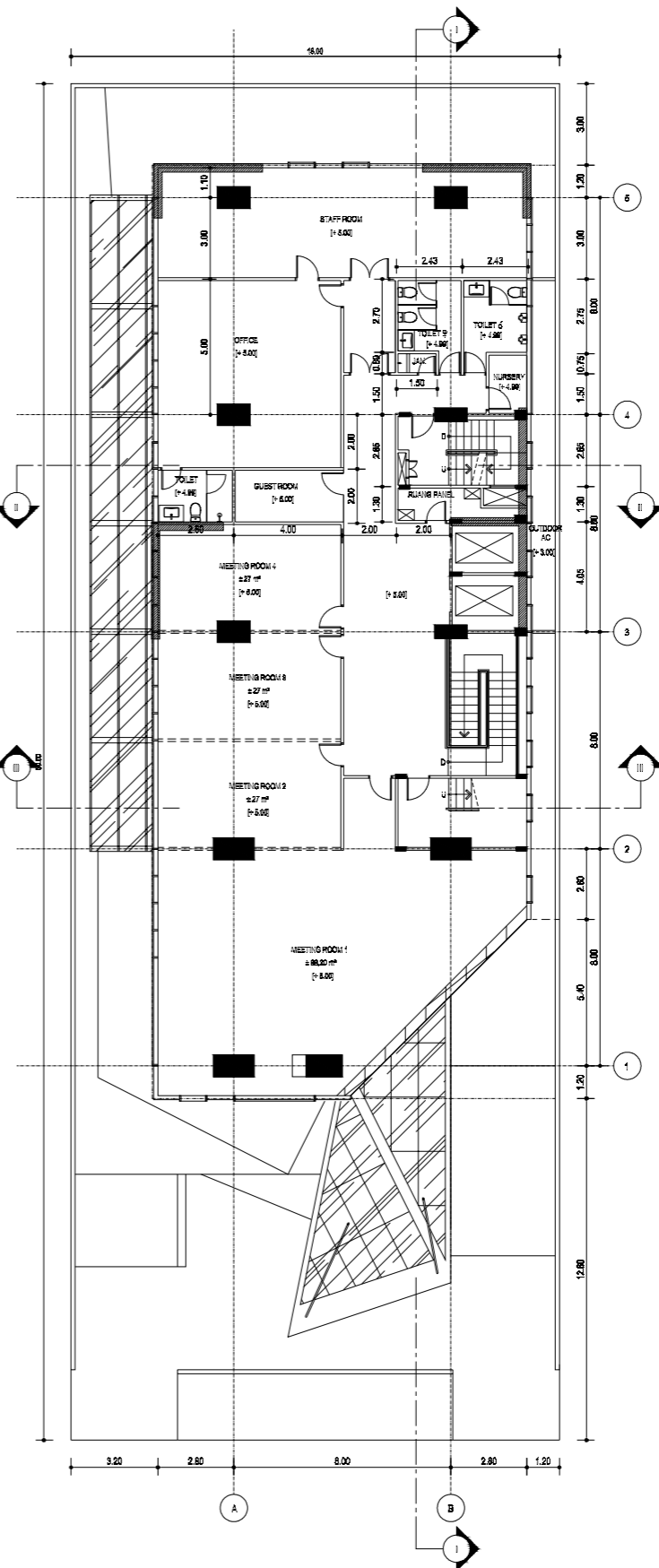
64



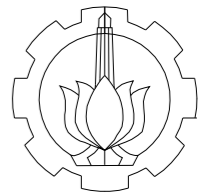
DENAH LANTAI 1



DENAH LANTAI 2



DENAH LANTAI 3



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI
 4,5,6

SKALA

1:250

NOMER

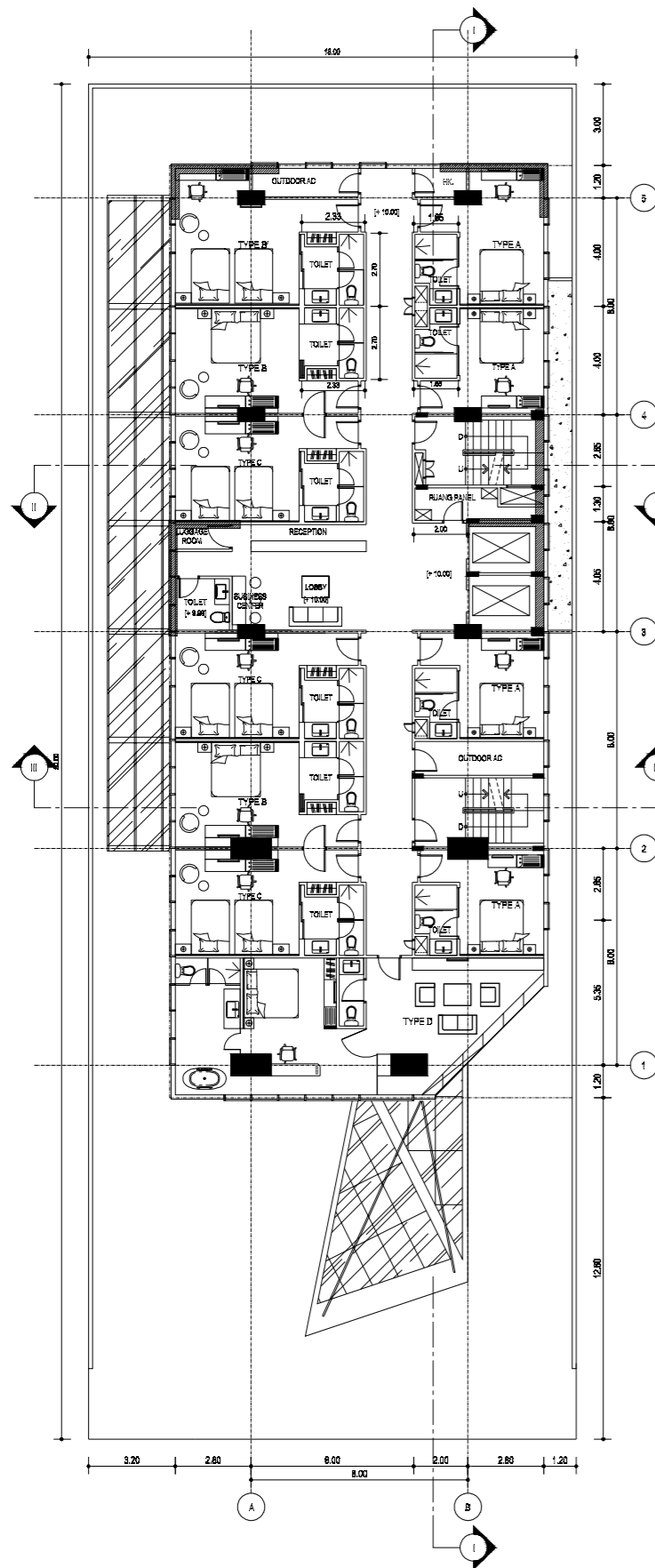
5

KODE GAMBAR

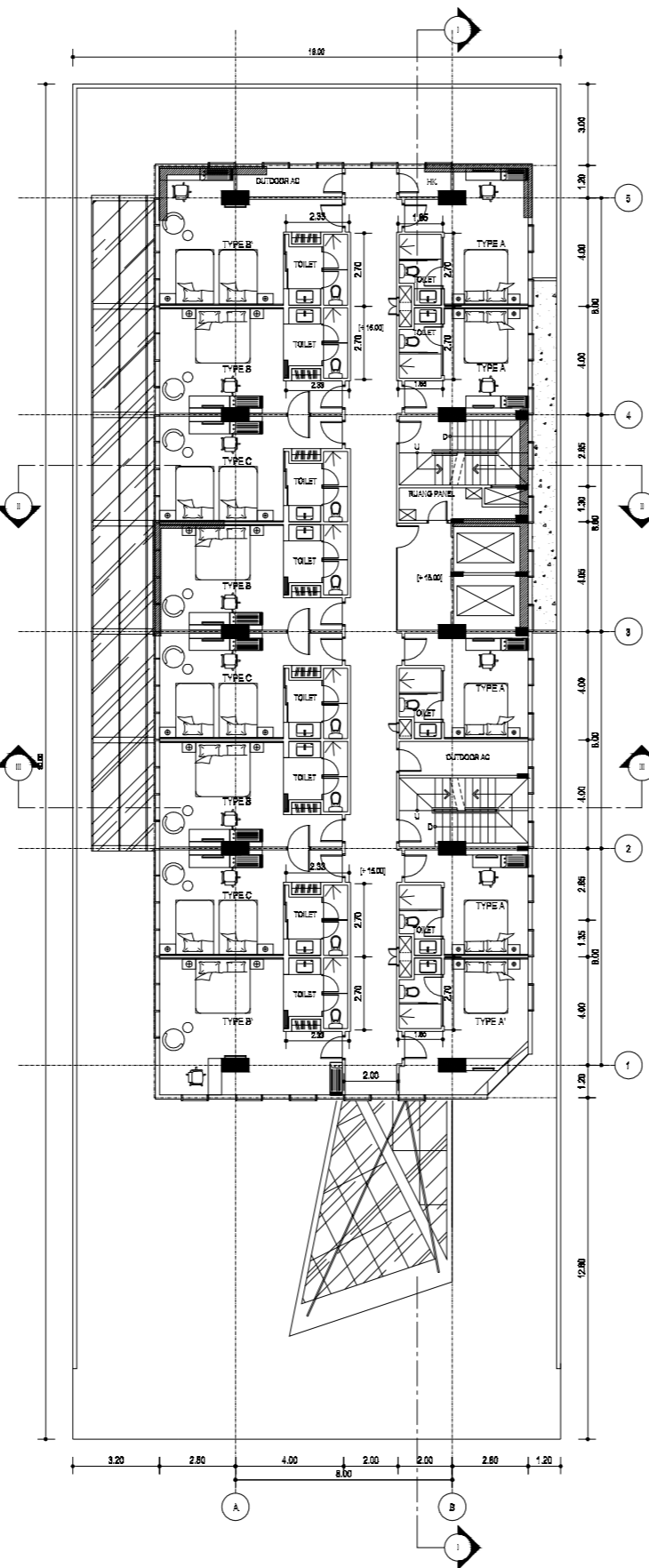
ARS

JUMLAH

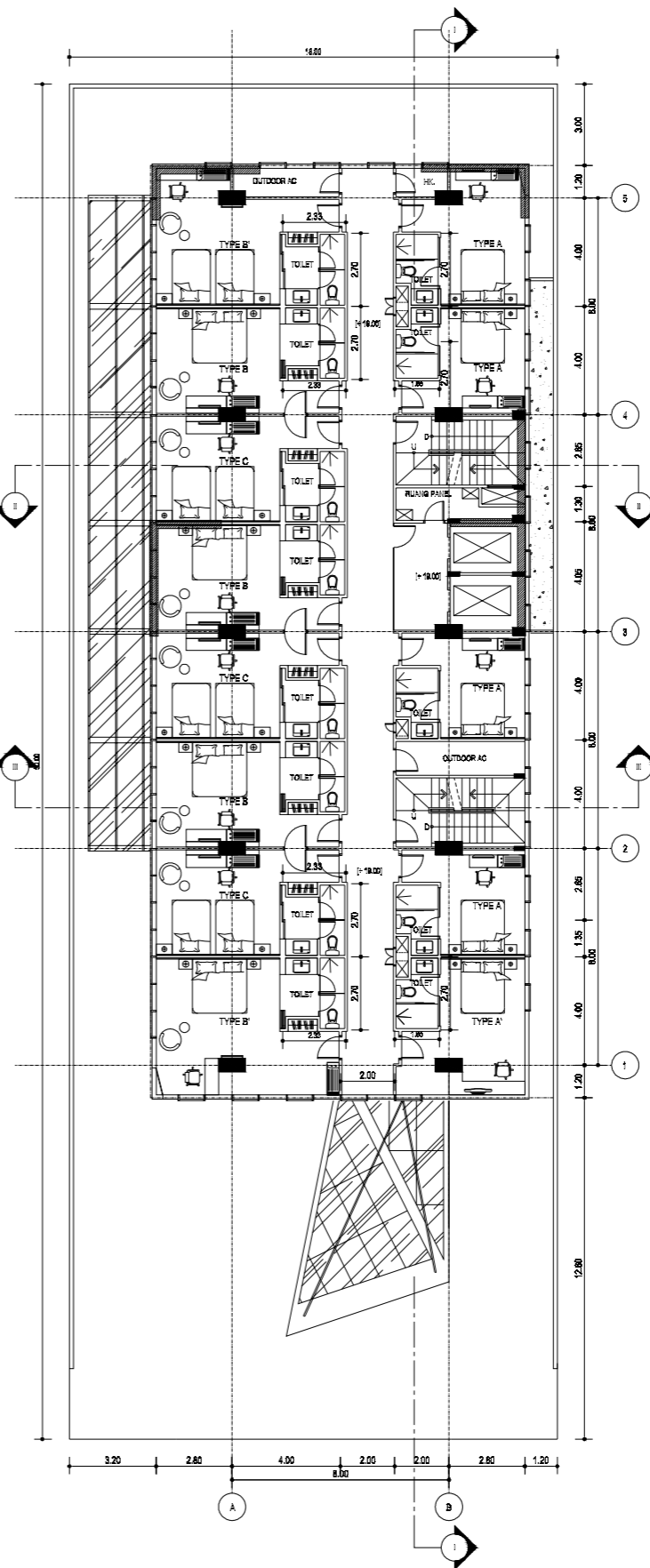
64



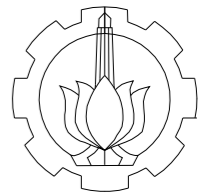
DENAH LANTAI 4



DENAH LANTAI 5



DENAH LANTAI 6



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI
 7,8,9

SKALA

1:250

NOMER

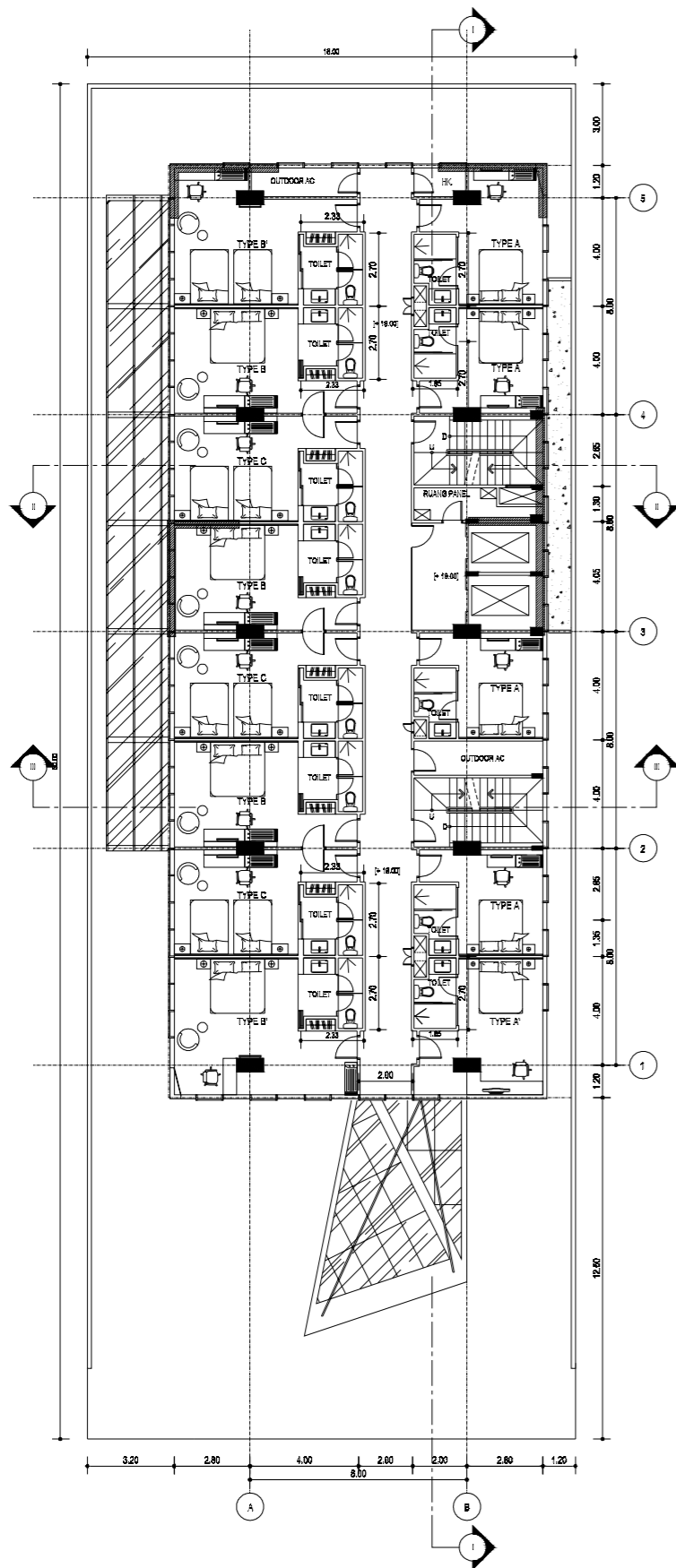
6

KODE GAMBAR

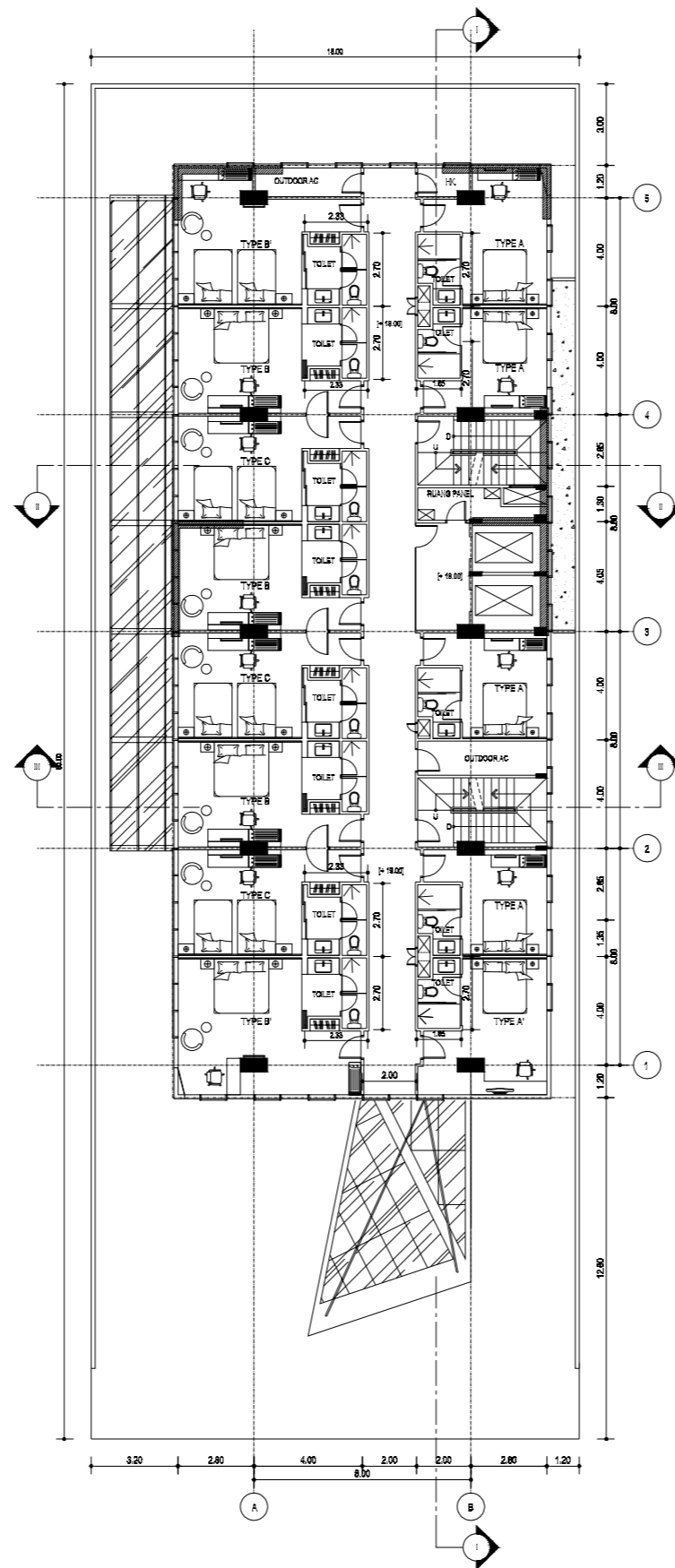
ARS

JUMLAH

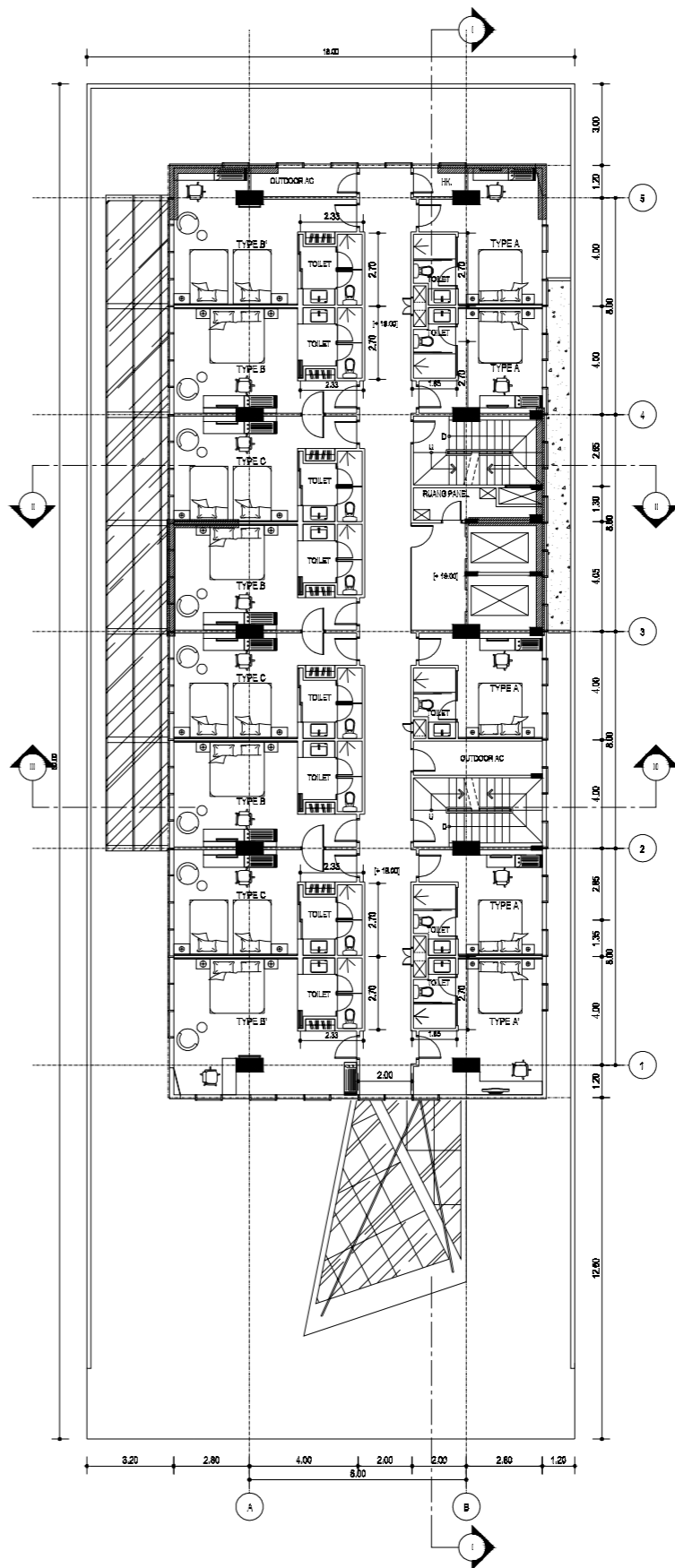
64



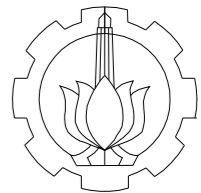
DENAH LANTAI 7



DENAH LANTAI 8



DENAH LANTAI 9



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI
10,11,12

SKALA

1:250

NOMER

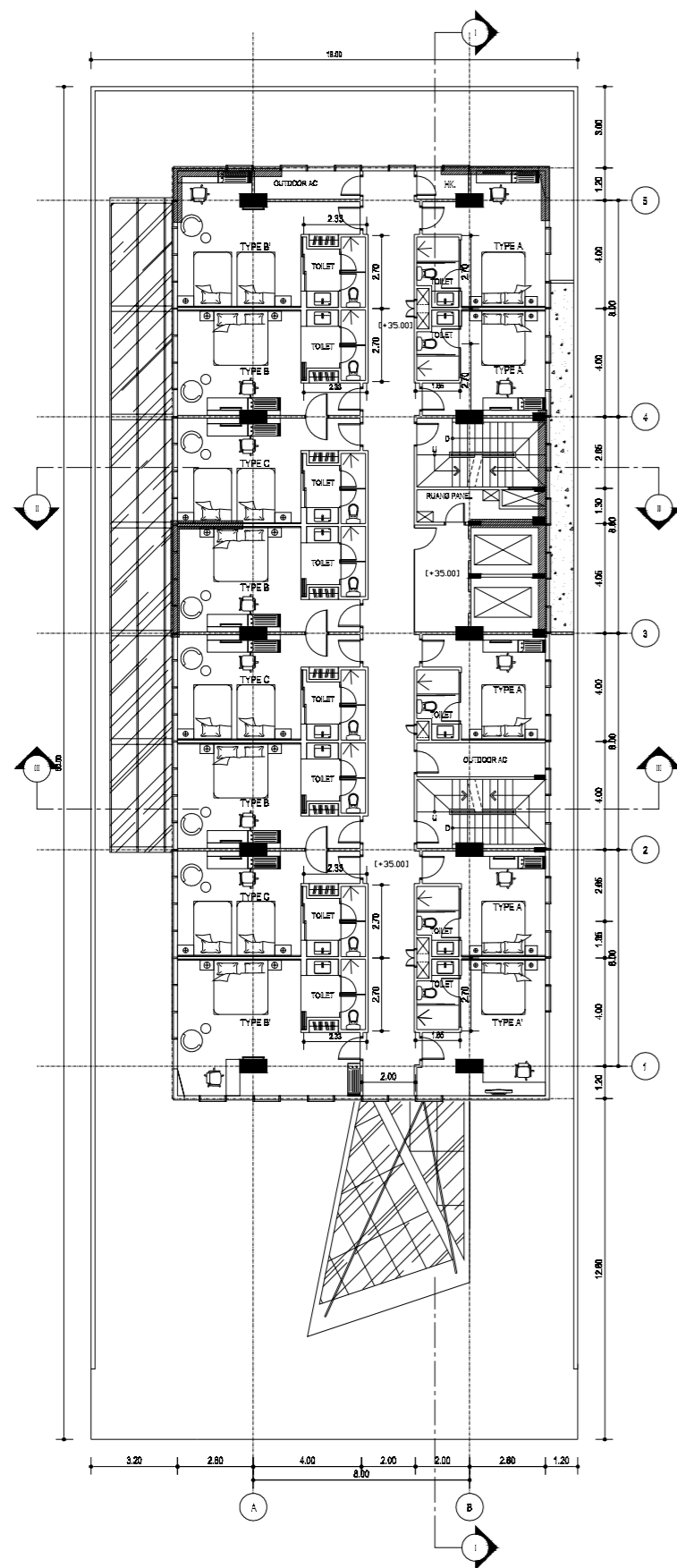
7

KODE GAMBAR

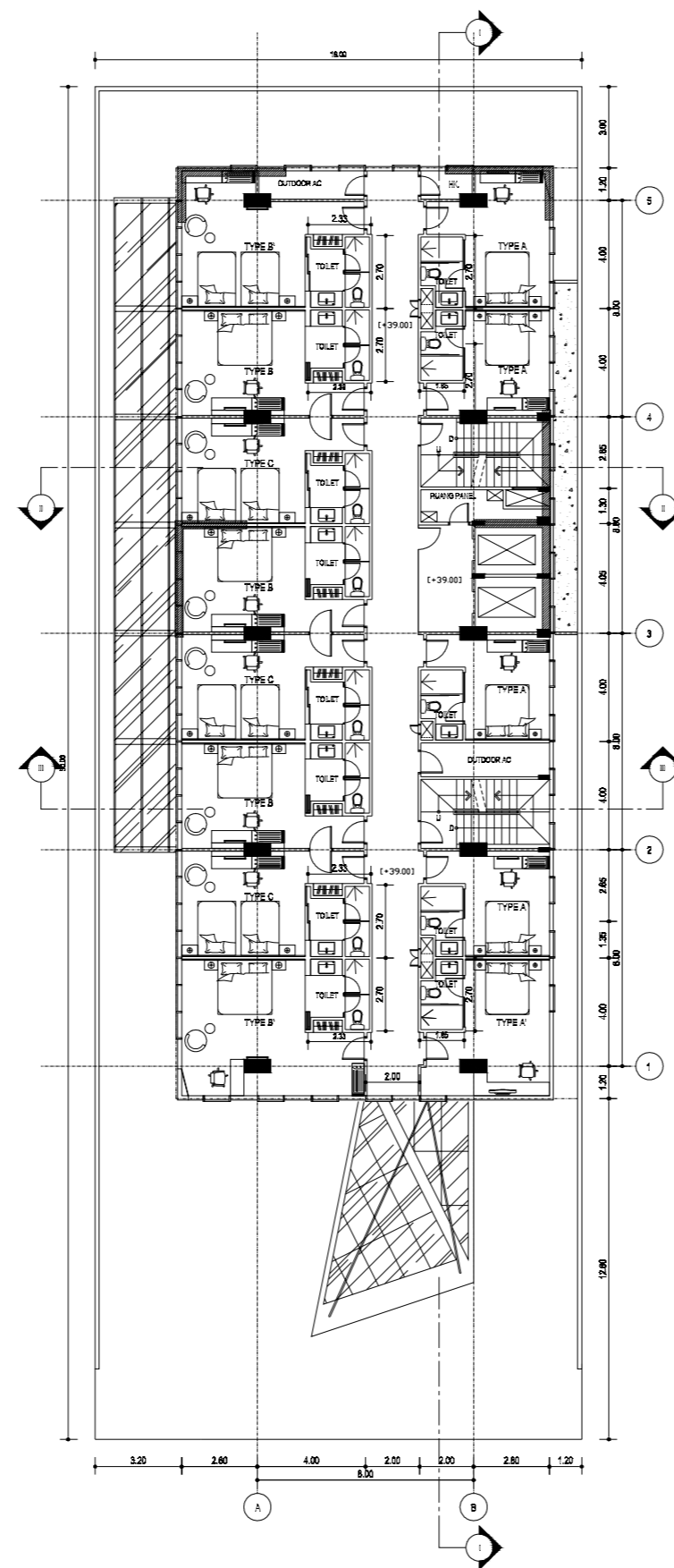
ARS

JUMLAH

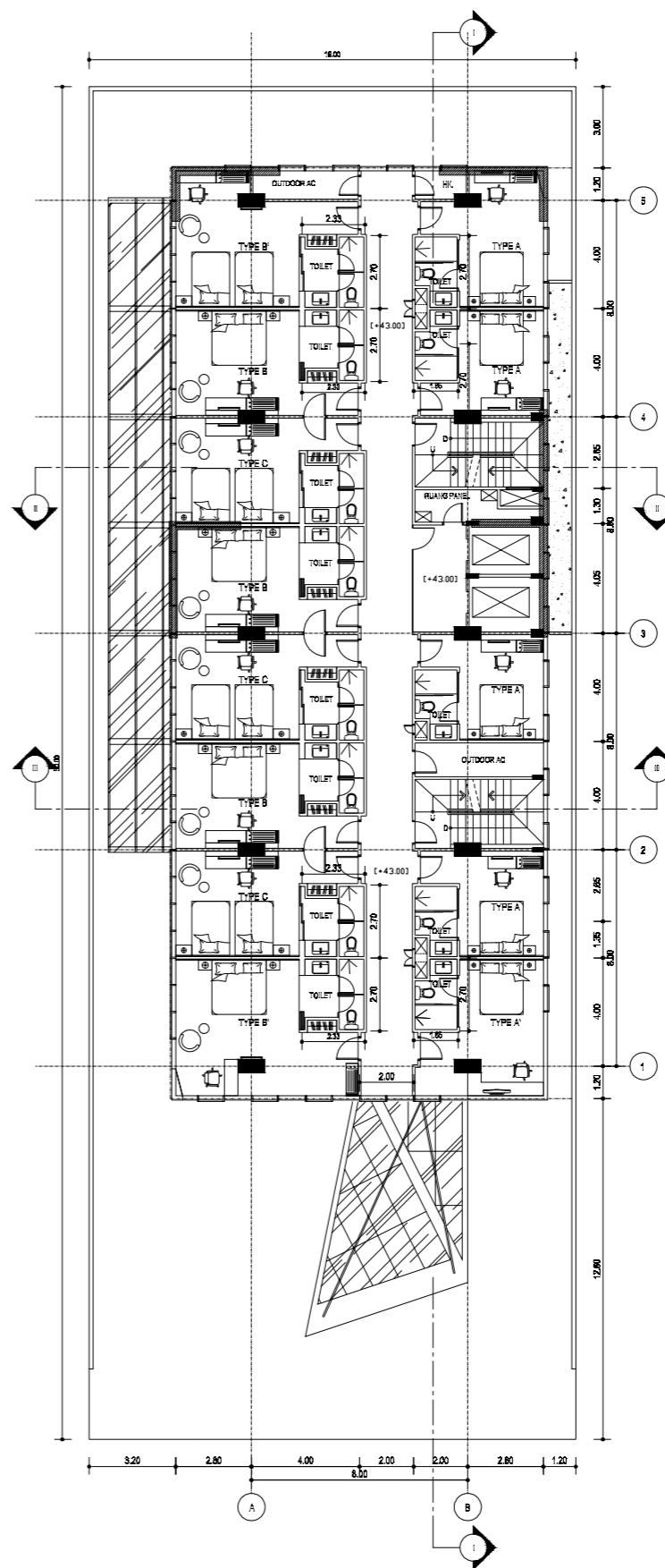
64



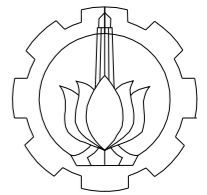
DENAH LANTAI 10



DENAH LANTAI 11



DENAH LANTAI 12



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POTONGAN I-I

SKALA

1:250

NOMER

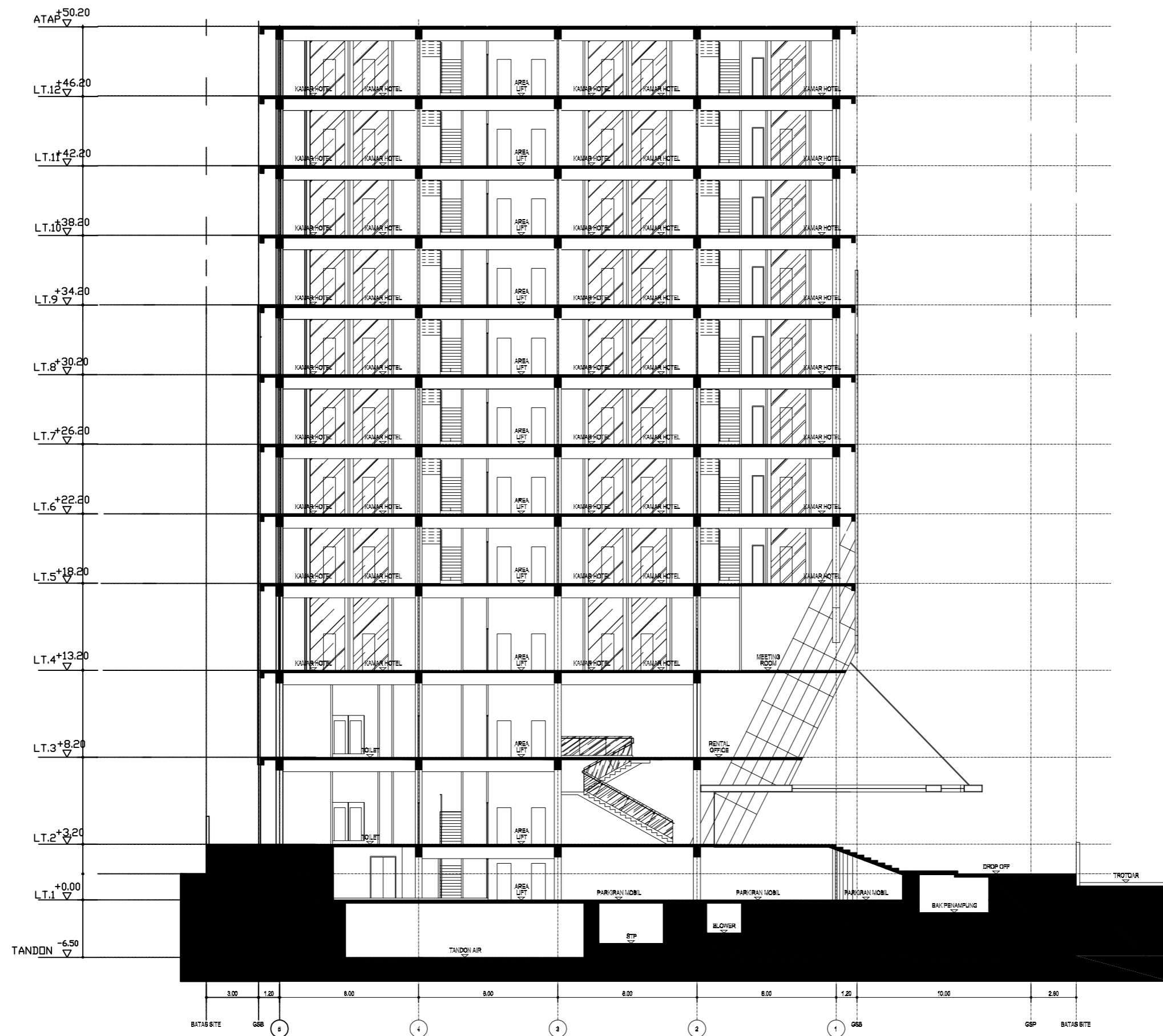
9

KODE GAMBAR

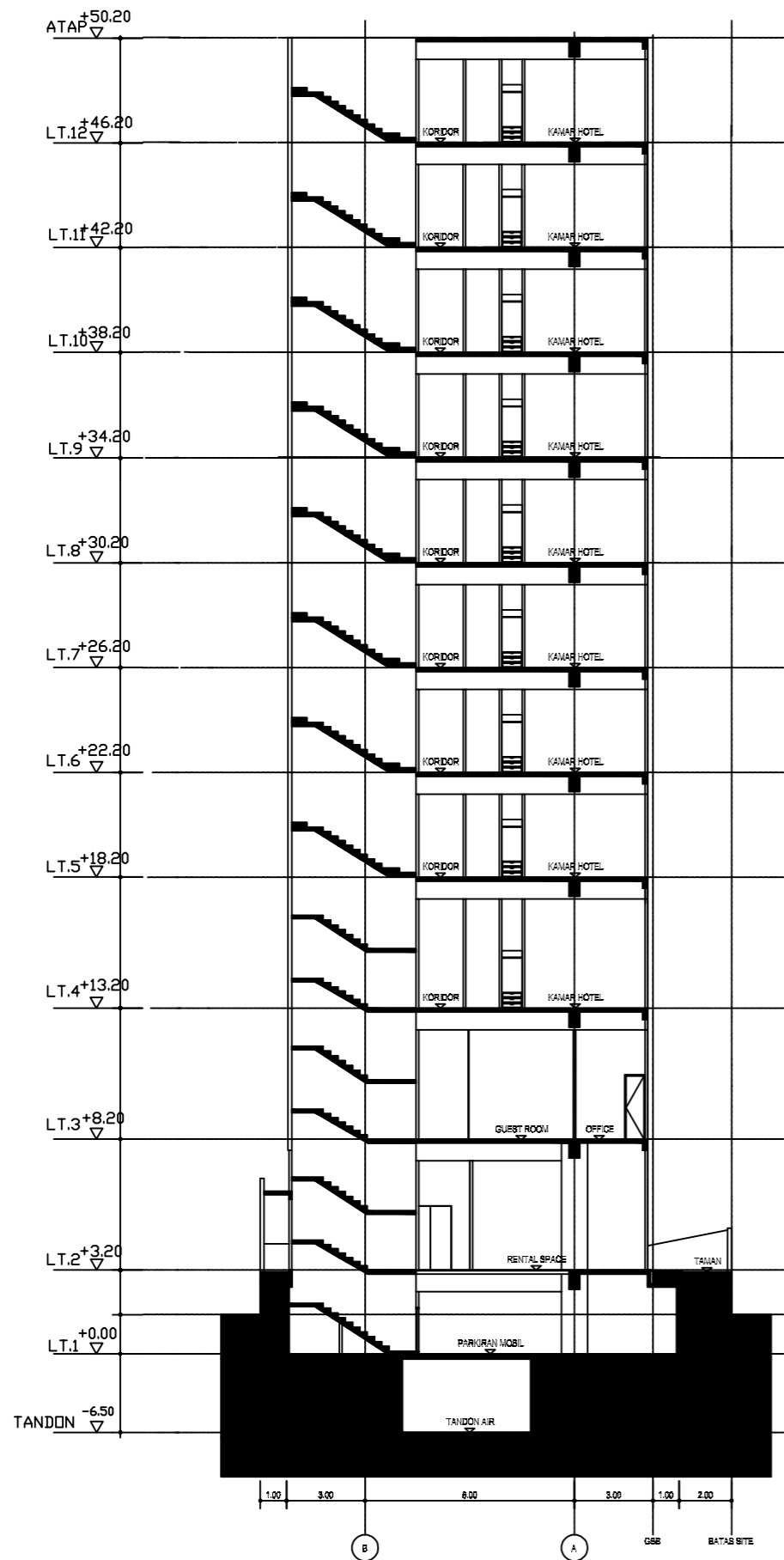
ARS

JUMLAH

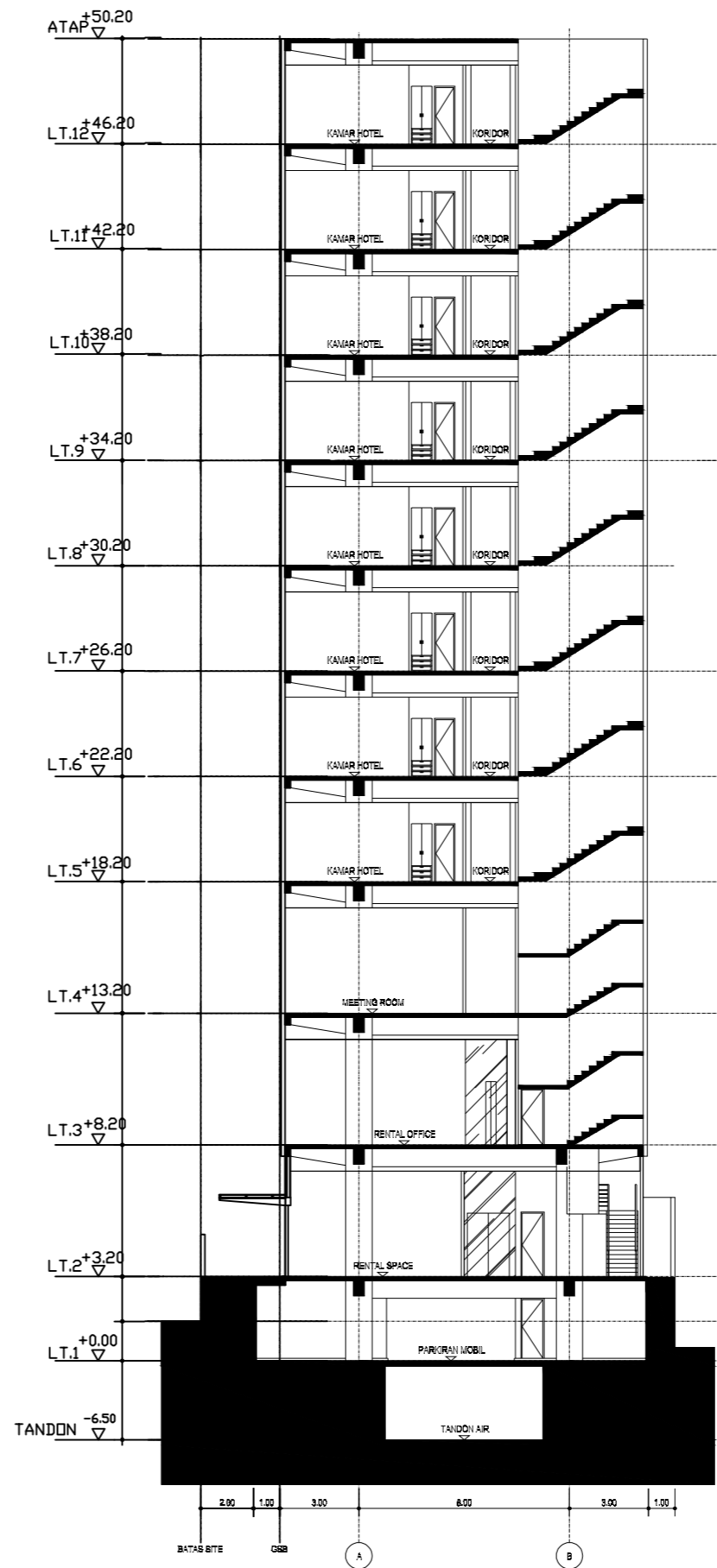
64



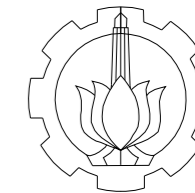
POTONGAN I-I



POTONGAN II-II



POTONGAN III-III



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POTONGAN II-II
DAN
POTONGAN III-III

SKALA

1:250

KODE GAMBAR

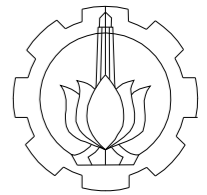
ARS

NOMER

10

JUMLAH

64



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 1

SKALA

1:150

NOMER

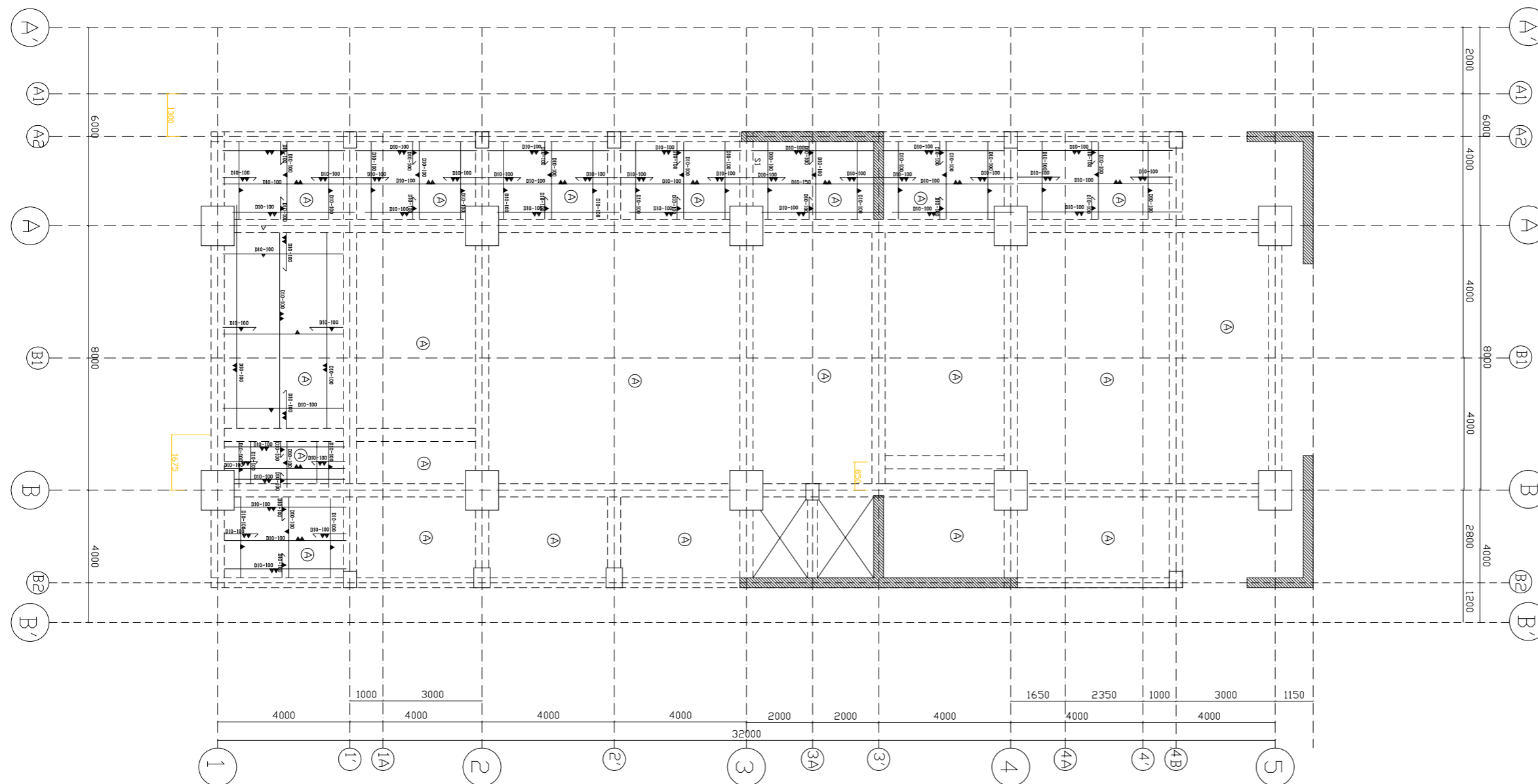
11

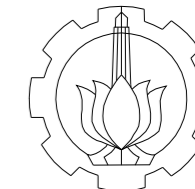
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 2

SKALA

1:150

NOMER

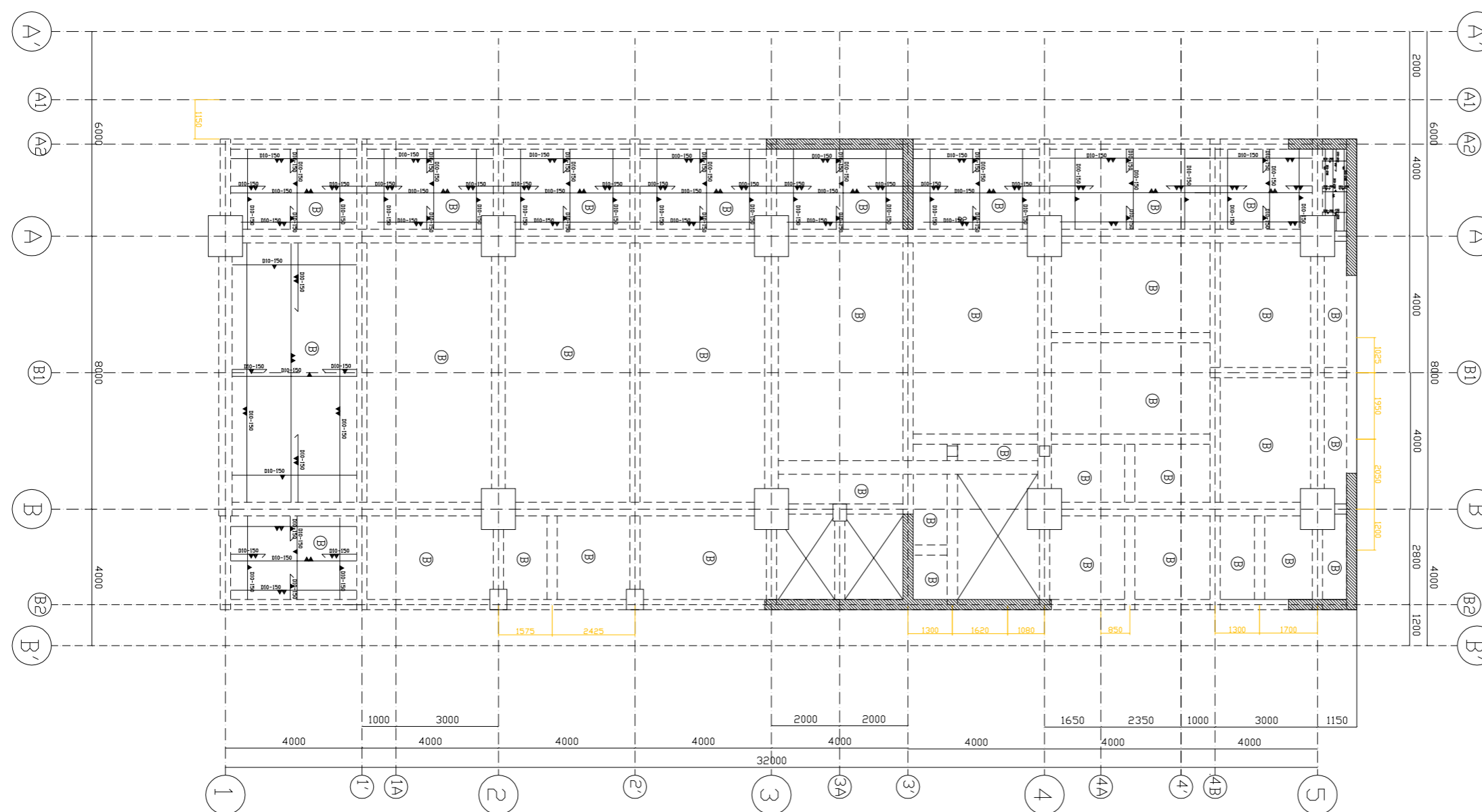
12

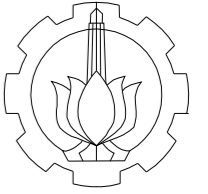
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 3

SKALA

1:150

NOMER

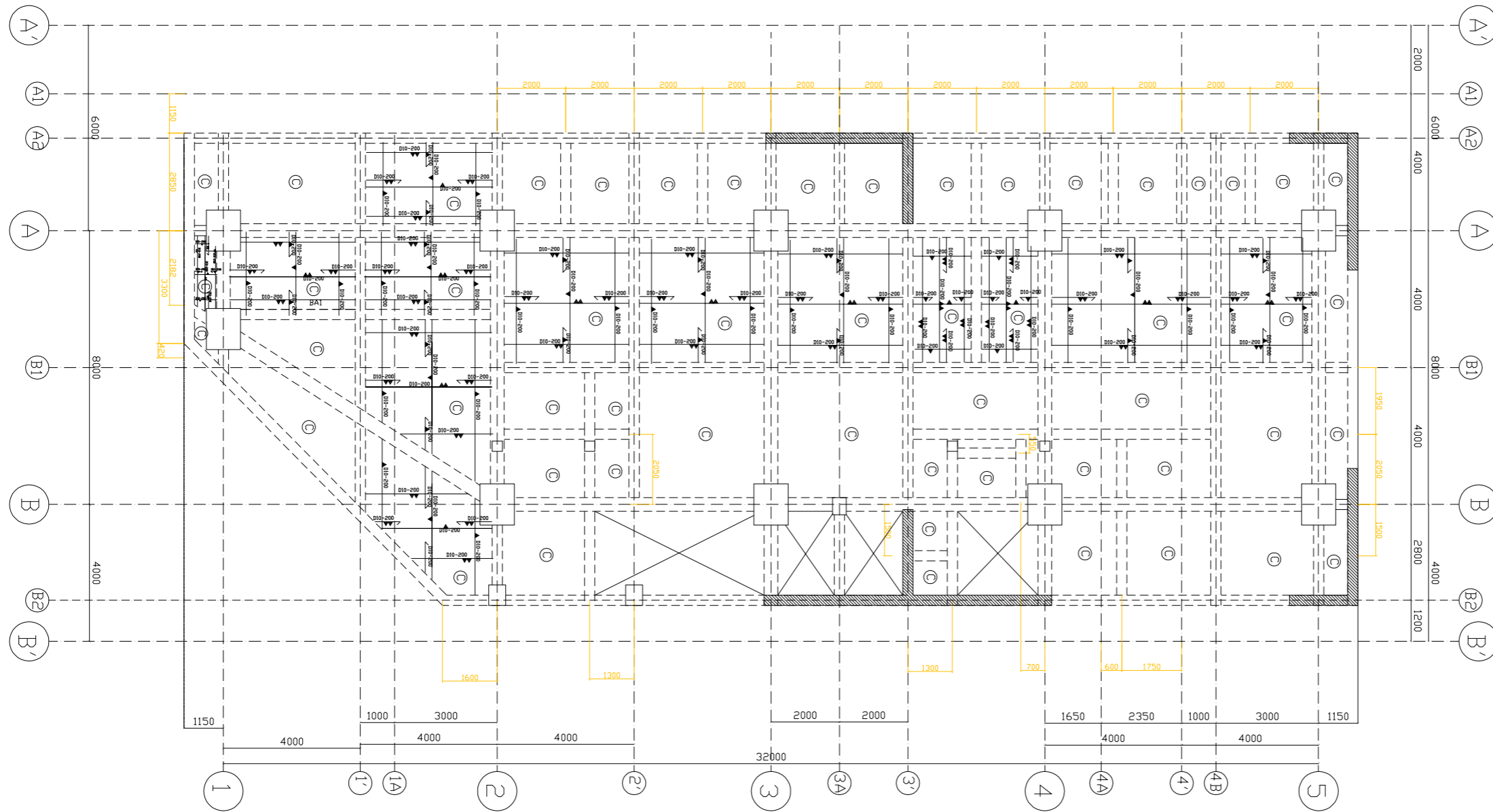
13

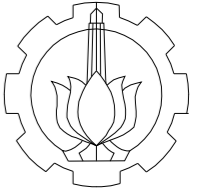
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 4

SKALA

1:150

NOMER

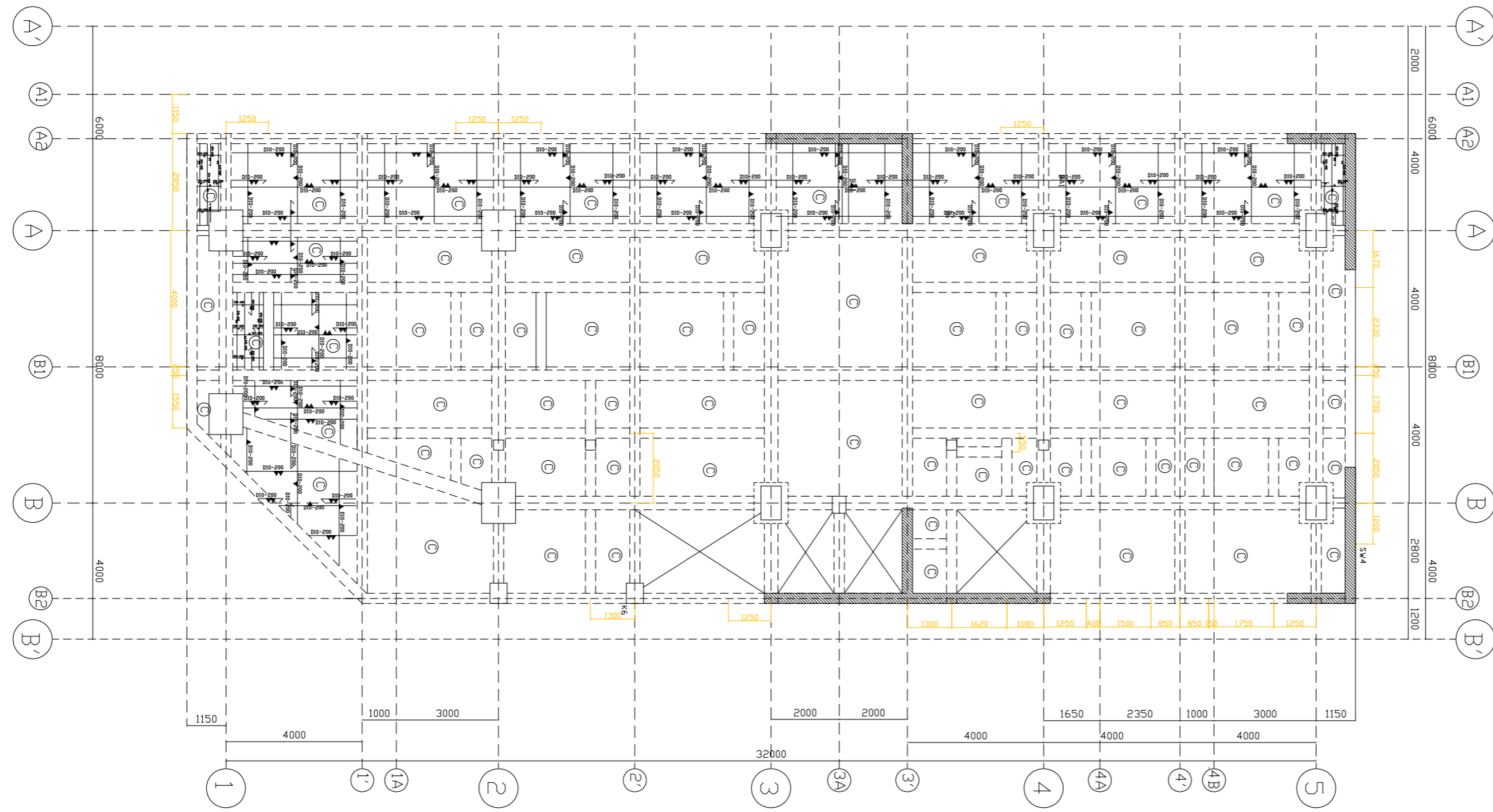
14

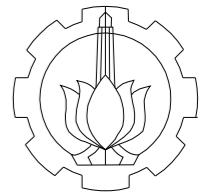
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 5

SKALA

1:150

NOMER

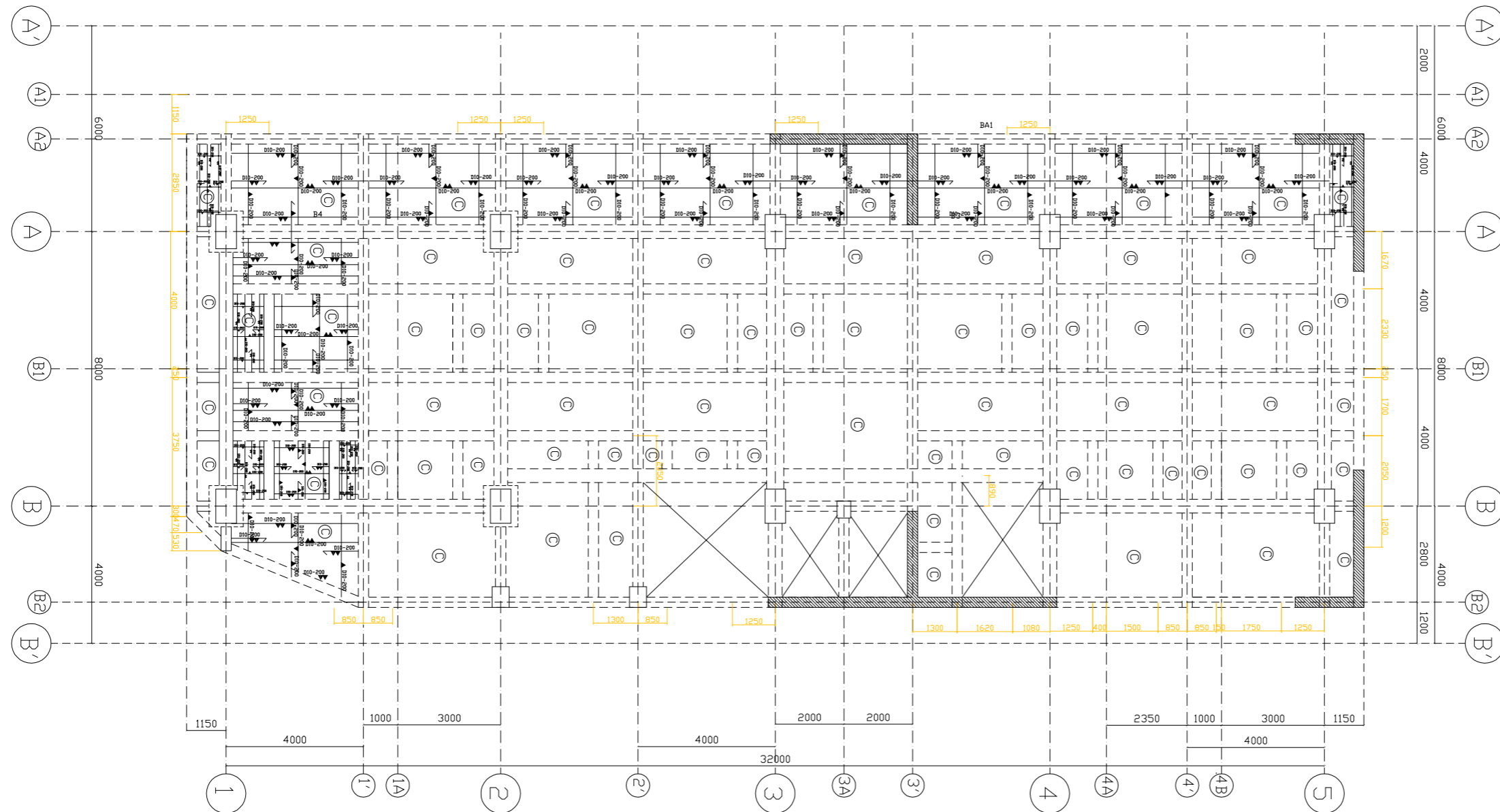
15

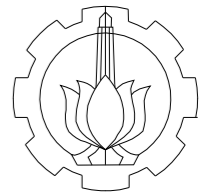
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 6

SKALA

1:150

NOMER

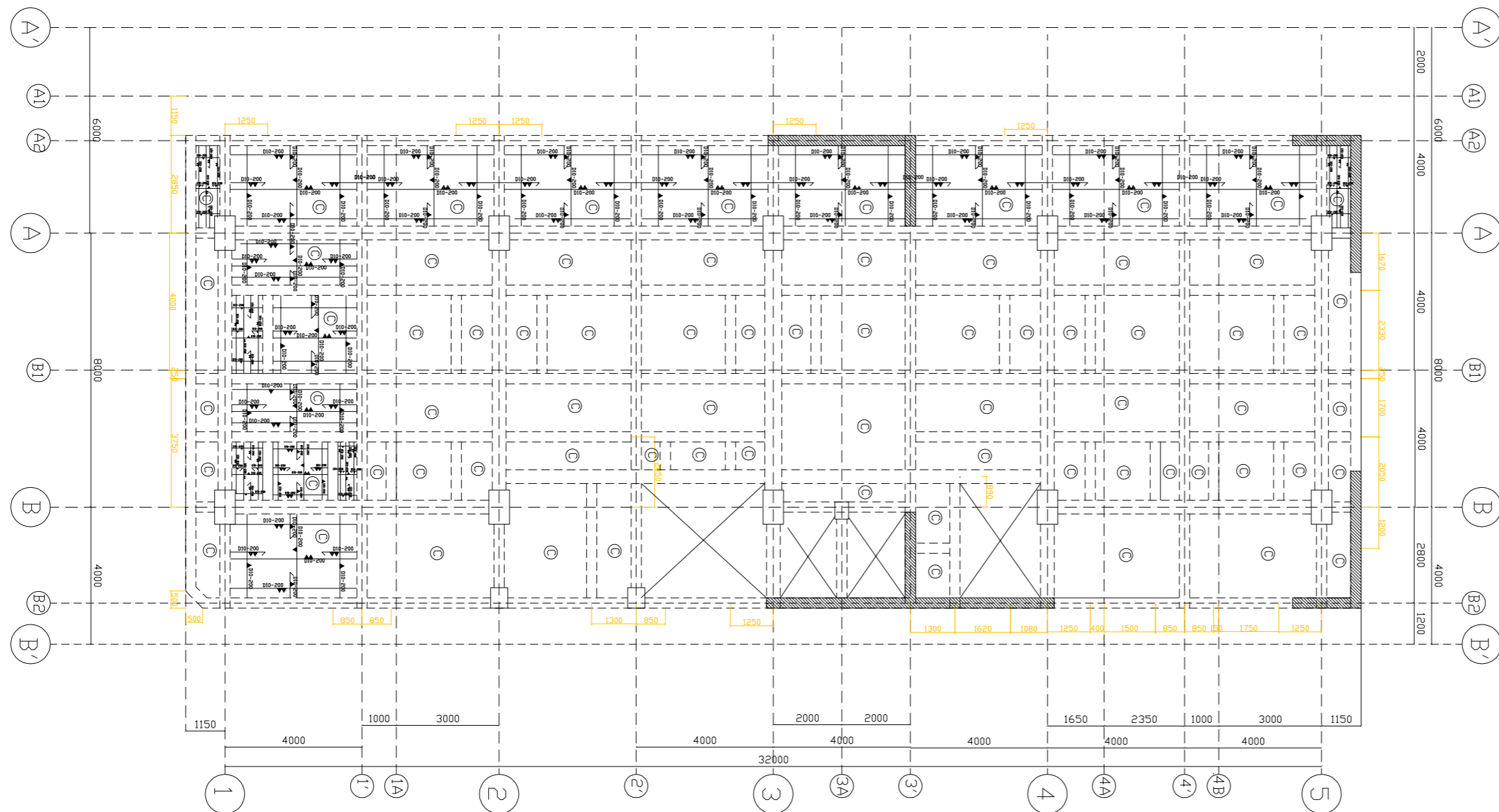
16

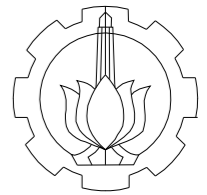
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 7-12

SKALA

1:150

NOMER

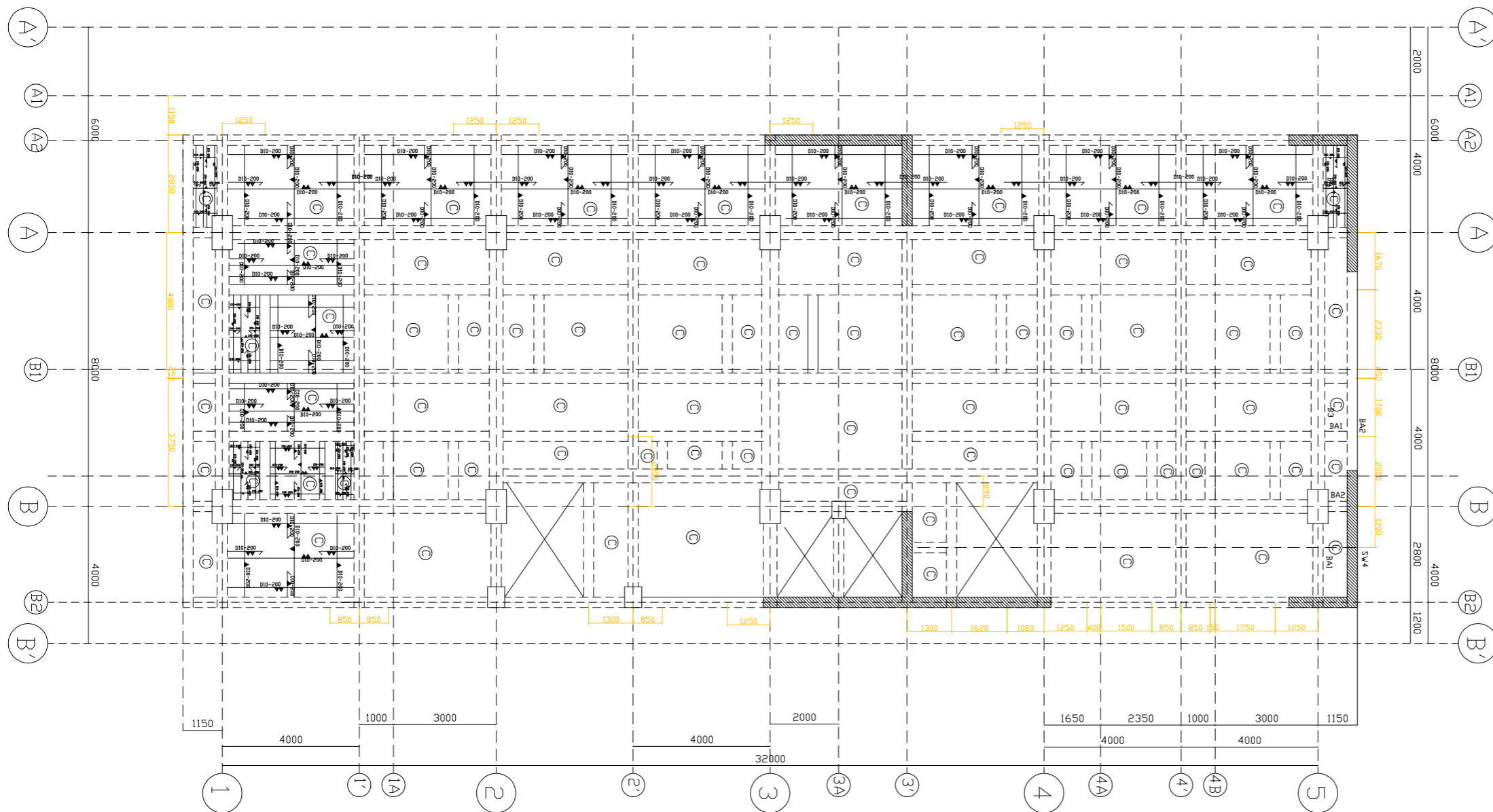
17

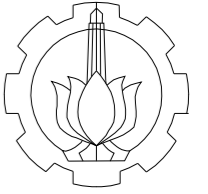
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI ATAP

SKALA

1:150

NOMER

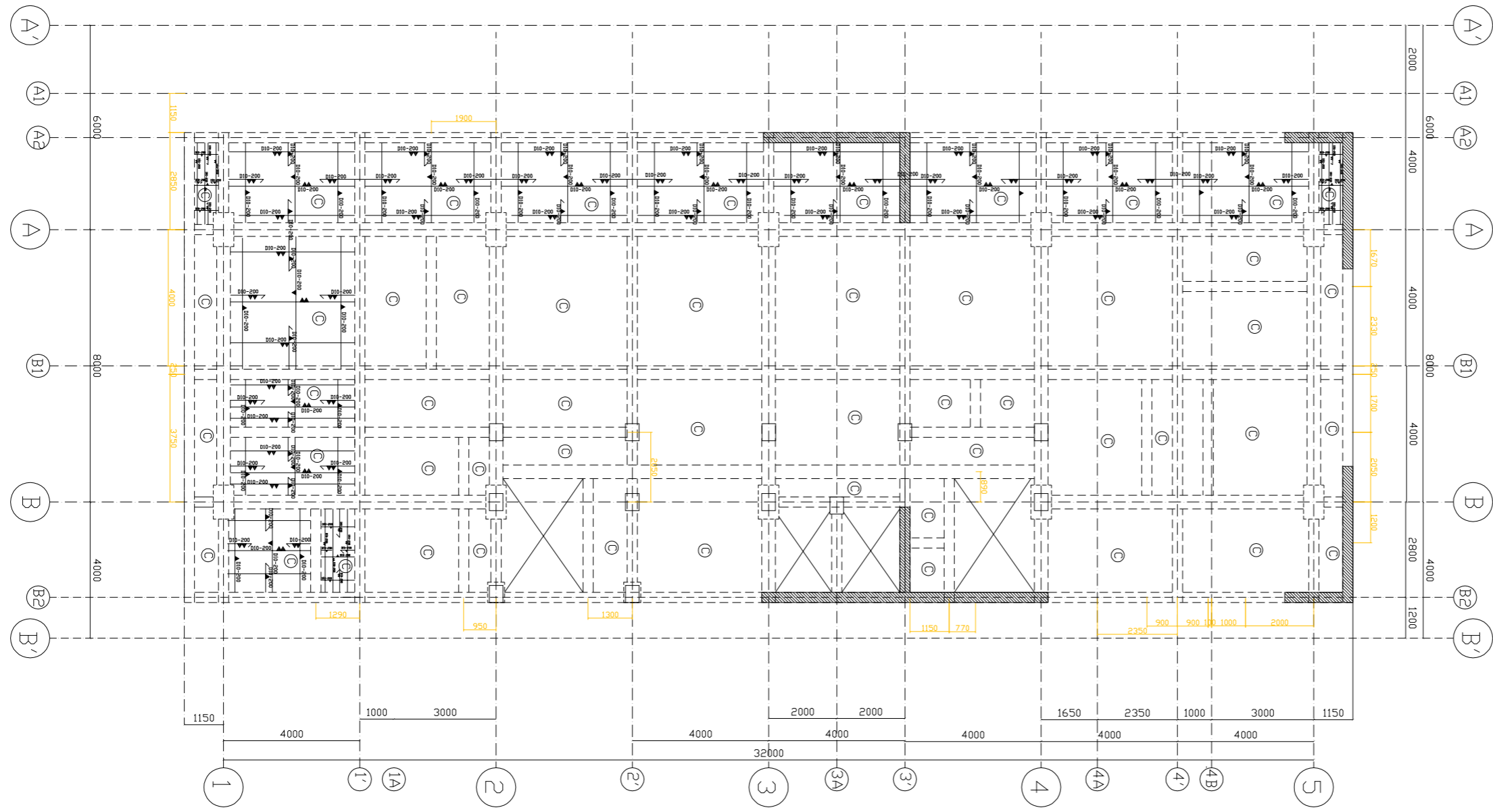
18

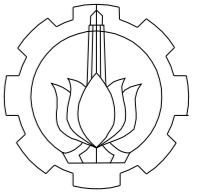
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI ATAP

SKALA

1:150

NOMER

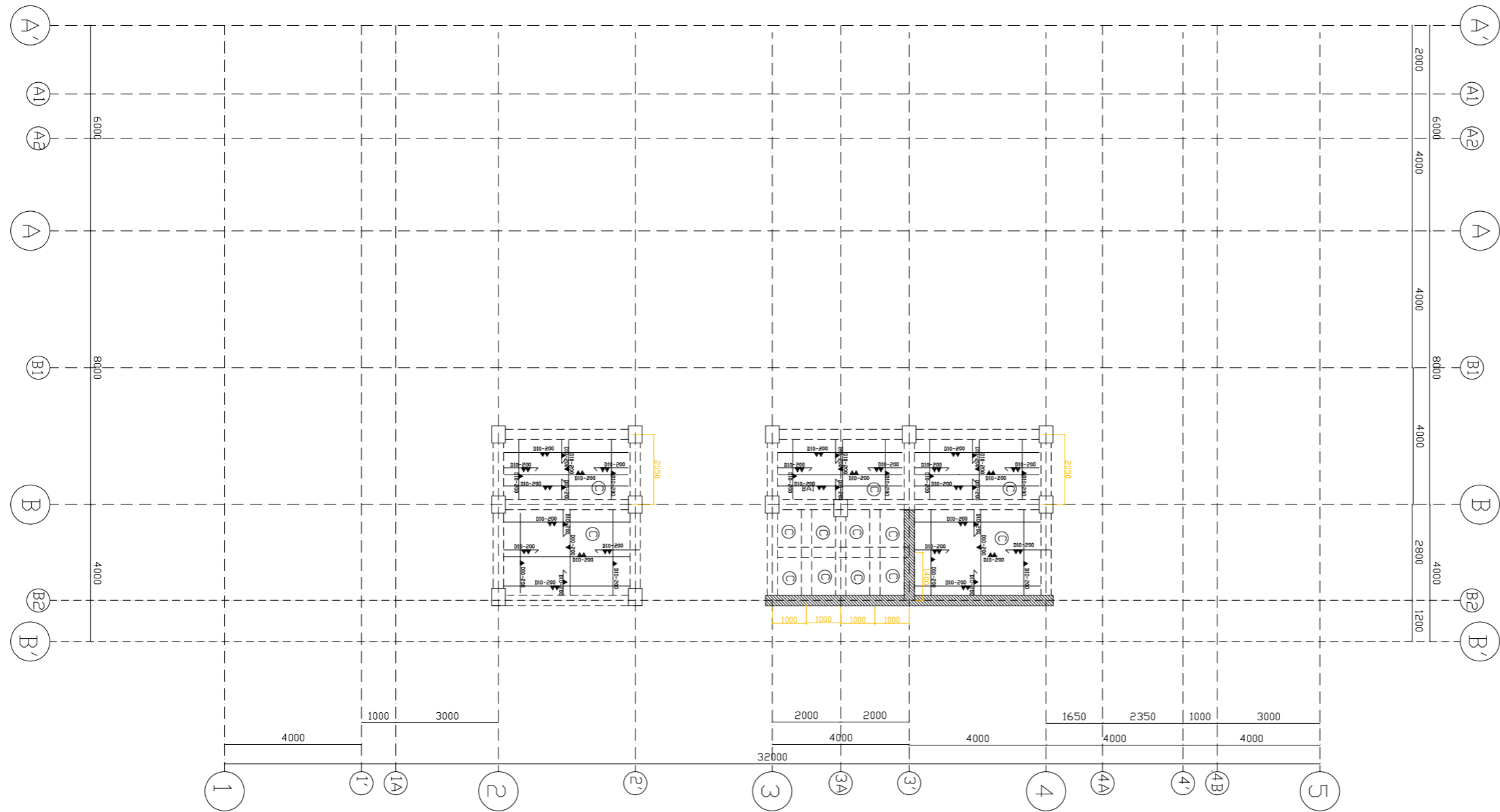
19

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL PLAT

SKALA

KODE GAMBAR

1:25

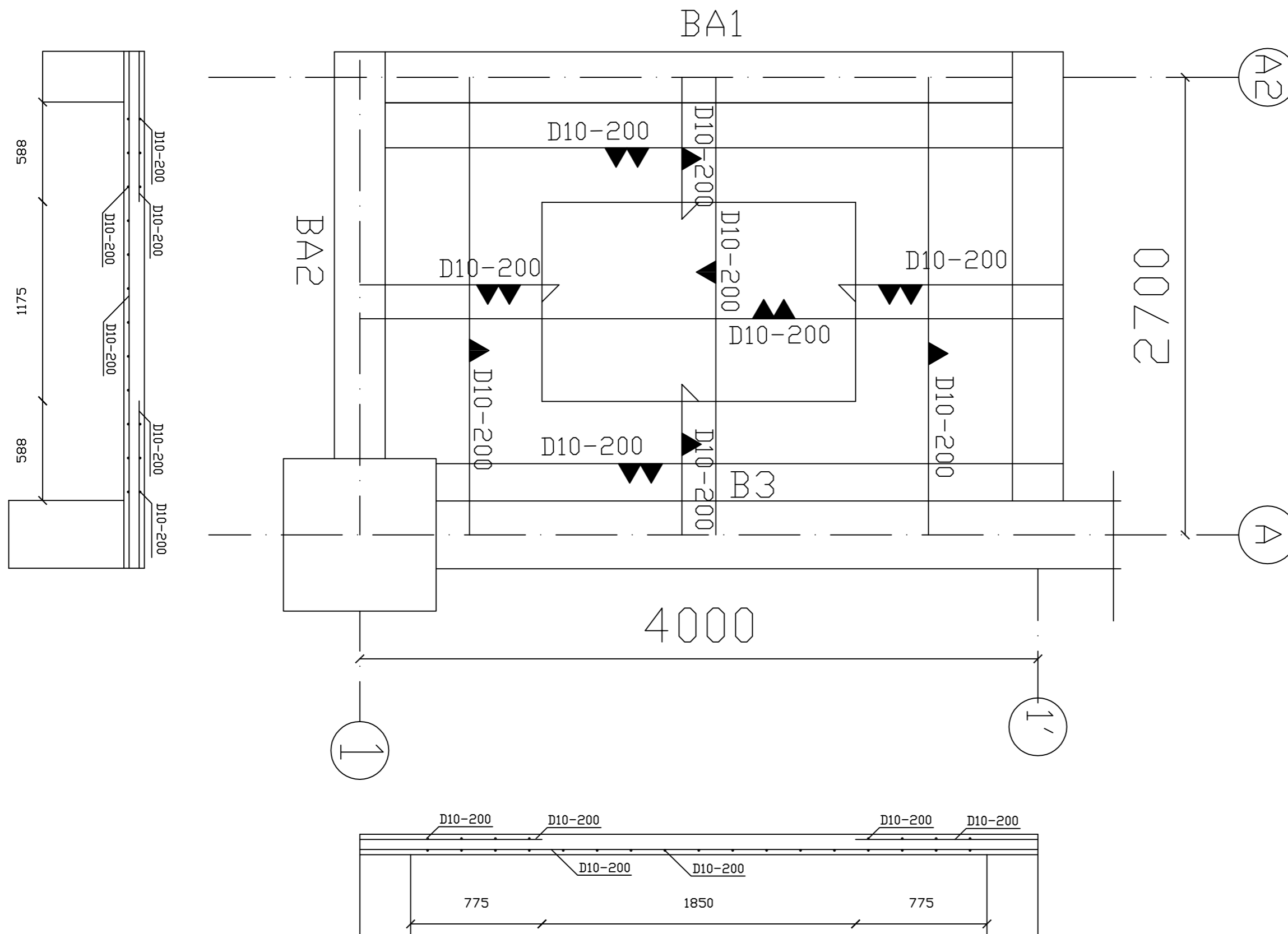
STR

NOMER

JUMLAH

20

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

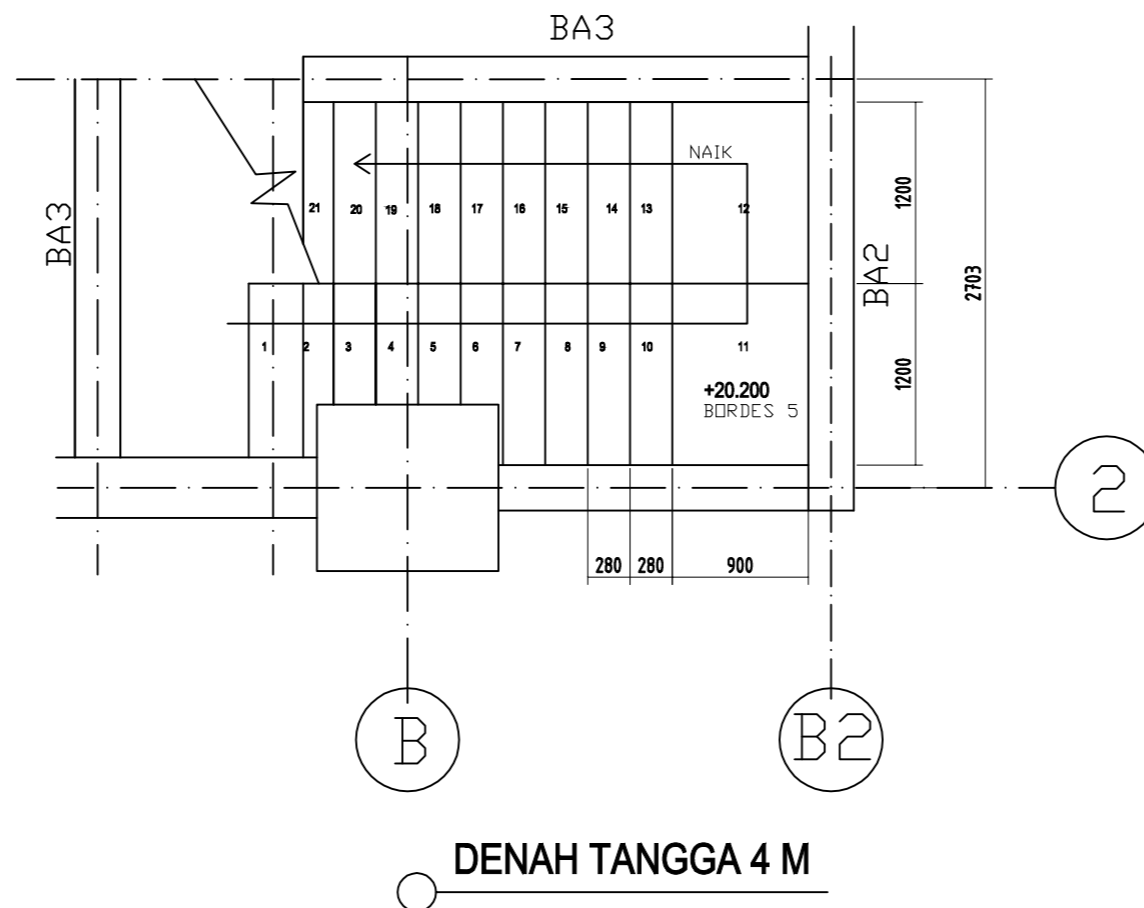
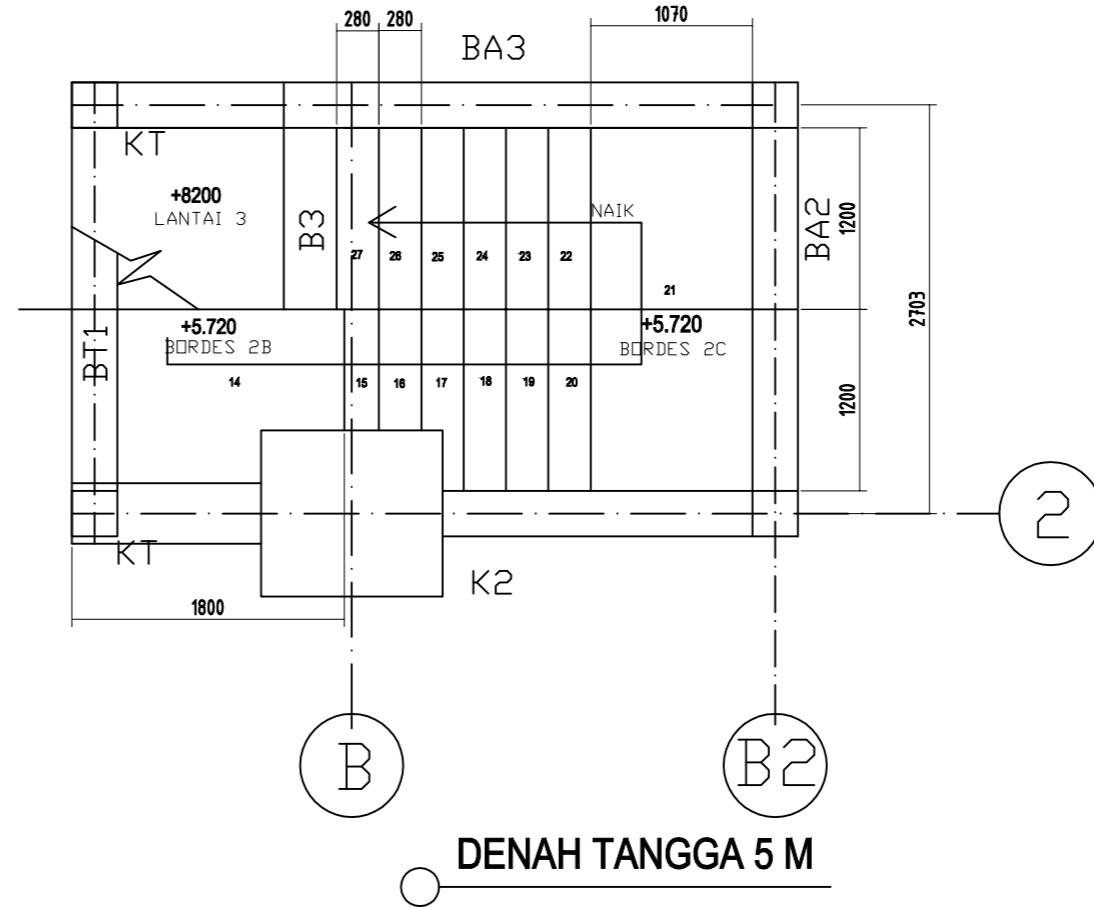
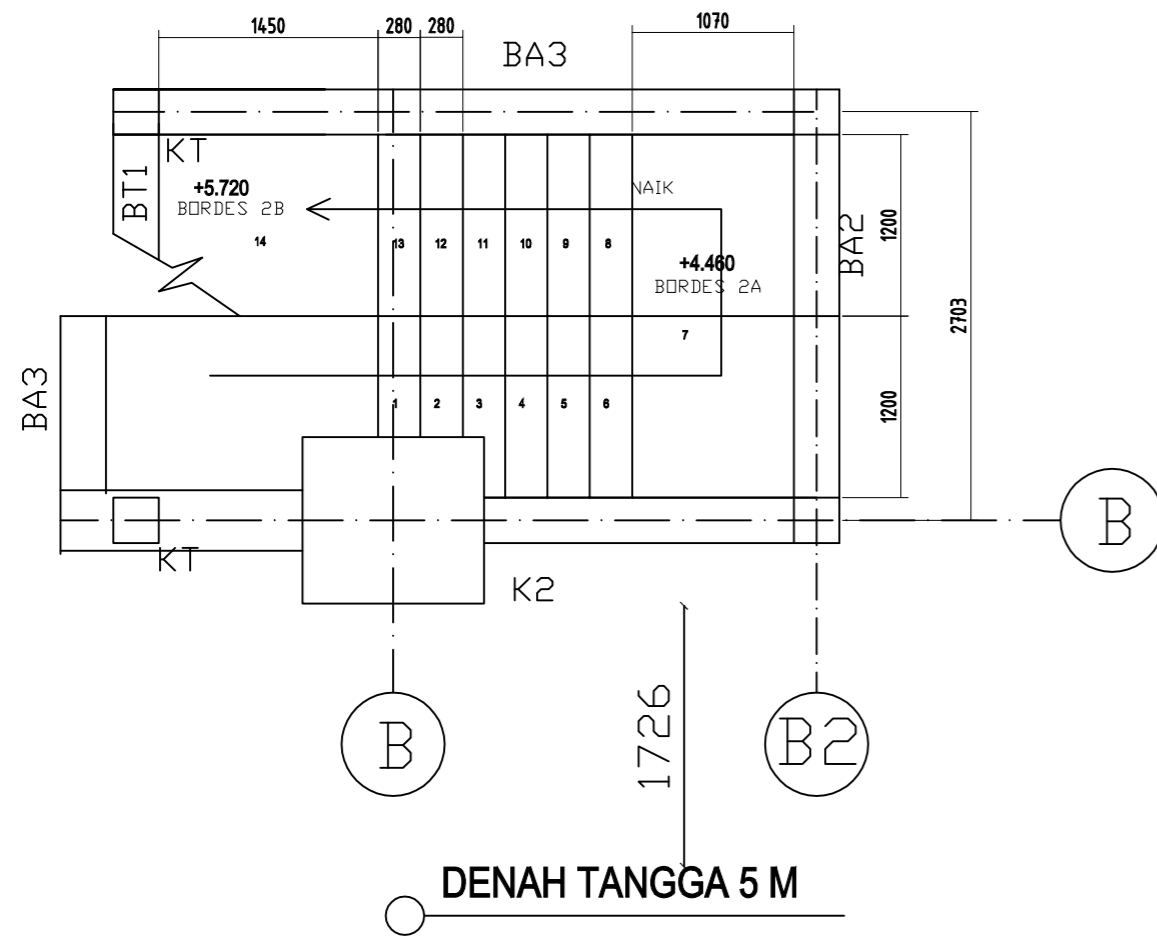
DENAH TANGGA

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:50	STR
------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

21	64
----	----





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

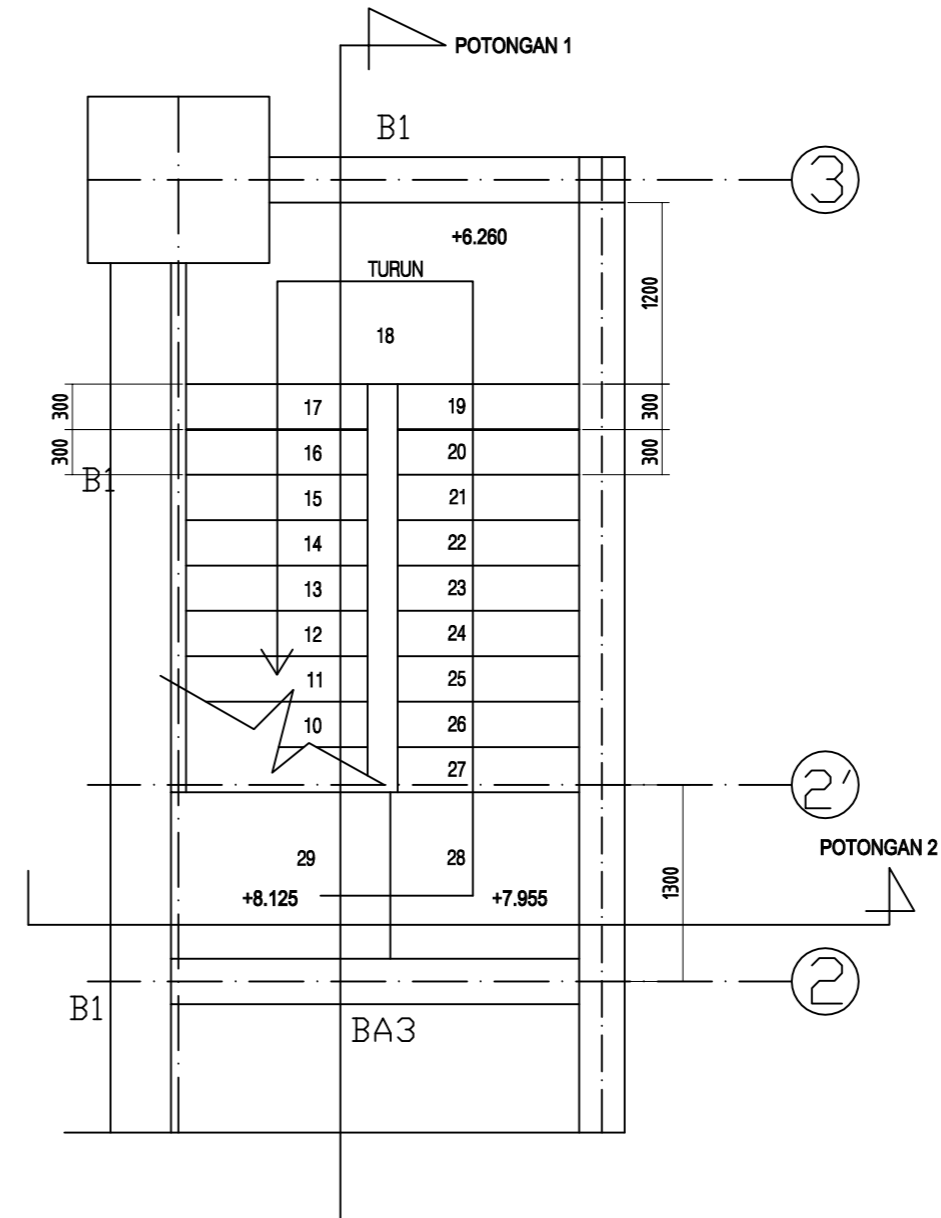
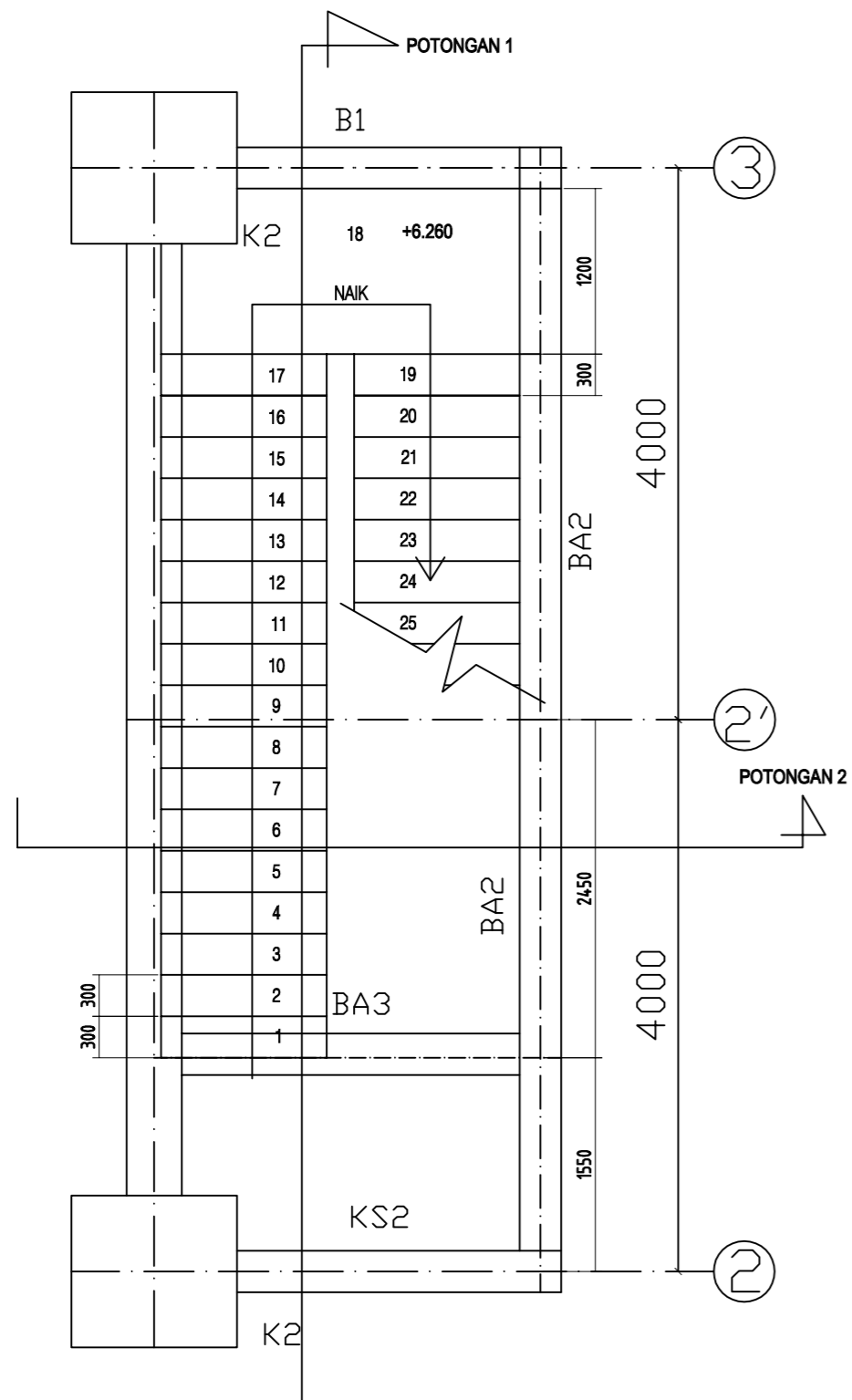
DENAH TANGGA
 LOBBY

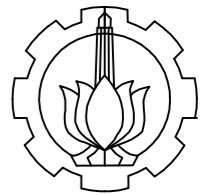
SKALA KODE GAMBAR

1:50 STR

NOMER JUMLAH

22 64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

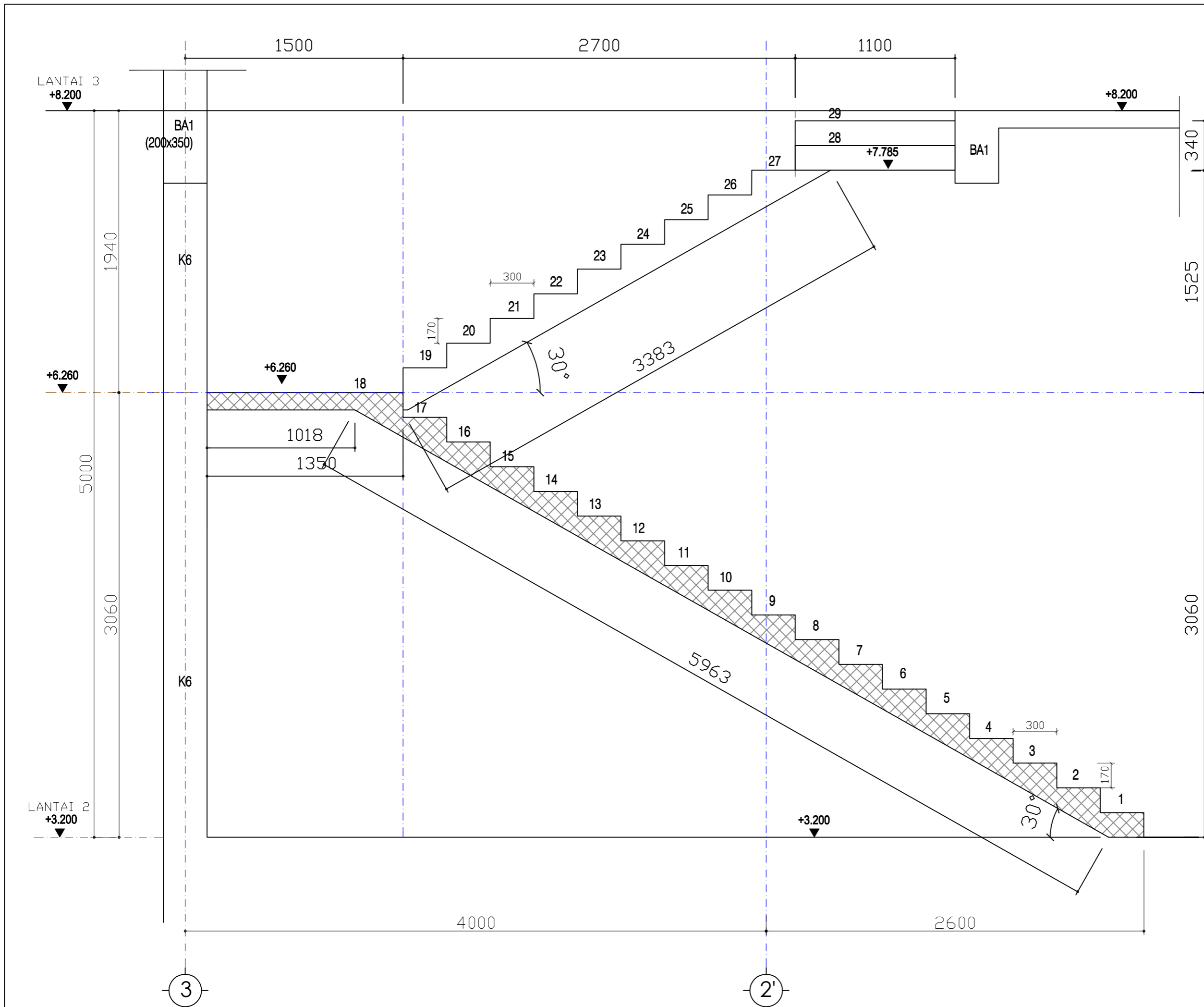
POTONGAN
 TANGGA LOBBY

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:25	STR
------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

23	64
----	----





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

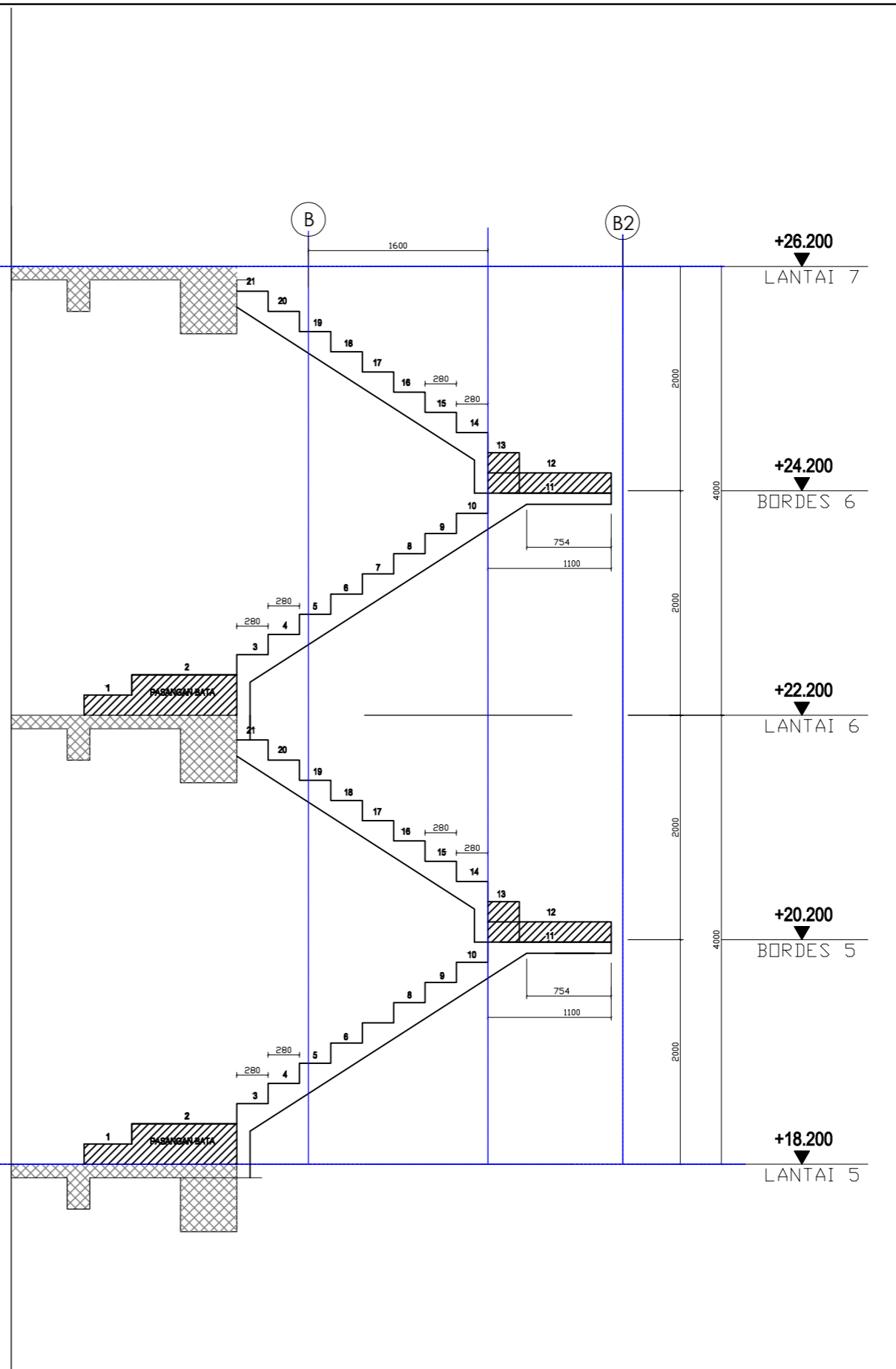
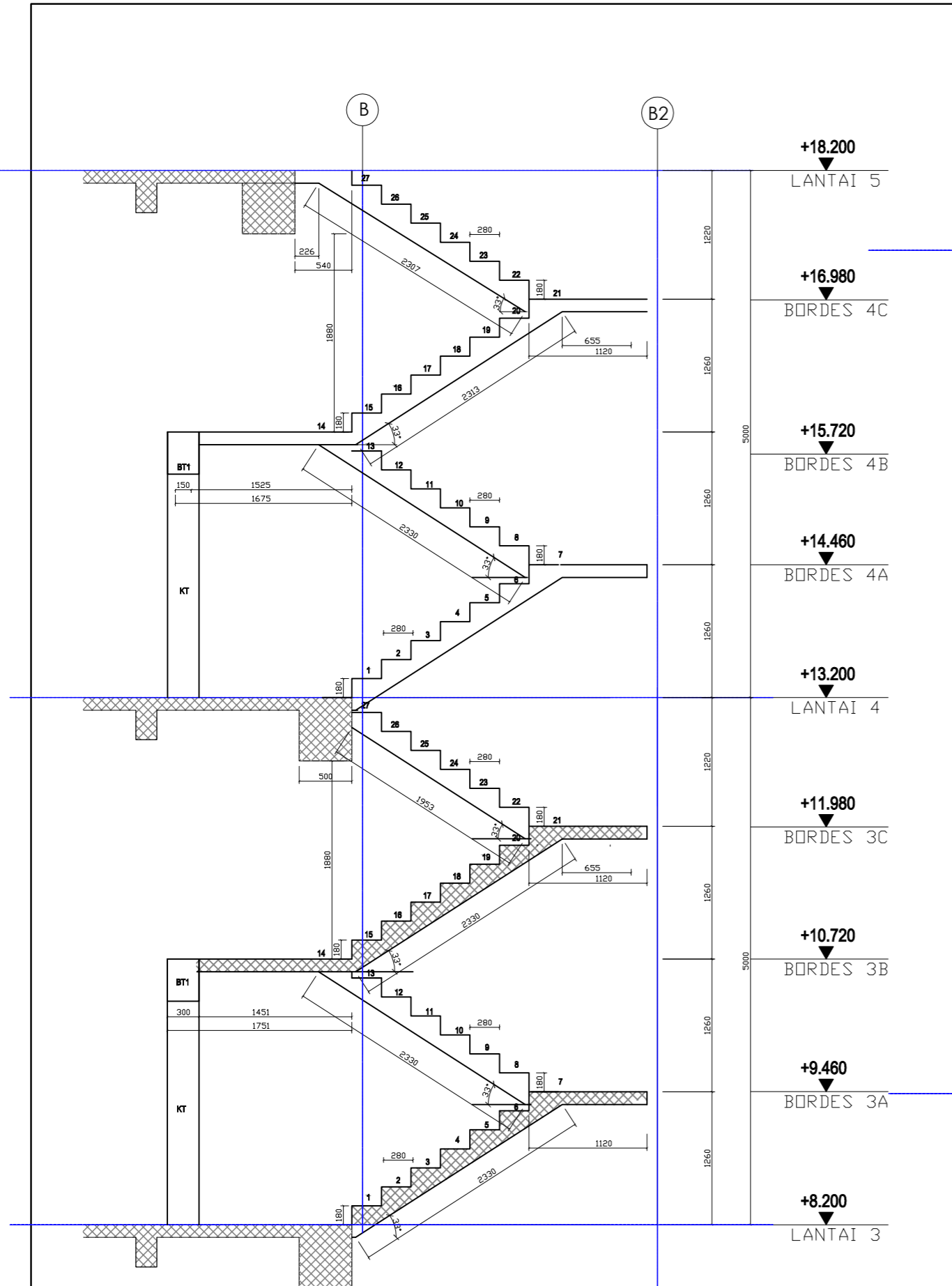
POTONGAN TANGGA
 UTAMA LT 3-6

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:50	STR
------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

24	64
----	----





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

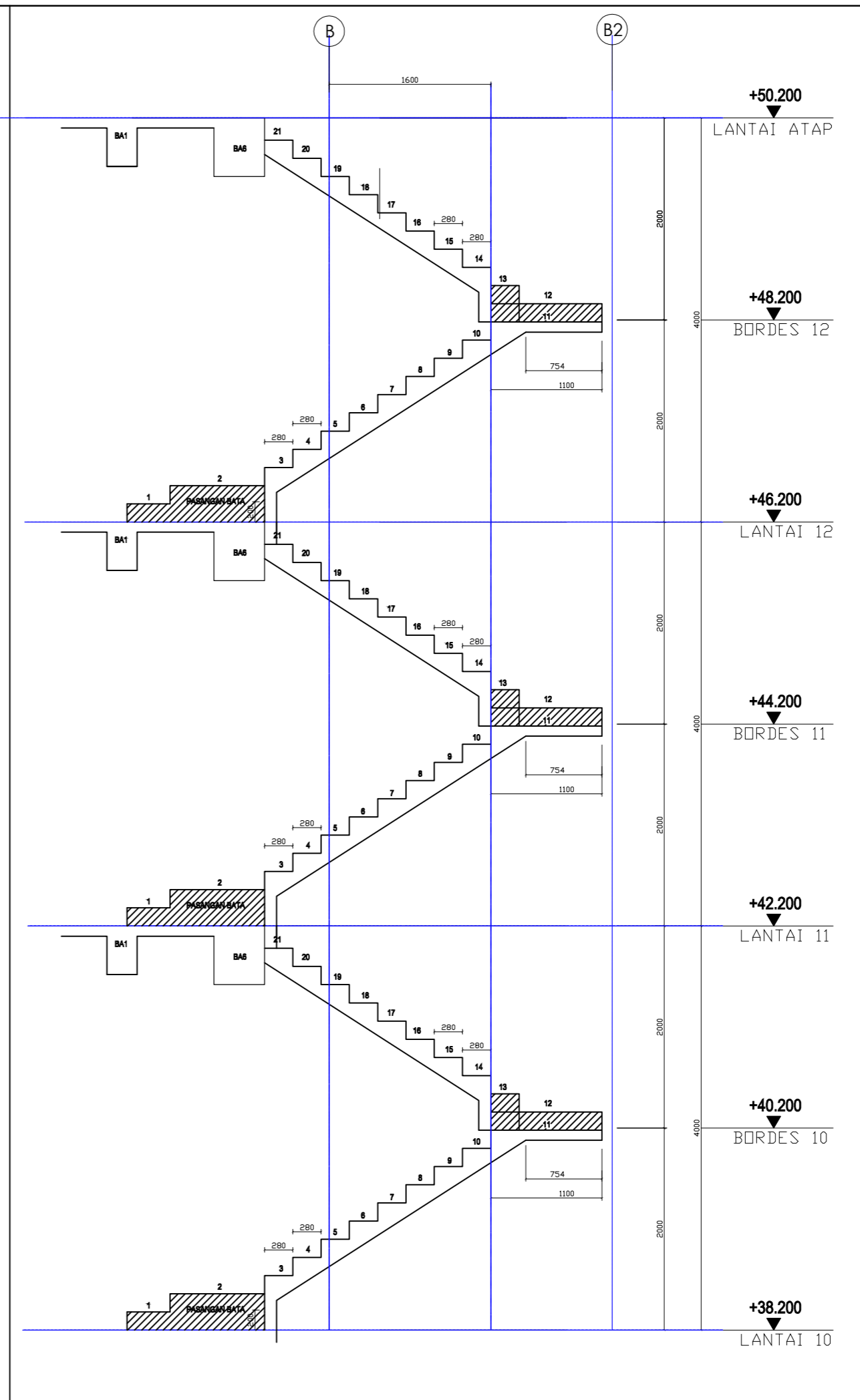
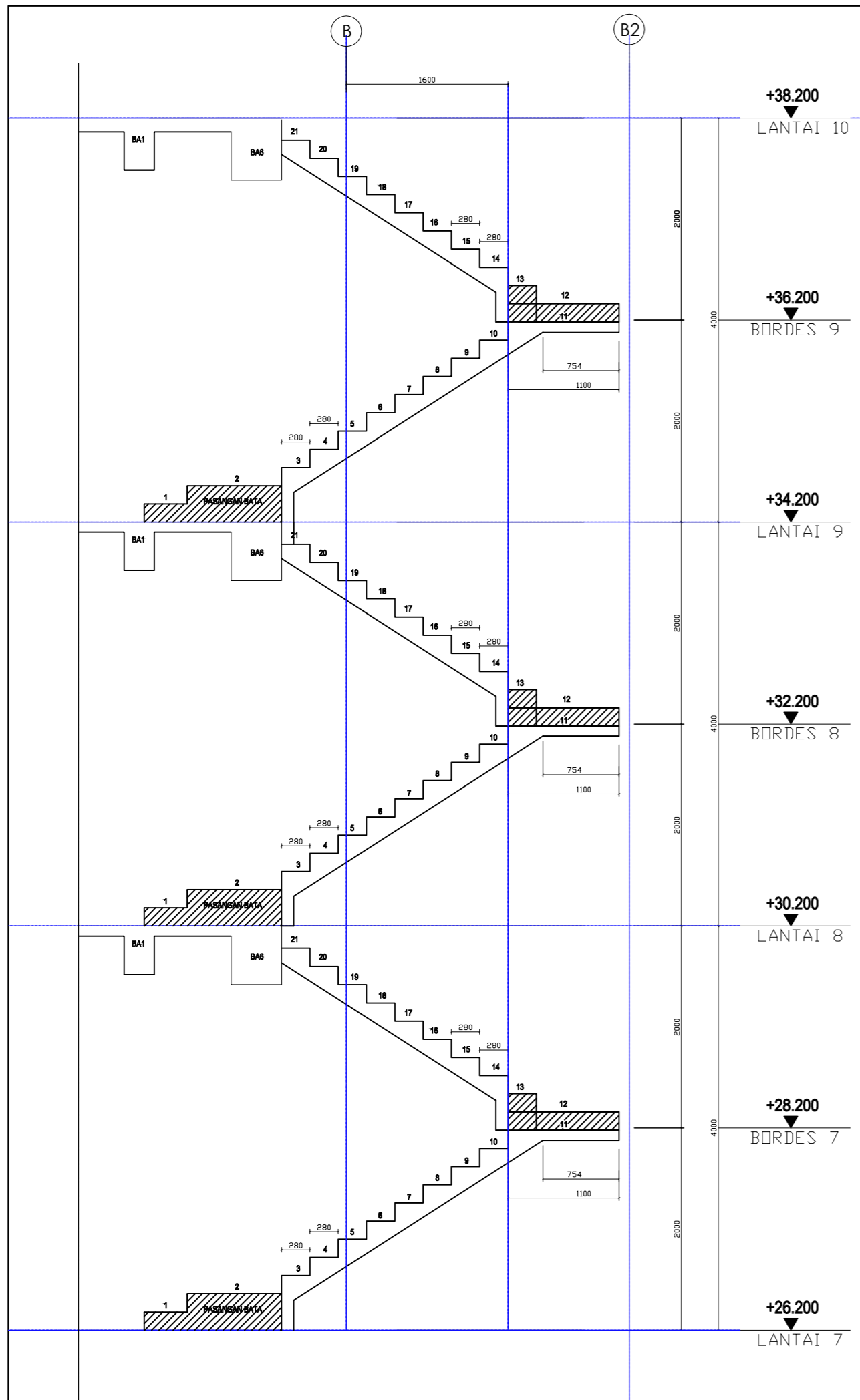
POTONGAN TANGGA
UTAMA LT 7-12

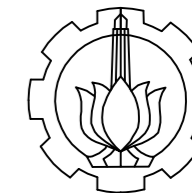
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:50	STR
------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

25	64
----	----





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA
DARURAT LT 1-6

SKALA

1:50

NOMER

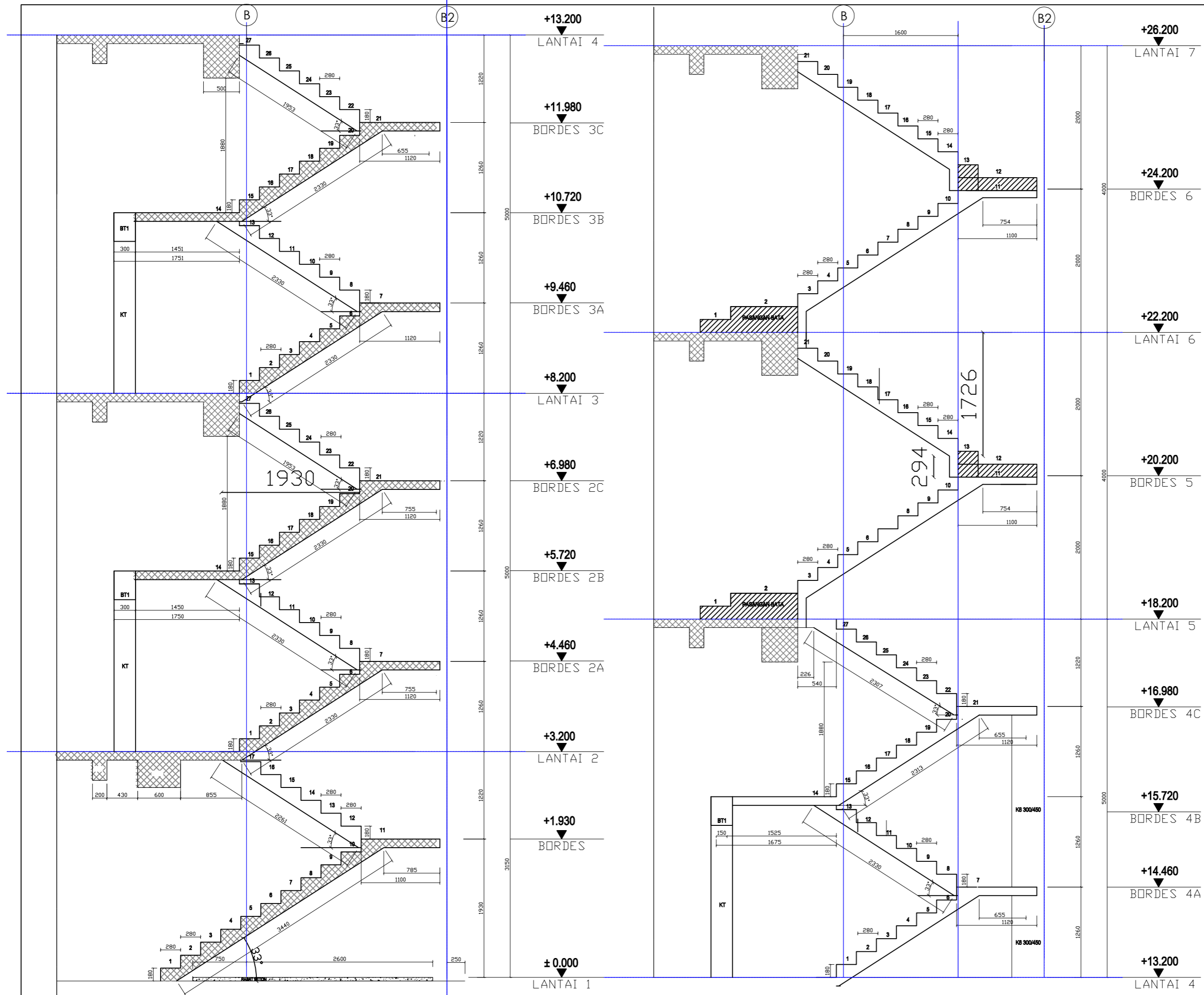
26

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64



+13.200
LANTAI 4

+11.980
BORDES 3C

+10.720
BORDES 3B

+9.460
BORDES 3A

+8.200
LANTAI 3

+6.980
BORDES 2C

+5.720
BORDES 2B

+4.460
BORDES 2A

+3.200
LANTAI 2

+1.930
BORDES

± 0.000
LANTAI 1

+26.200
LANTAI 7

+24.200
BORDES 6

+22.200
LANTAI 6

+20.200
BORDES 5

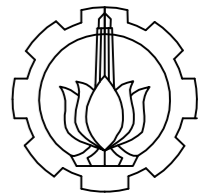
+18.200
LANTAI 5

+16.980
BORDES 4C

+15.720
BORDES 4B

+14.460
BORDES 4A

+13.200
LANTAI 4



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA
DARURAT LT 7-12

SKALA

KODE GAMBAR

1:50

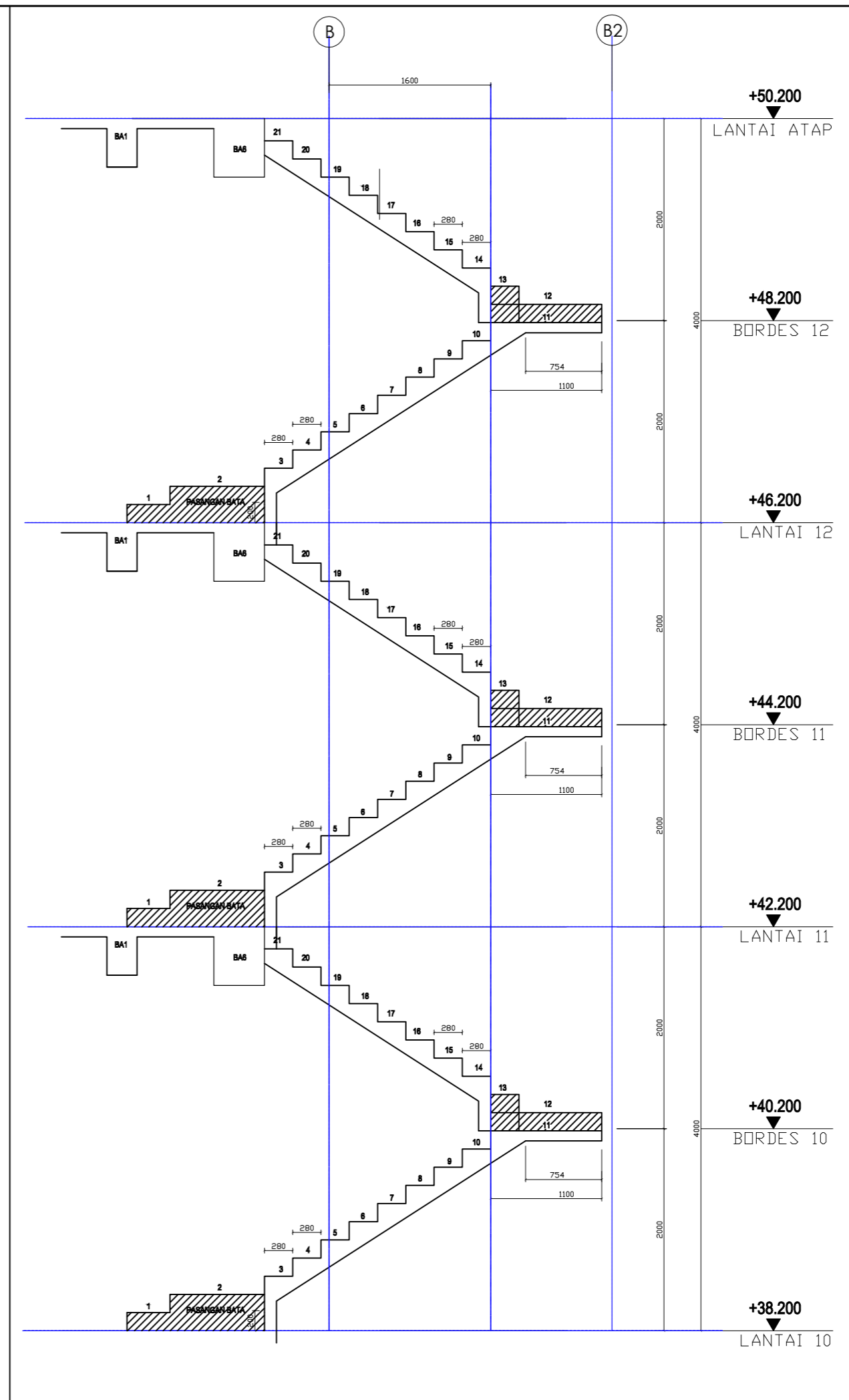
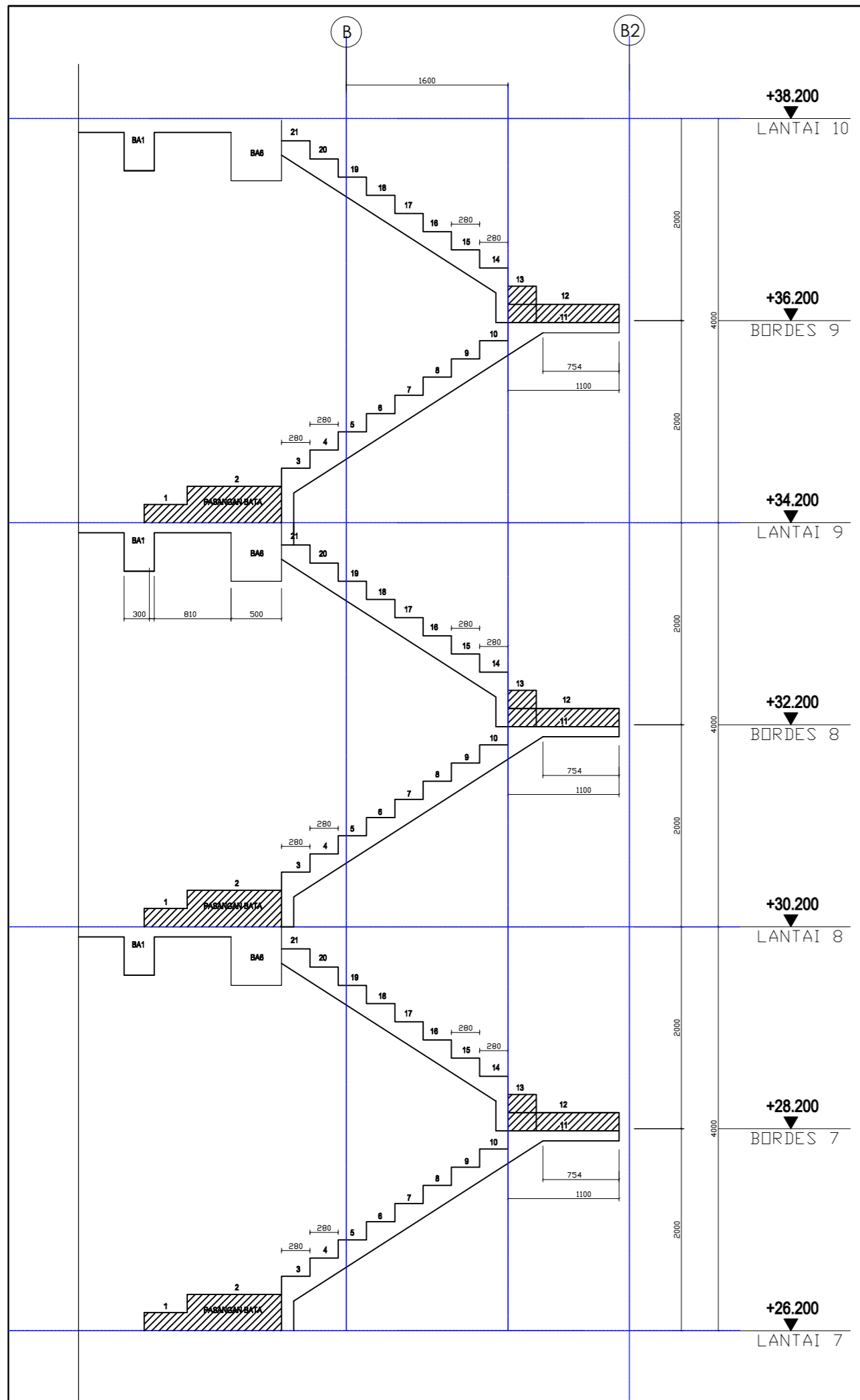
STR

NOMER

JUMLAH

27

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

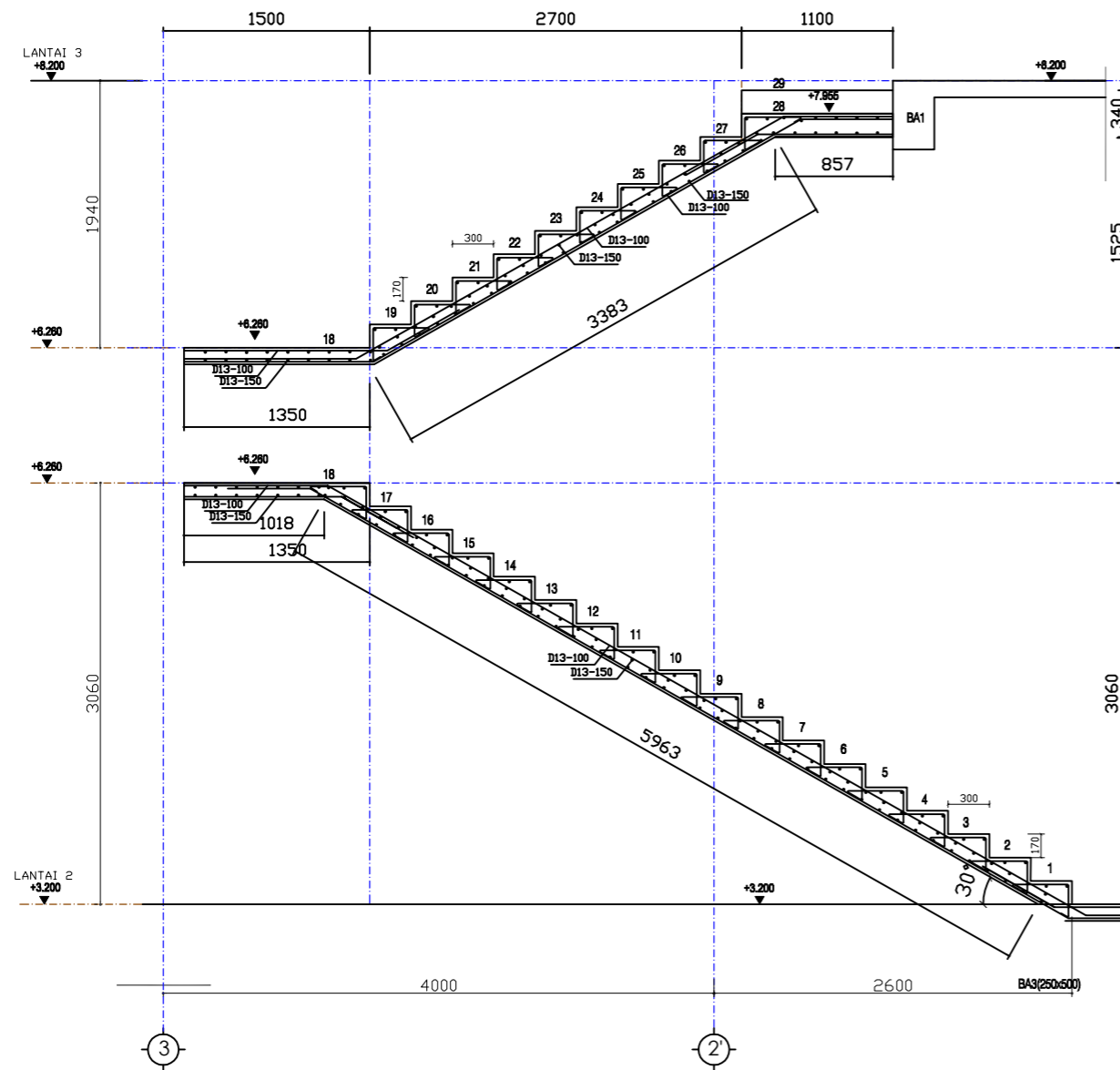
IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

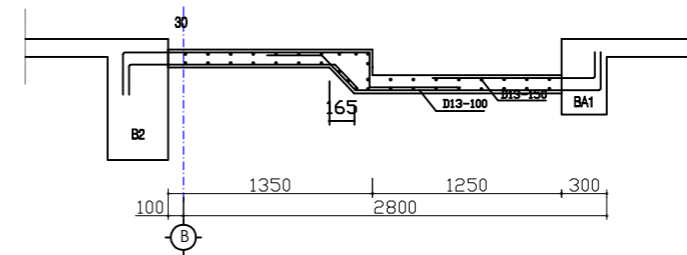
NAMA GAMBAR

DETAIL TANGGA
 LOBBY

SKALA	KODE GAMBAR
1:50	STR
NOMER	JUMLAH
28	64



POTONGAN 1



POTONGAN 2



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL STRUKTUR
TANGGA (1)

SKALA

KODE GAMBAR

1:25

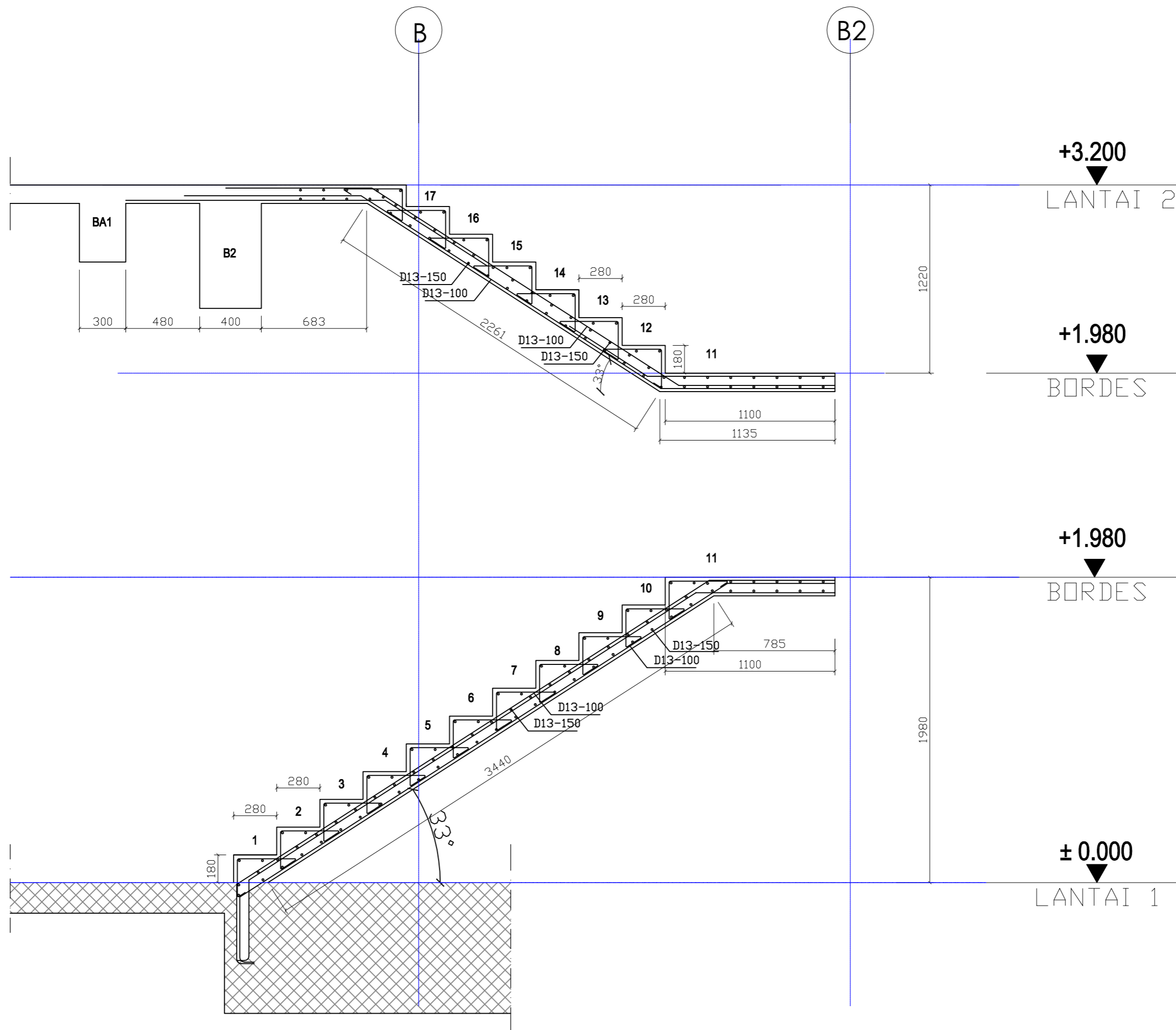
STR

NOMER

JUMLAH

29

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL STRUKTUR
 TANGGA (2)

SKALA

1:25

NOMER

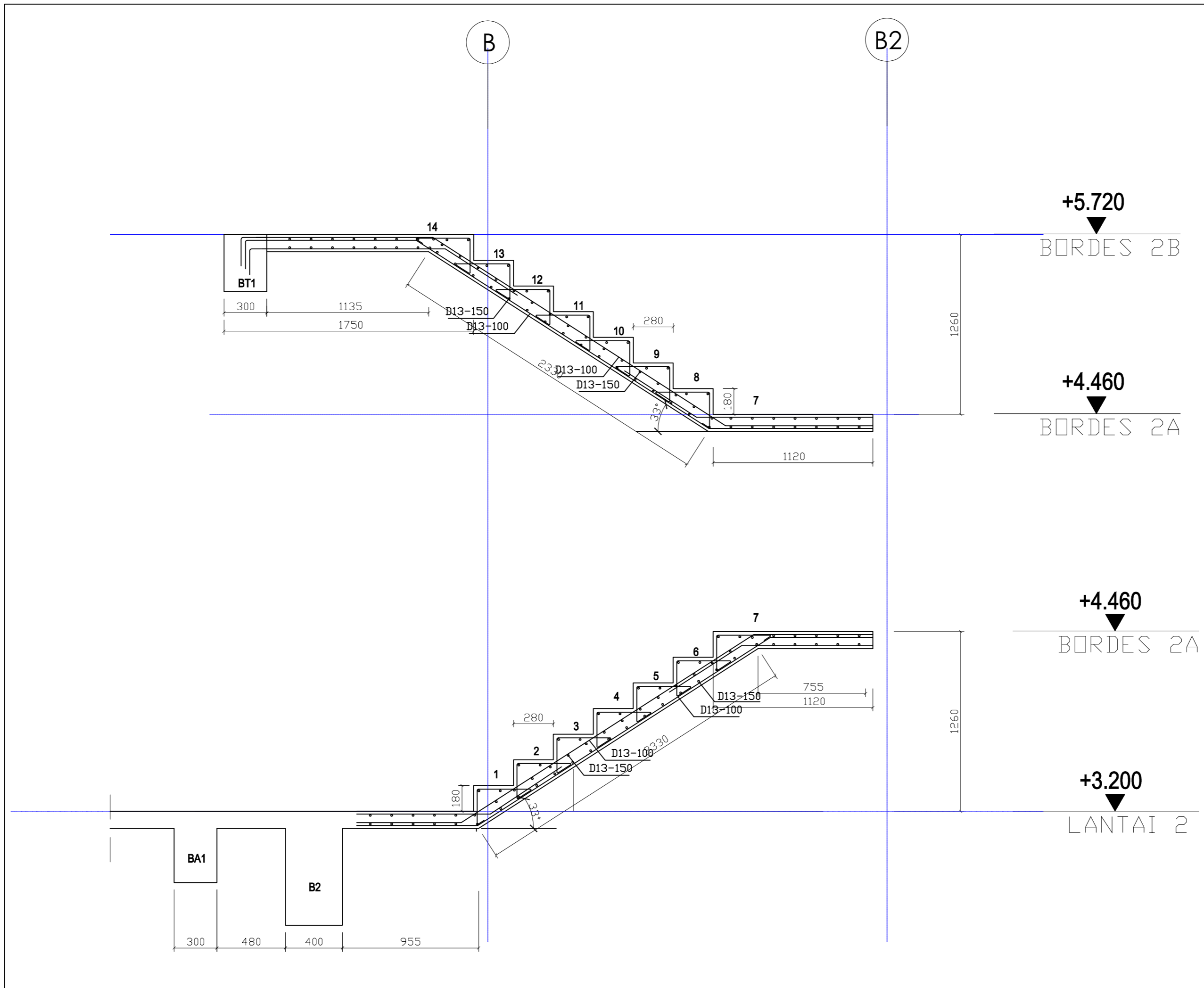
30

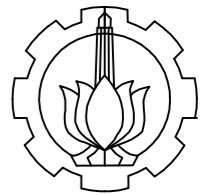
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL STRUKTUR
 TANGGA (3)

SKALA

1:25

NOMER

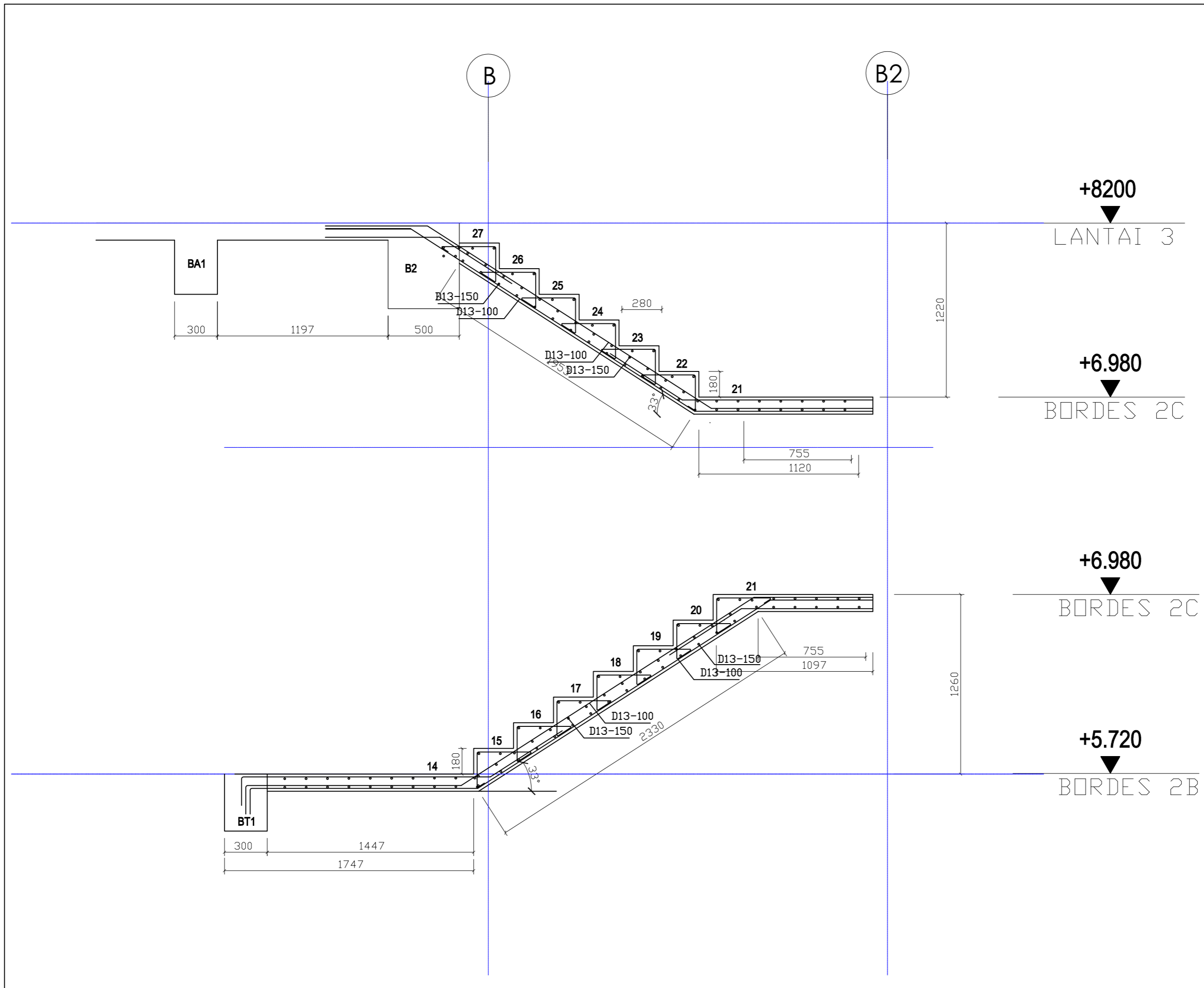
31

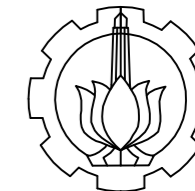
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL STRUKTUR
TANGGA (4)

SKALA

KODE GAMBAR

1:25

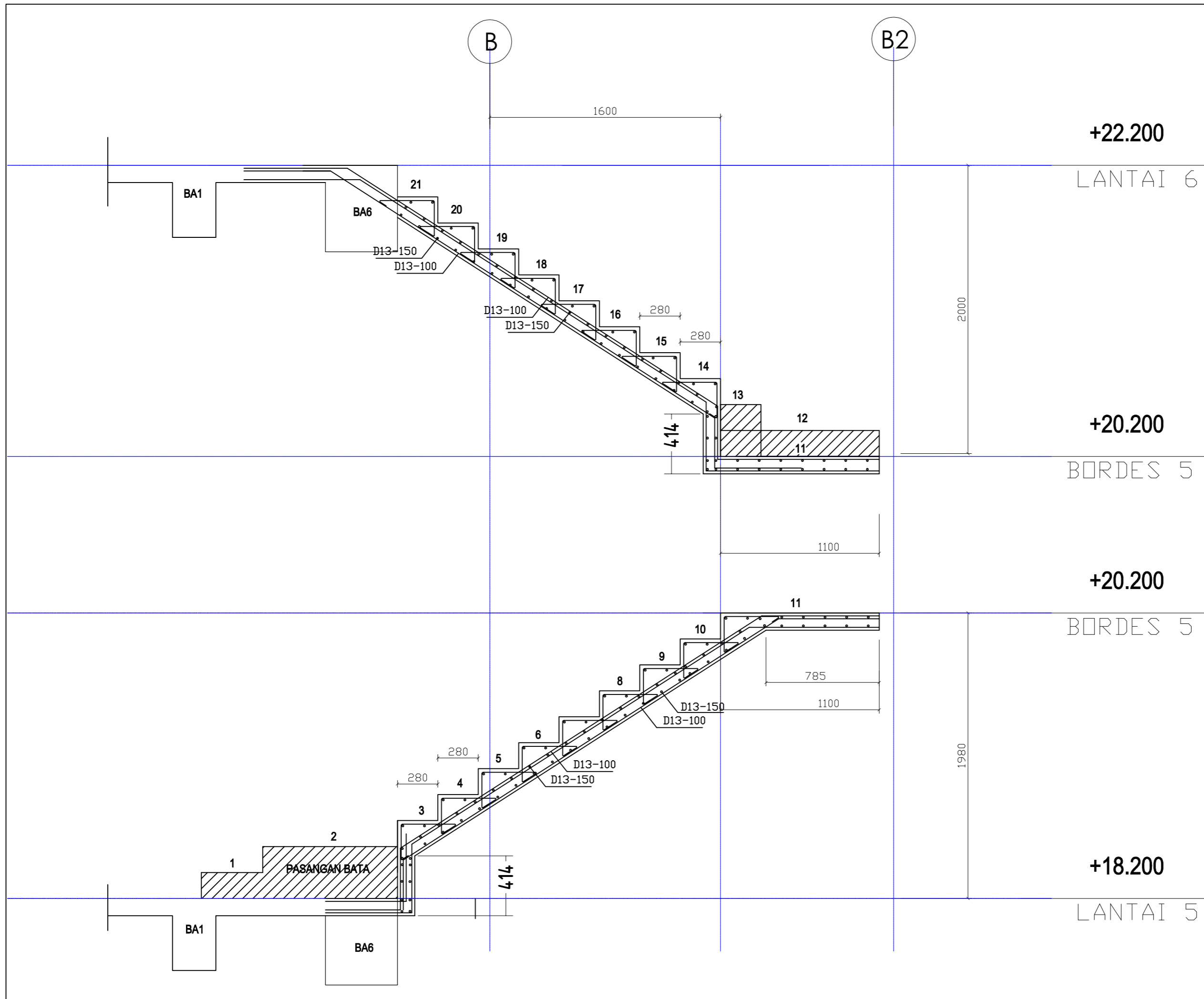
STR

NOMER

JUMLAH

32

64



+22.200

LANTAI 6

+20.200

BORDES 5

+20.200

BORDES 5

+18.200

LANTAI 5

B

B2

1600

2000

1100

1980

785

1100

414

414

280

280

280

280

PASANGAN BATA

D13-150

D13-100

D13-100

D13-150

D13-150

D13-100

D13-100

D13-150

BA1

BA6

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

6

5

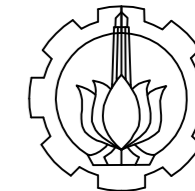
4

3

1

BA1

BA6



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 1

SKALA

1:150

NOMER

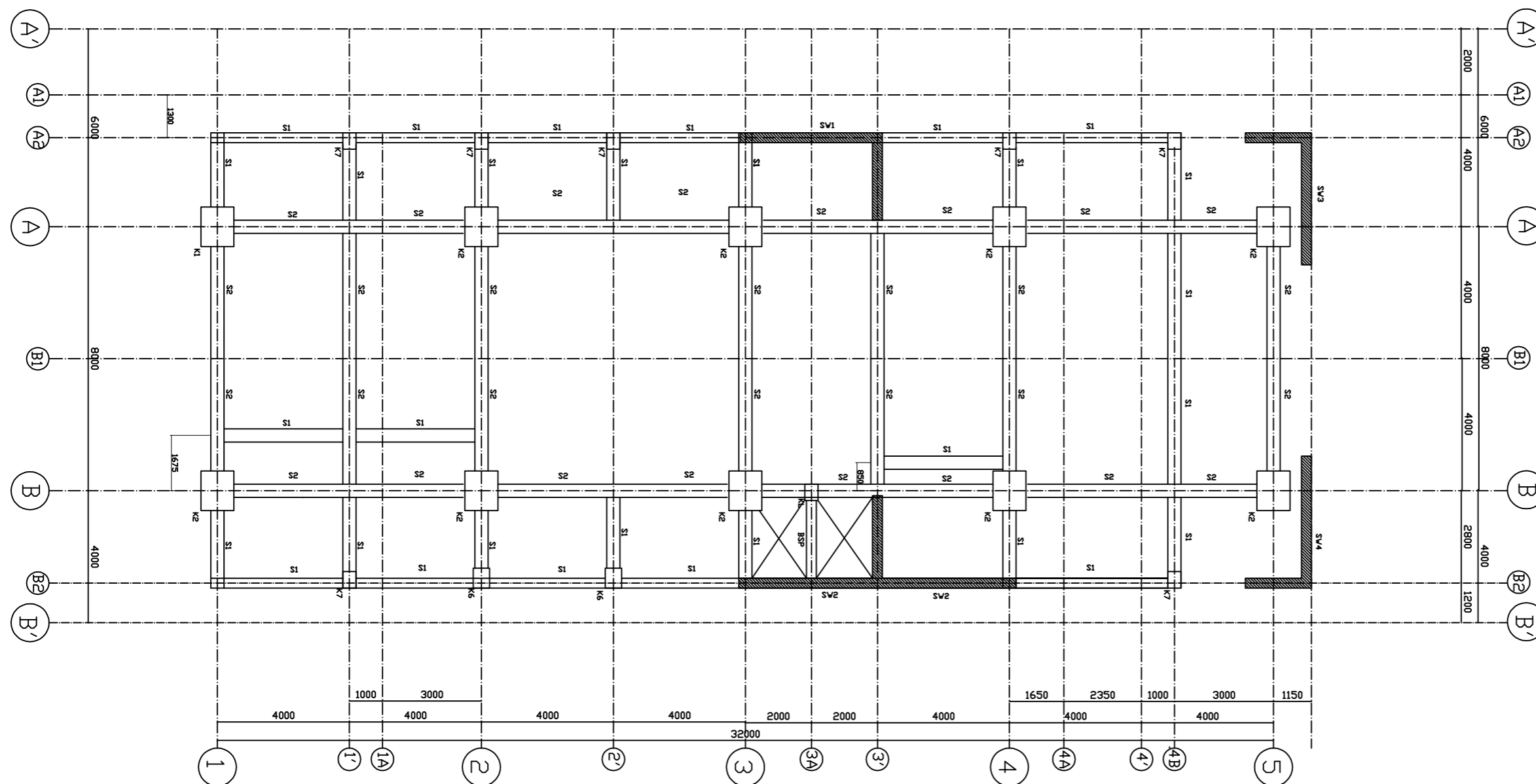
33

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 2

SKALA

1:150

NOMER

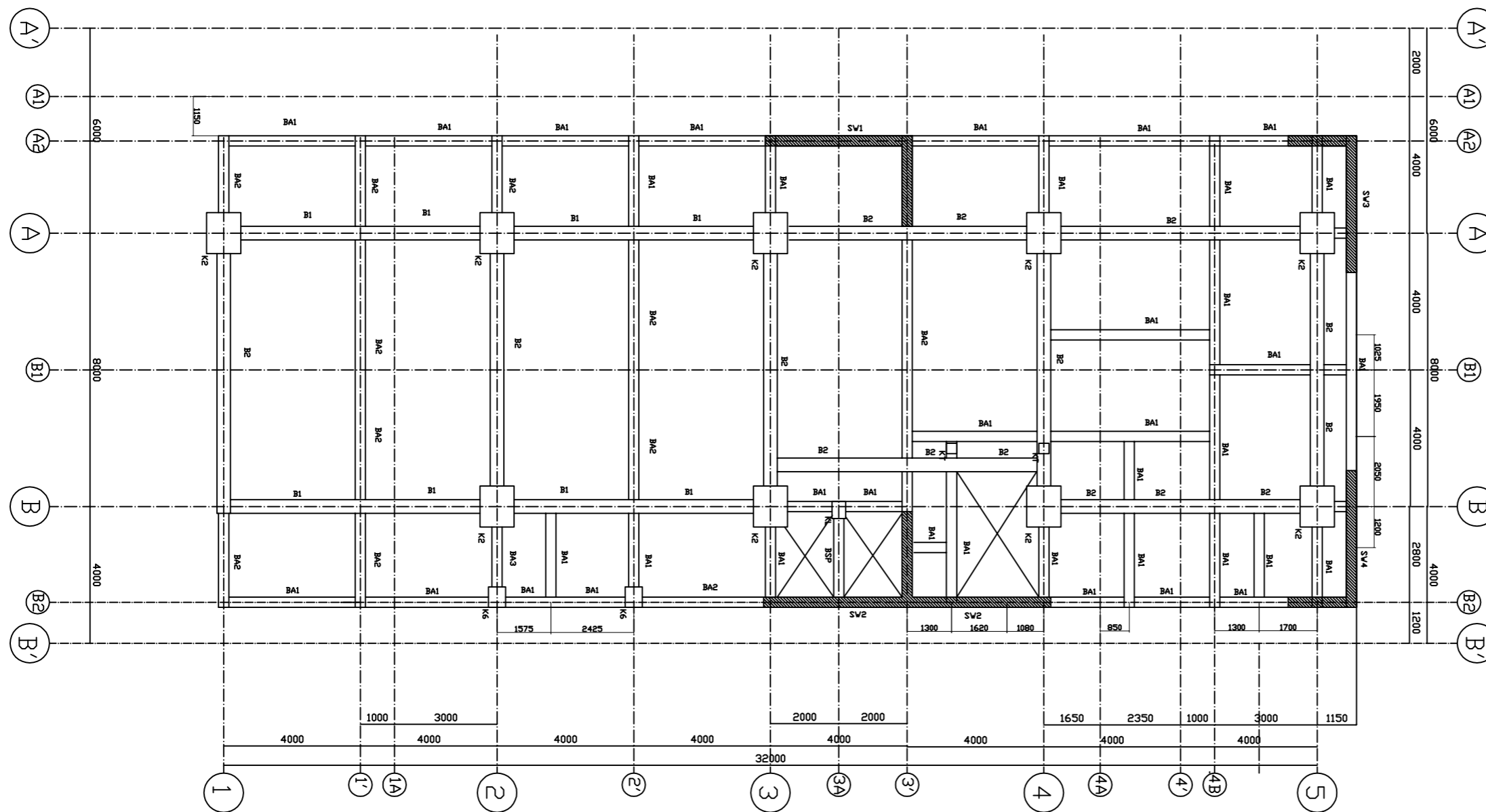
34

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 3

SKALA

1:150

NOMER

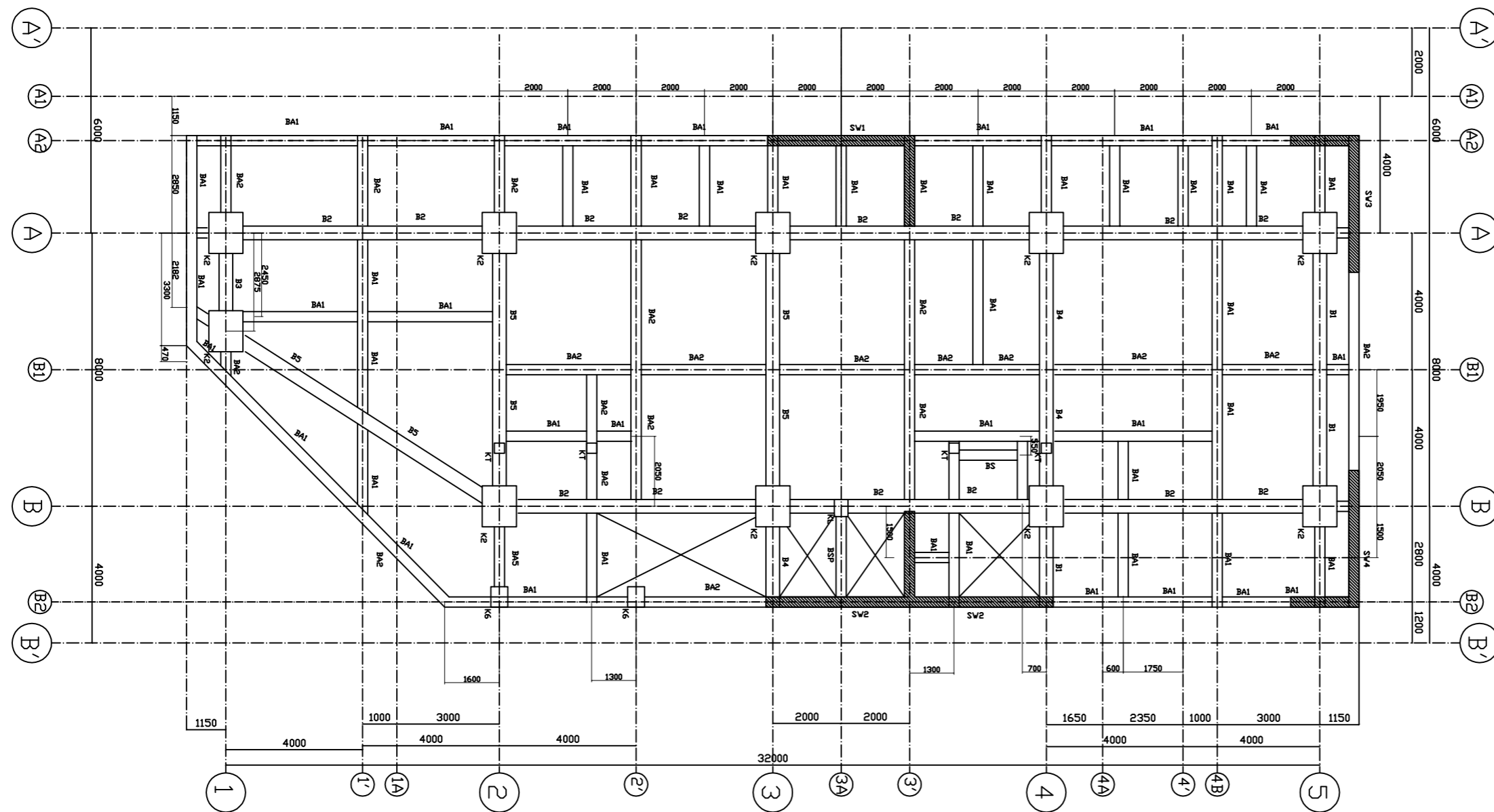
35

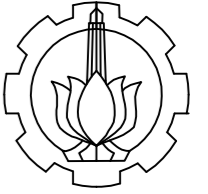
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

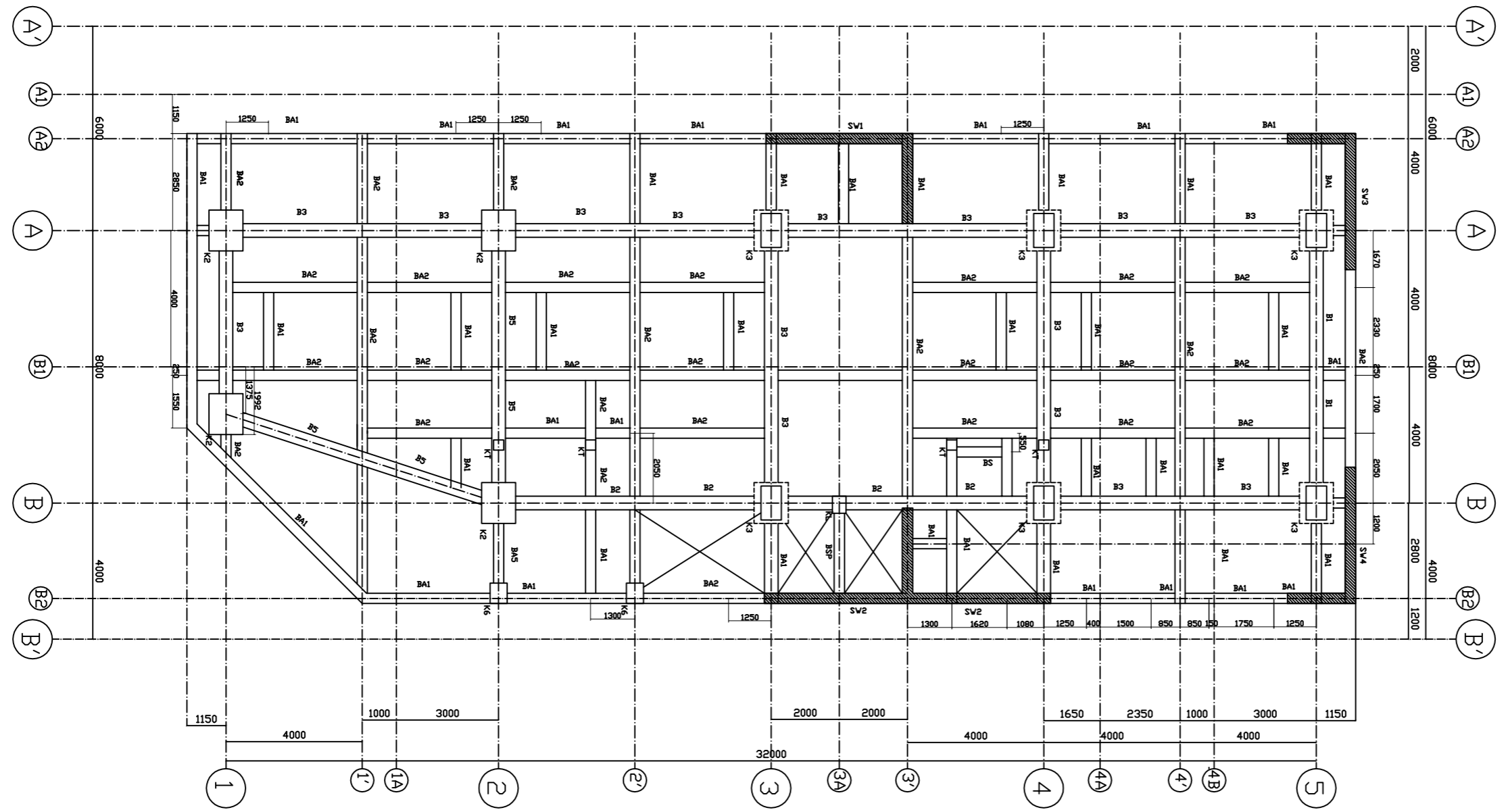
LANTAI 4

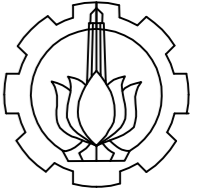
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:150	STR
-------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

36	64
----	----





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 5

SKALA

1:150

NOMER

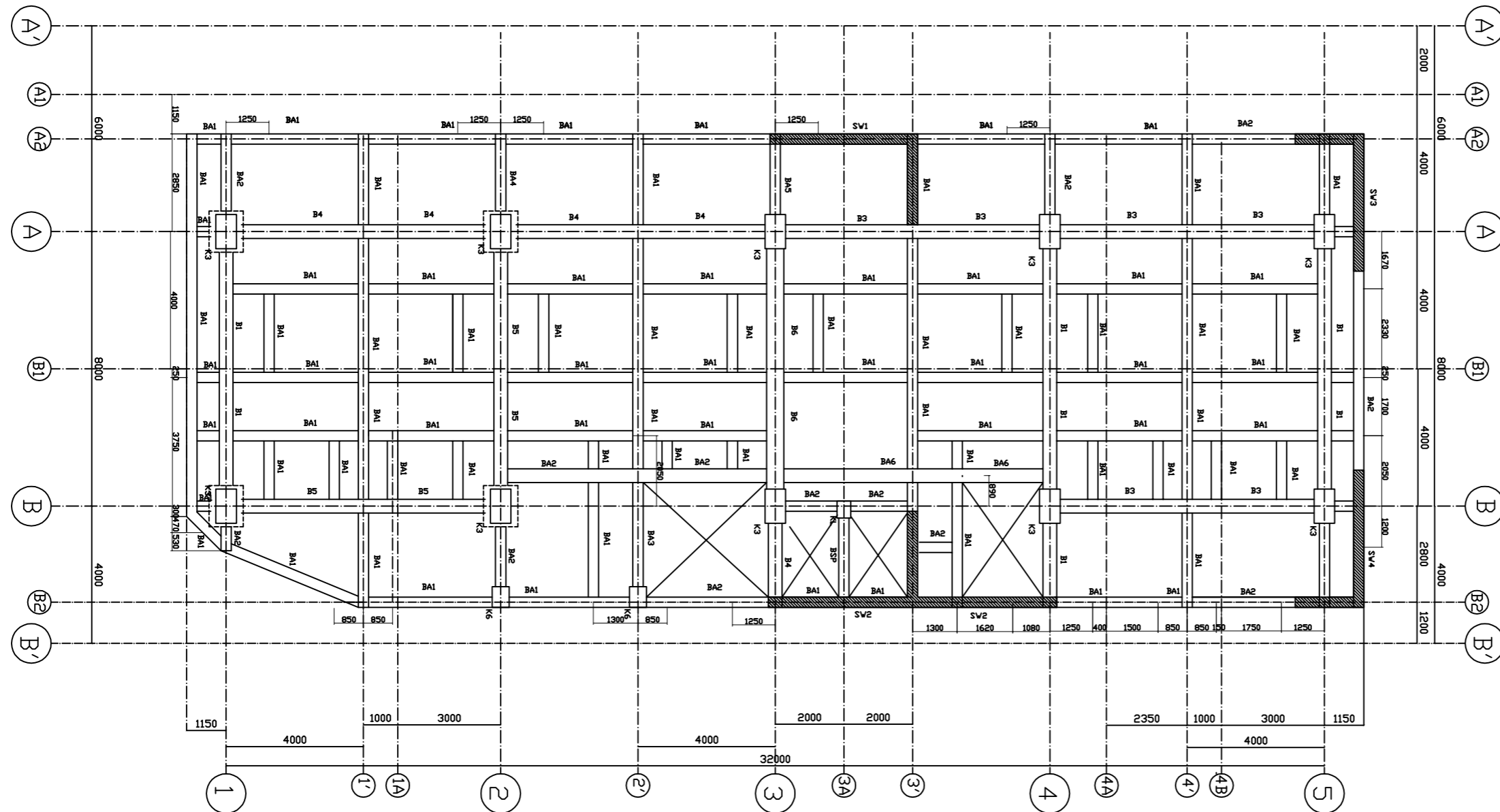
37

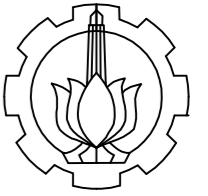
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 6

SKALA

1:150

NOMER

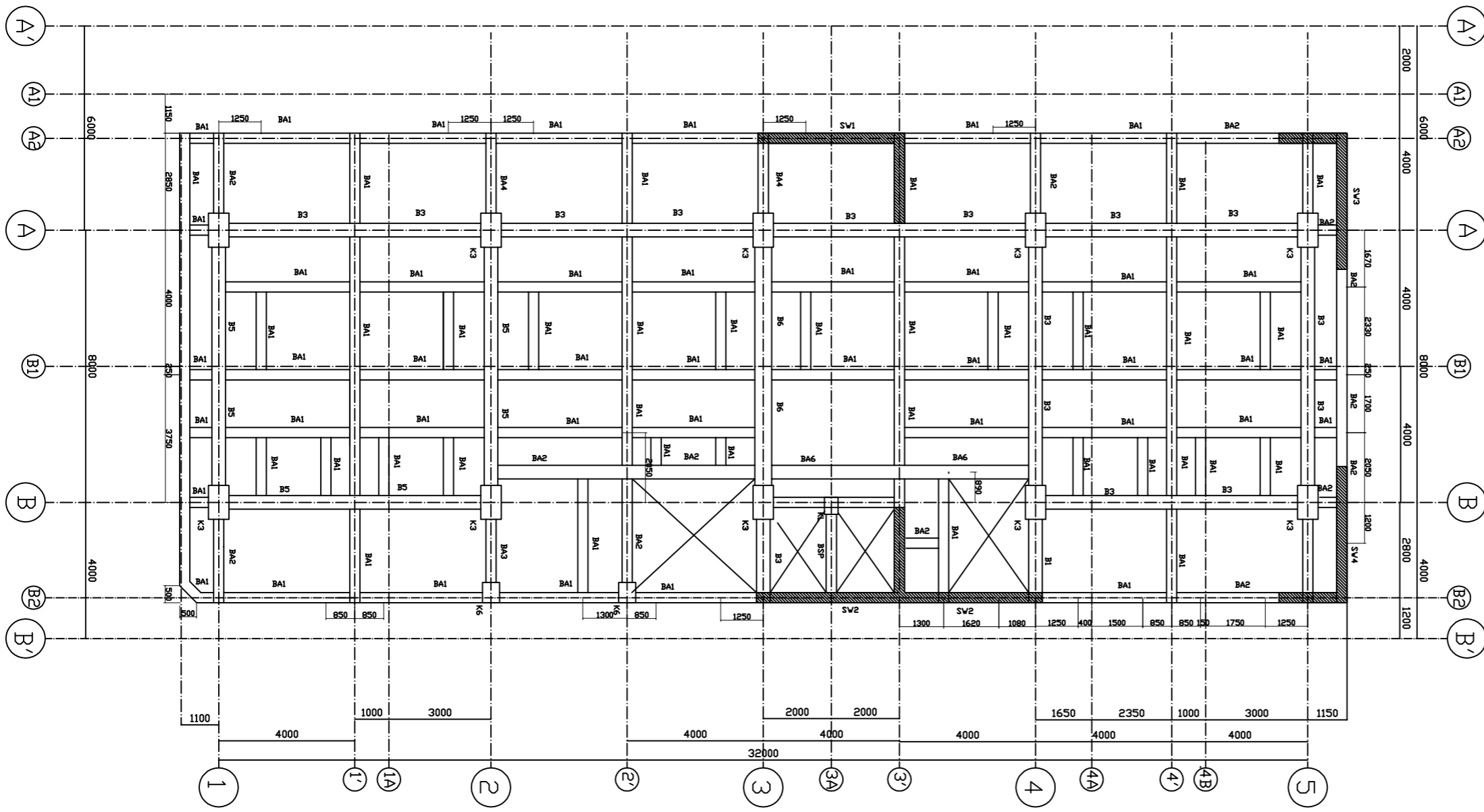
38

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 7-12

SKALA

1:150

NOMER

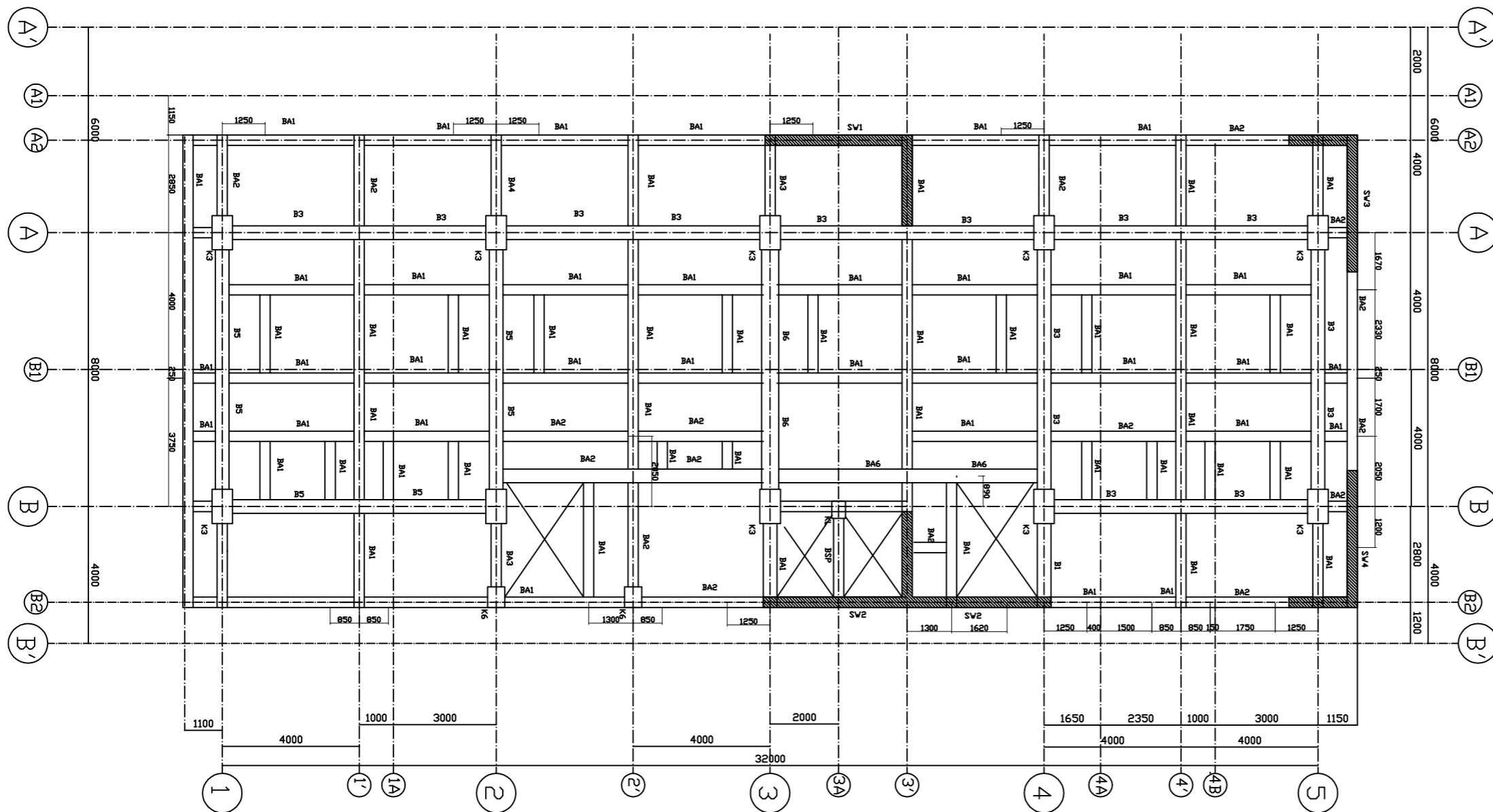
39

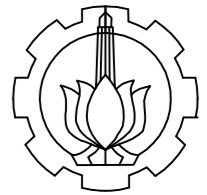
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

LANTAI ATAP

SKALA

KODE GAMBAR

1:150

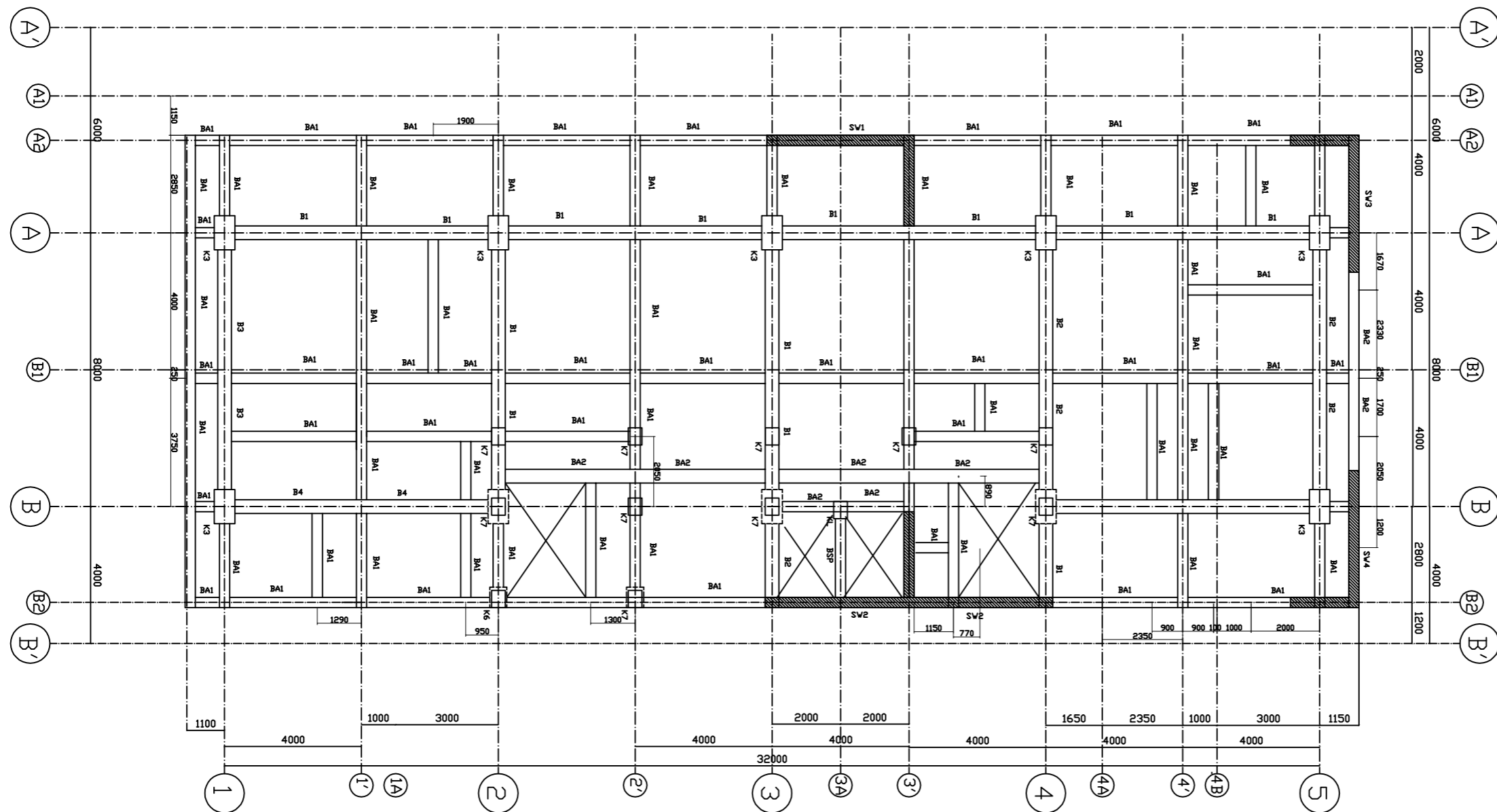
STR

NOMER

JUMLAH

40

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
 ATAP TANGGA & LIFT

SKALA

1:150

NOMER

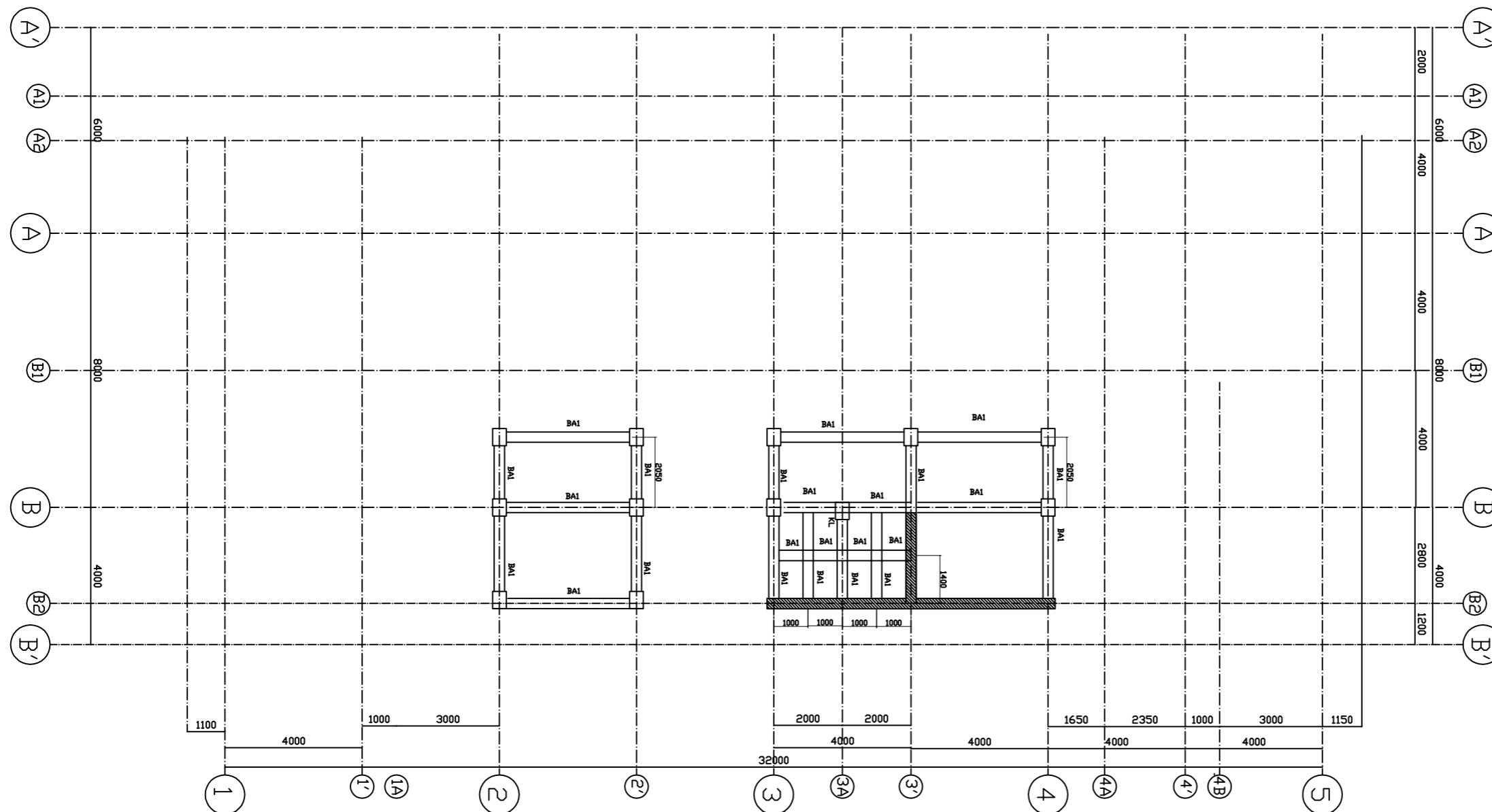
41

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TABEL PENULANGAN
BALOK (1)

SKALA KODE GAMBAR

1:25 STR

NOMER JUMLAH

42 64

TIPE	BL		BT1		BSP	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300/500		300/400		300/400	
TULANGAN ATAS	4D16	3D16	3D16	2D16	4D22	2D22
TULANGAN BAWAH	3D16	4D16	2D16	3D16	2D22	4D22
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-120	Ø10-250	Ø13-100	Ø13-250
TULANGAN TORSI	2D16	2D16	2D16	2D16	2x2D16	2x2D16
TIPE	B1		B2		B3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400/800		400/800		400/800	
TULANGAN ATAS	6D25	3D25	5D25	3D25	7D25	3D25
TULANGAN BAWAH	4D25	4D25	4D25	4D25	4D25	4D25
SENGKANG	D13-80	D13-250	D13-100	D13-250	D13-80	D13-250
TULANGAN TORSI	2x2D16	2x2D16	2x2D16	2x2D16	2x2D16	2x2D16
TIPE	B4		B5		B6	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400/800		400/800		500/800	
TULANGAN ATAS	8D25	3D25	12D25	3D25	13D25	3D25
TULANGAN BAWAH	4D25	4D25	5D25	7D25	6D25	6D25
SENGKANG	3D13-100	D13-250	3D16-100	D16-250	3D16-100	D16-250
TULANGAN TORSI	2x2D16	2x2D16	2x2D19	2x2D19	3x3D19	3x3D19



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TABEL PENULANGAN
BALOK (2)

SKALA KODE GAMBAR

1:25 STR

NOMER JUMLAH

43 64

TIPE	BA1		BA2		BA3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300/500		300/500		300/500	
TULANGAN ATAS	4D22	2D22	4D22	2D22	5D22	3D22
TULANGAN BAWAH	2D22	3D22	3D22	3D22	3D22	4D22
SENGKANG	∅13-100	∅13-250	3∅13-100	∅13-250	∅13-80	∅13-250
TULANGAN TORSI	2x2D13	2x2D13	2x2D13	2x2D13	2x2D13	2x2D13
TIPE	BA4		BA5		BA6	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300/500		300/500		400/500	
TULANGAN ATAS	6D22	2D22	7D22	2D22	3D22	2D22
TULANGAN BAWAH	3D22	3D22	4D22	4D22	2D22	3D22
SENGKANG	3∅13-80	∅13-250	3∅13-80	∅13-250	∅13-80	∅13-250
TULANGAN TORSI	2x2D13	2x2D13	2x2D13	2x2D13	2x2D16	2x2D16
TIPE	S2		S1			
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN		
DIMENSI	400/800		300/500			
TULANGAN ATAS	6D25	3D25	4D22	2D22		
TULANGAN BAWAH	4D25	4D25	2D22	3D22		
SENGKANG	D13-80	D13-250	∅13-100	∅13-250		
TULANGAN TORSI	2x2D16	2x2D16	2x2D13	2x2D13		



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TABEL PENULANGAN
KOLOM

SKALA KODE GAMBAR

1:25 STR

NOMER JUMLAH

44 64

TIPE	K1		K2			
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN		
DIMENSI	1000/1200		1000/1200			
TULANGAN UTAMA	36D25	36D25	28D25	28D25		
SENGKANG	4D19-100	D19-200	4D19-100	D19-200		
TIPE	K3		K6			
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN		
DIMENSI	600/1000		500/600			
TULANGAN UTAMA	28D25	28D25	8D25	8D25		
SENGKANG	3D16-80	D16-200	D16-100	D16-200		
TIPE	K7		KT	KL		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	LAPANGAN	
DIMENSI	400/500		400/500		400/500	
TULANGAN UTAMA	8D19	8D19	8D16	8D16	8D19	8D19
SENGKANG	D13-80	D13-200	3D13-80	D13-200	D13-80	D13-200



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL BALOK
MEMANJANG (B1)

SKALA

1:25

NOMER

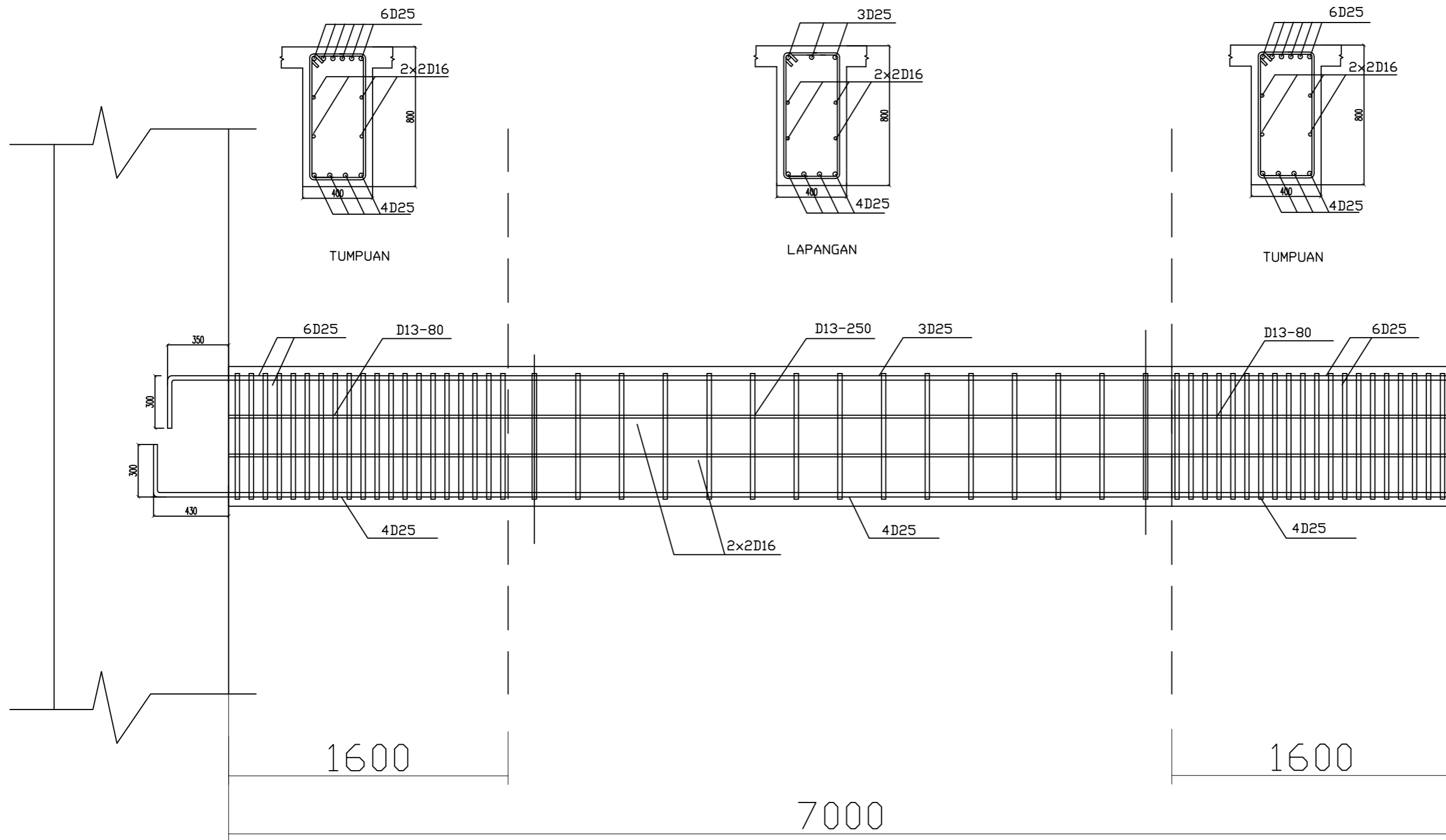
45

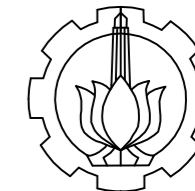
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL BALOK
MEMANJANG (B2)

SKALA

1:25

NOMER

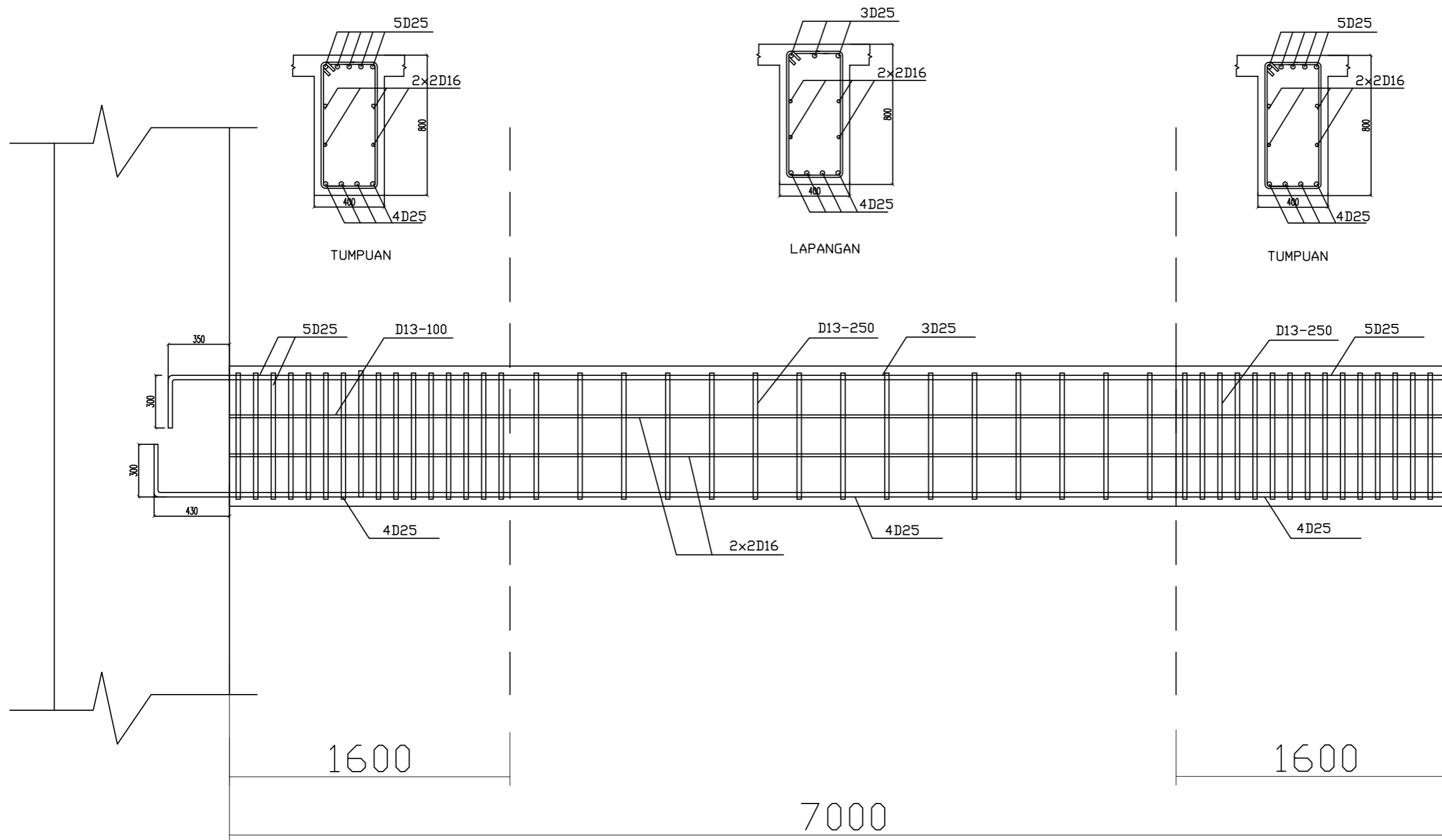
46

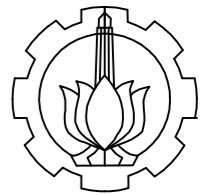
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL BALOK
 MEMANJANG (B3)

SKALA

KODE GAMBAR

1:25

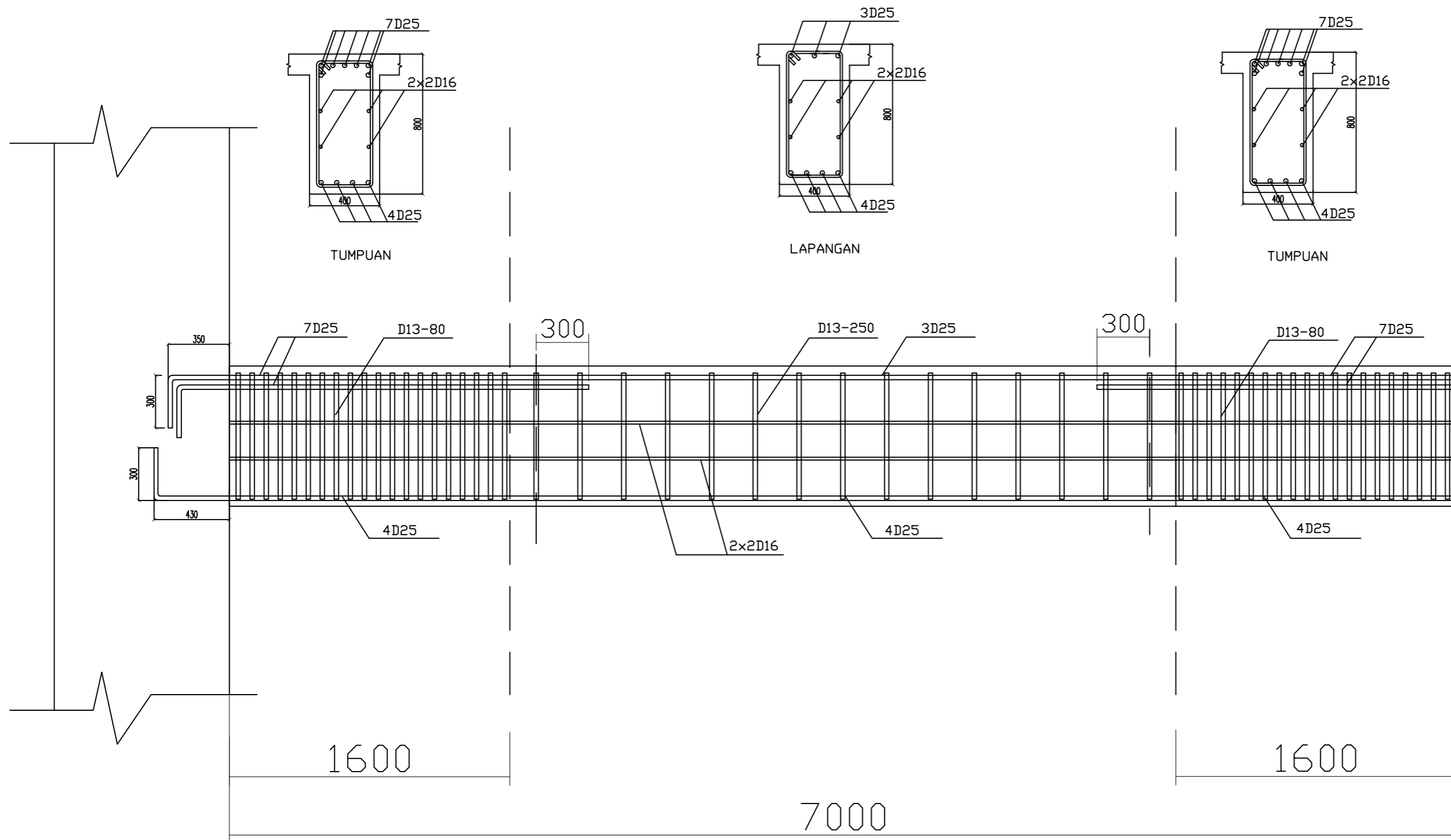
STR

NOMER

JUMLAH

47

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

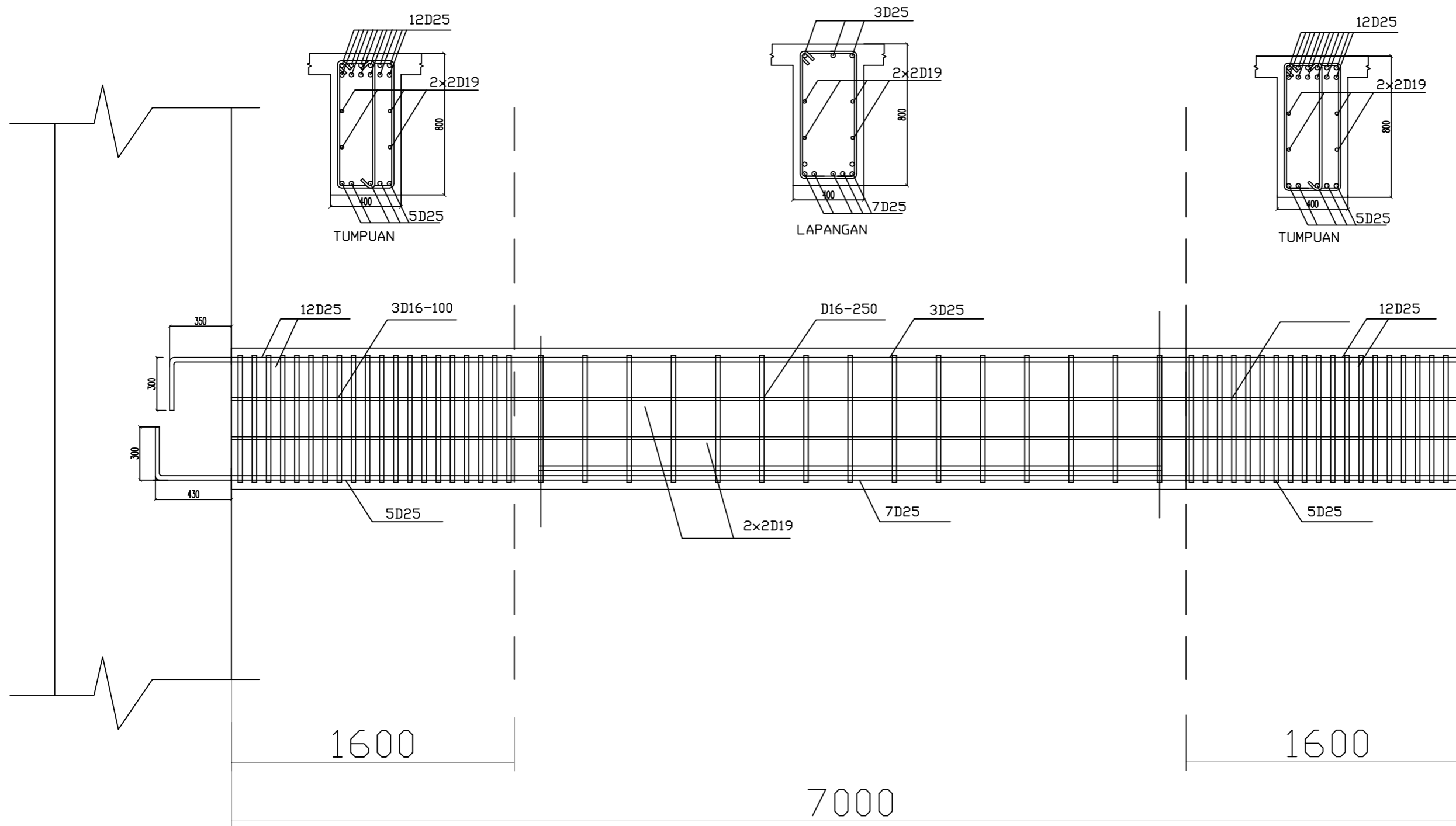
DETAIL BALOK
 MELINTANG (B5)

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:25	STR
------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

48	64
----	----





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 KOLOM (K2)

SKALA

KODE GAMBAR

1:25

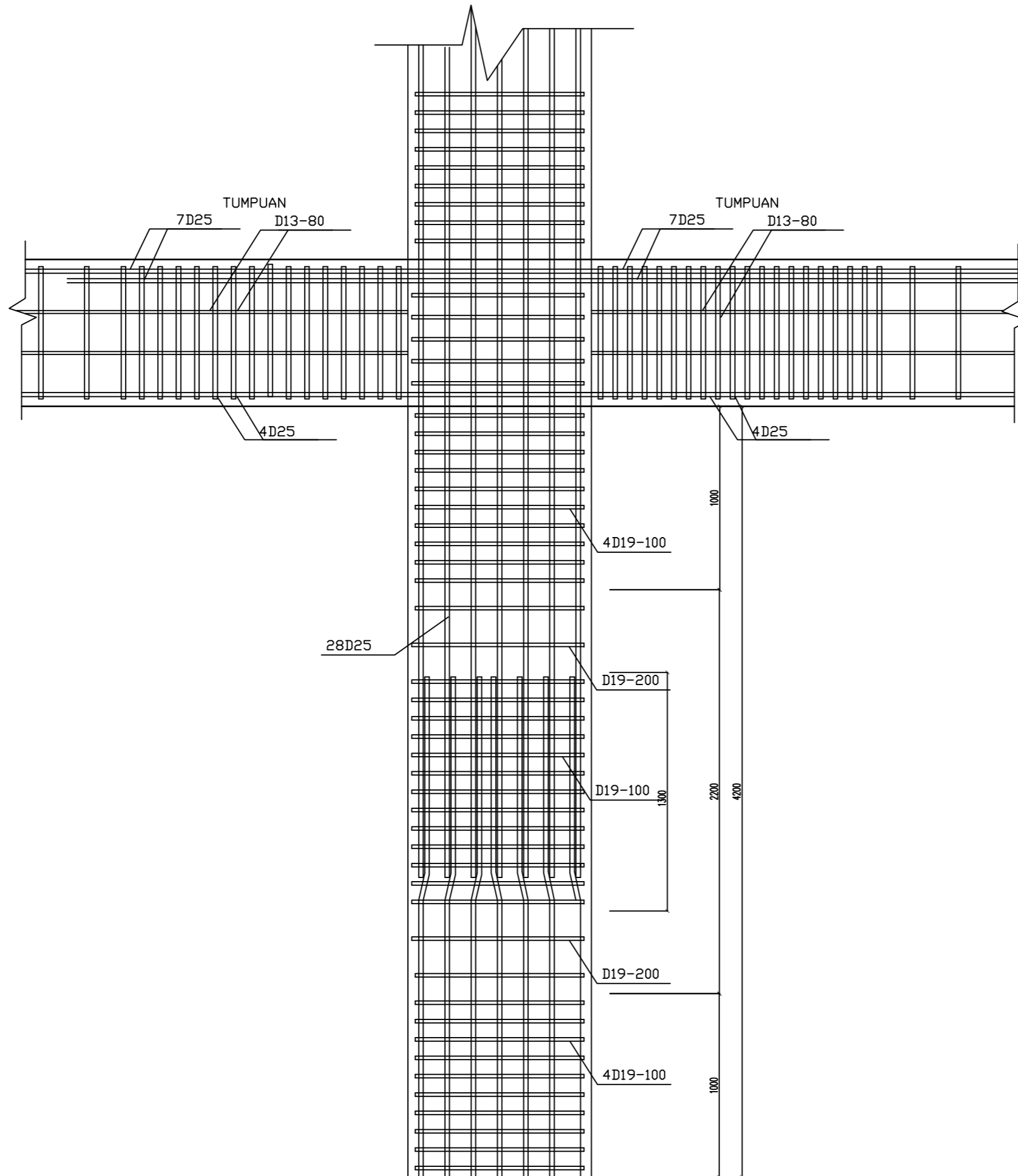
STR

NOMER

JUMLAH

49

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
KOLOM (K3)

SKALA

1:25

NOMER

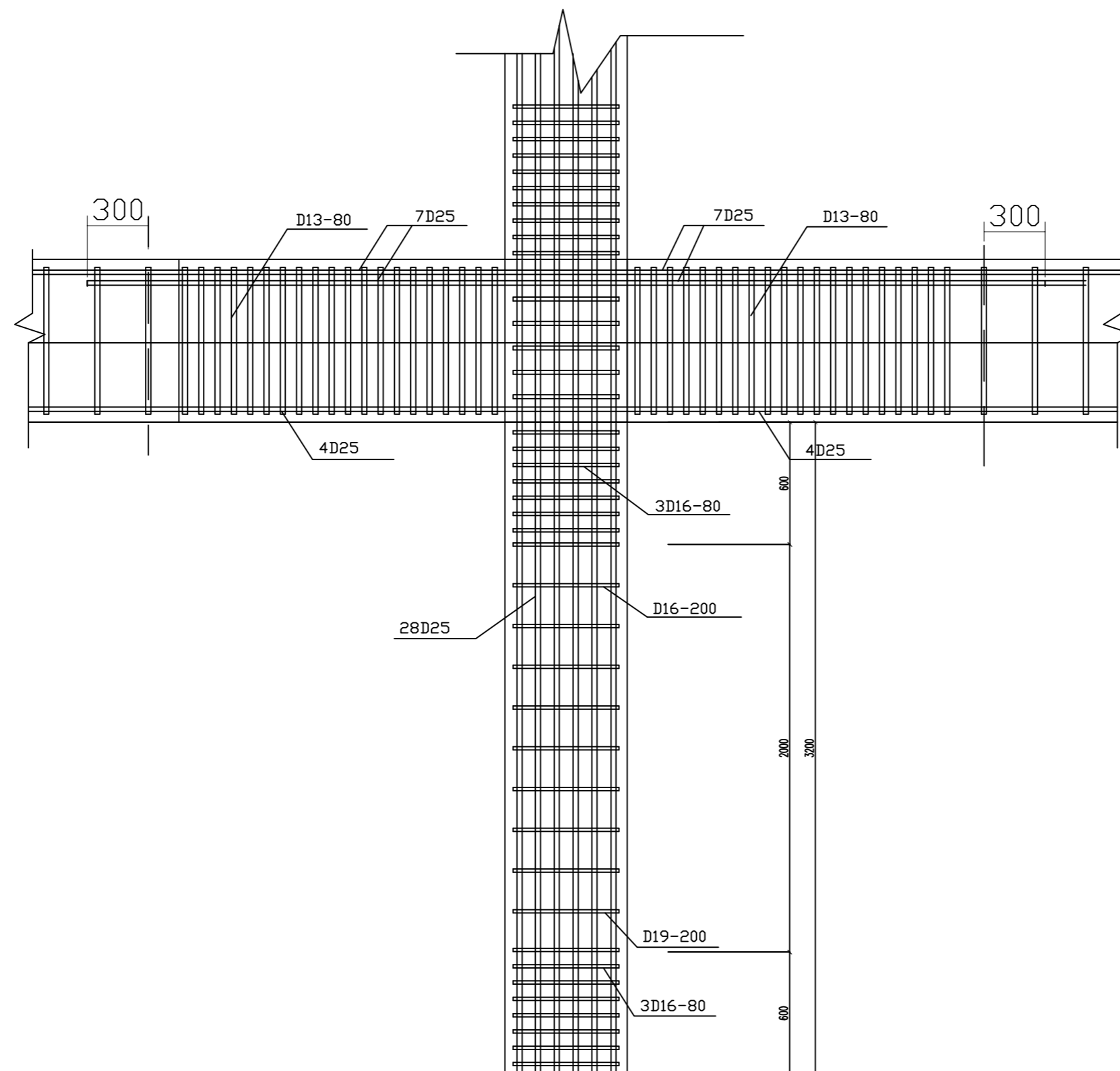
50

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

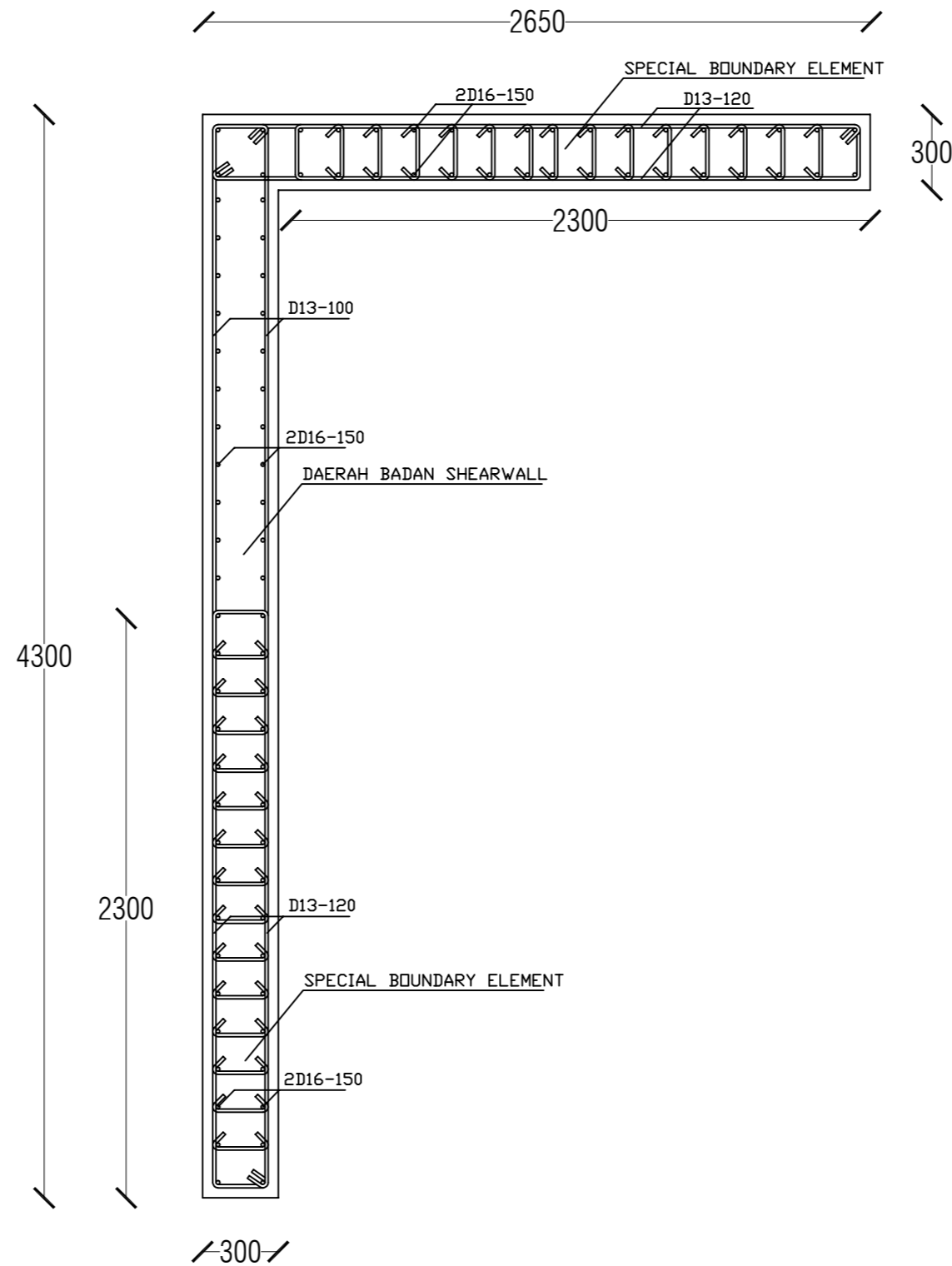
DETAIL PENULANGAN
SW 1

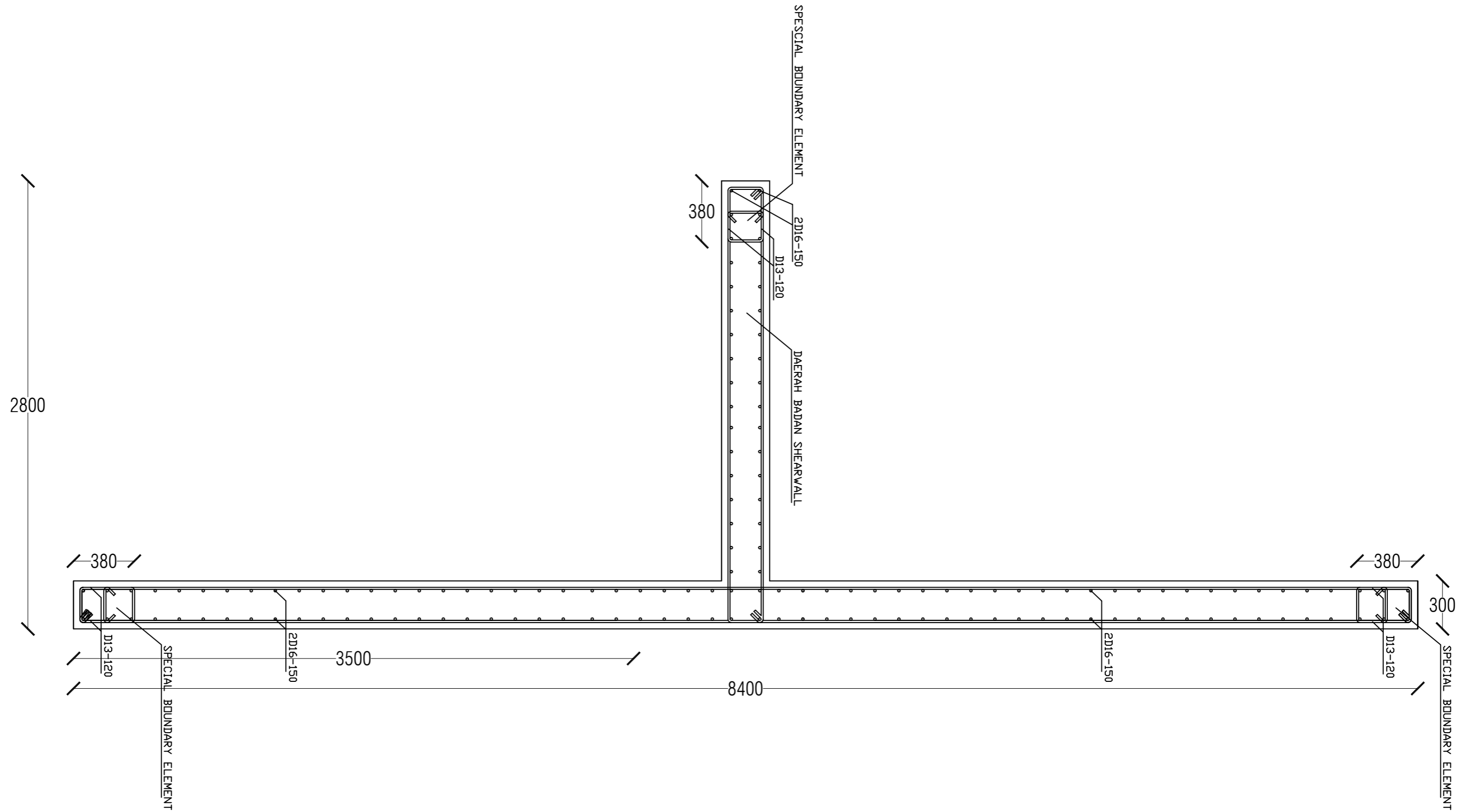
SKALA KODE GAMBAR


1:25 STR

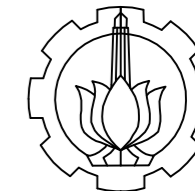
NOMER JUMLAH

51 64





 <p>D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	KETERANGAN	NAMA GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR
	DESAIN STRUKTUR HOTEL ALIMAR SURABAYA	NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.	IKA KURNIA SARI 3113041017		DETAIL PENULANGAN SW 2	1:25	STR
						NOMER	JUMLAH
						52	64



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
SW 3

SKALA

1:25

NOMER

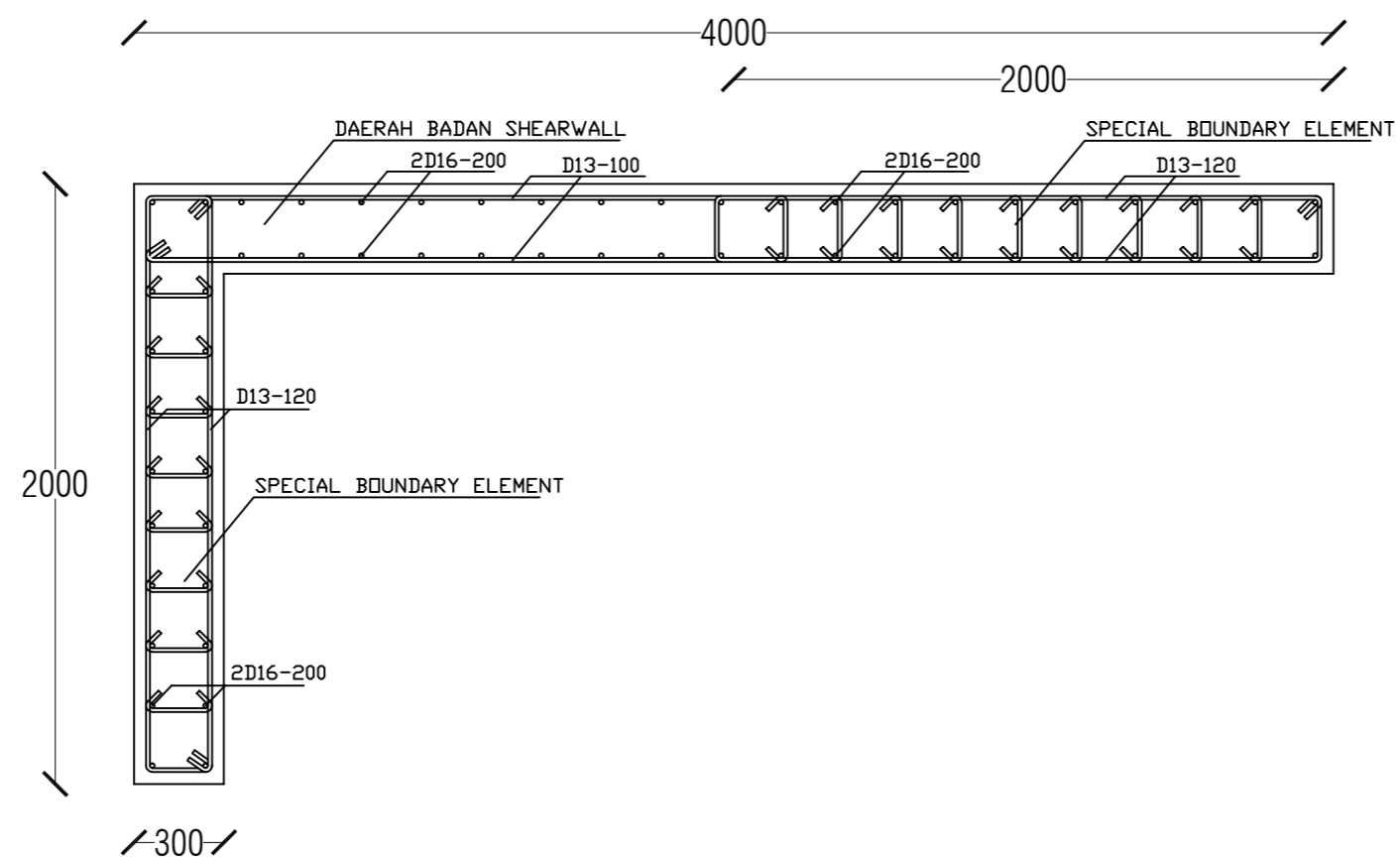
53

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
SW 4

SKALA

KODE GAMBAR

1:25

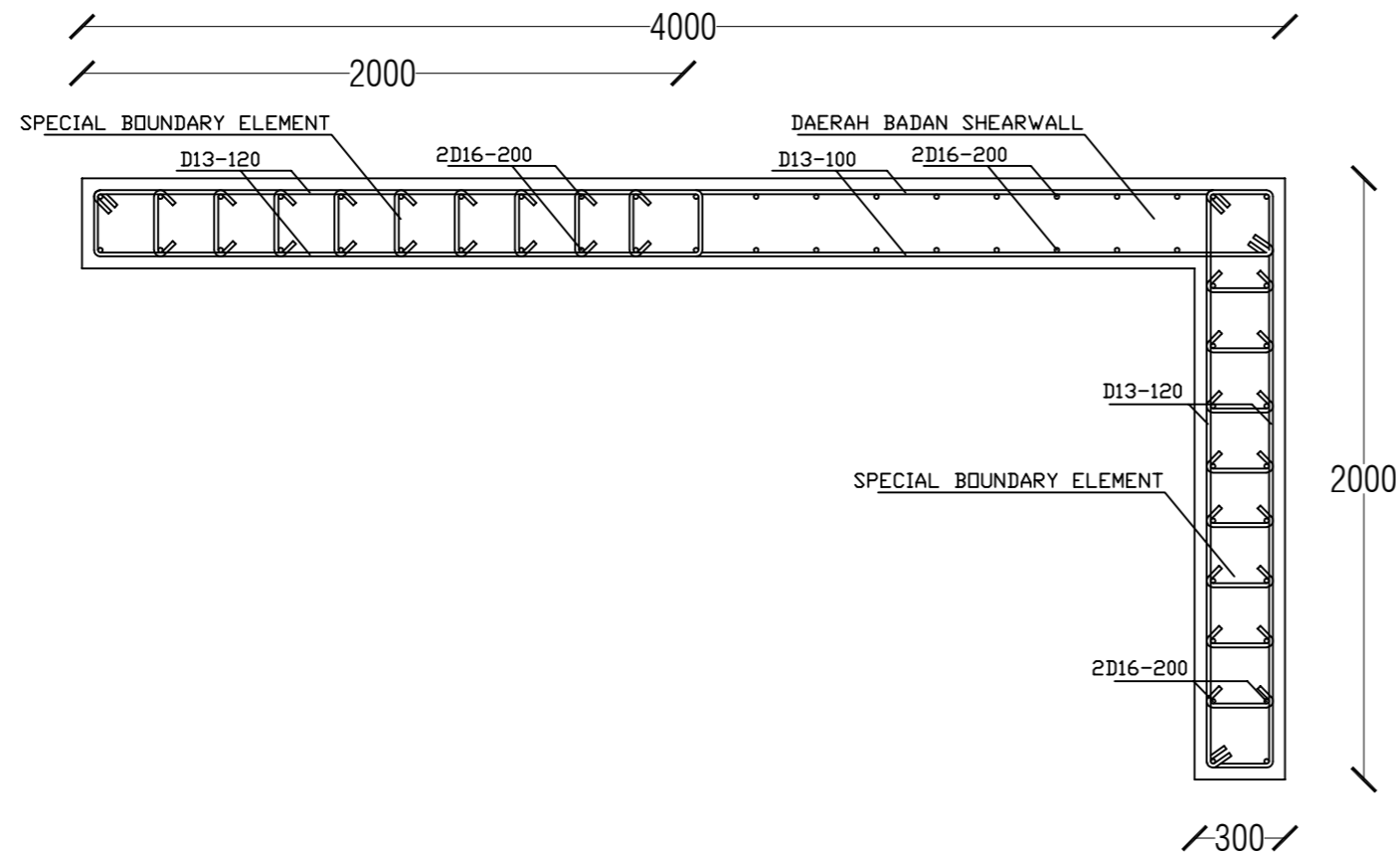
STR

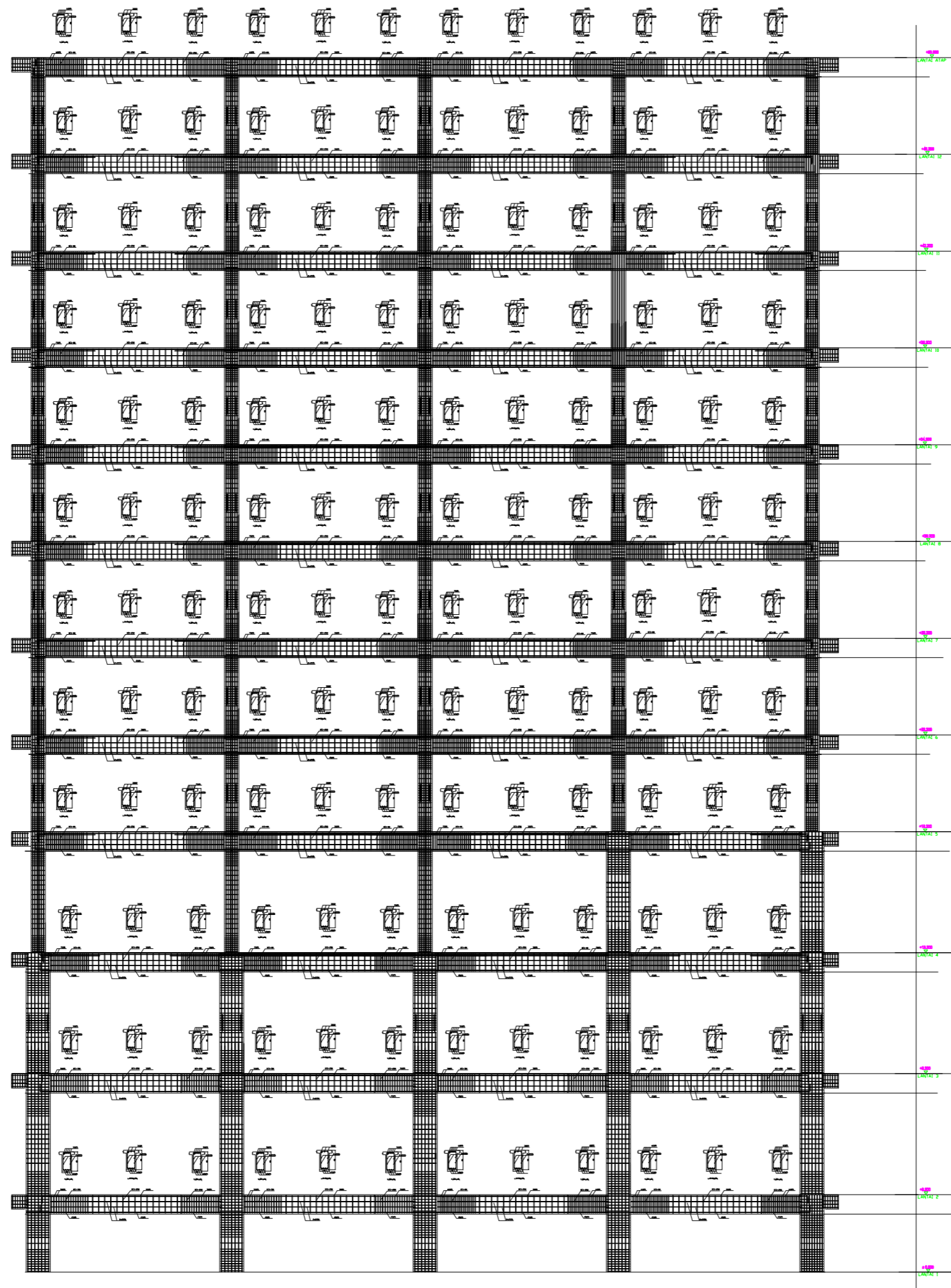
NOMER

JUMLAH

54

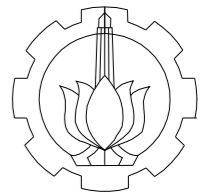
64





PARSIAL 2

PARSIAL 1



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PORTAL MEMANJANG

SKALA

1:200

KODE GAMBAR

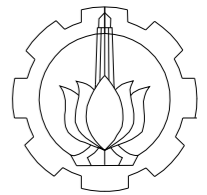
STR

NOMER

55

JUMLAH

64



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PORTAL MEMANJANG
PARSIAL 1

SKALA

1:150

NOMER

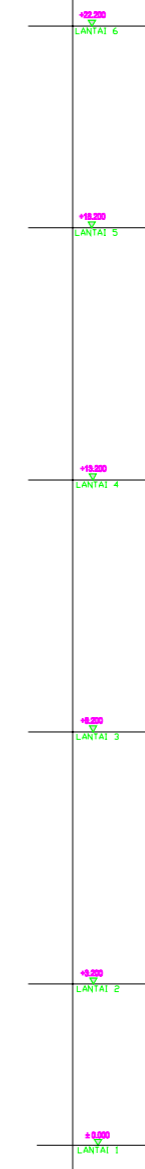
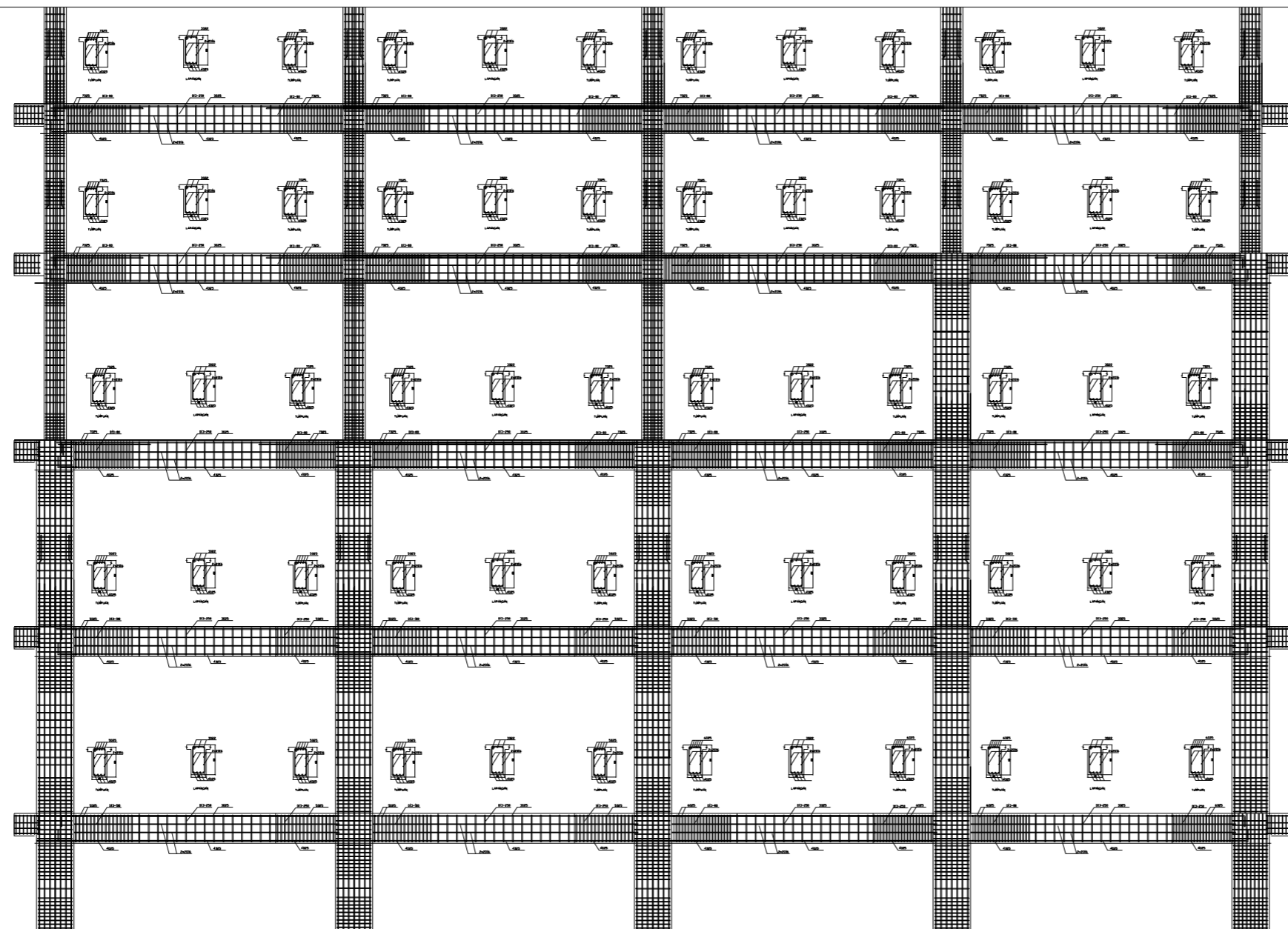
56

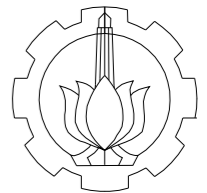
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PORTAL MEMANJANG
PARSIAL 2

SKALA

1:150

NOMER

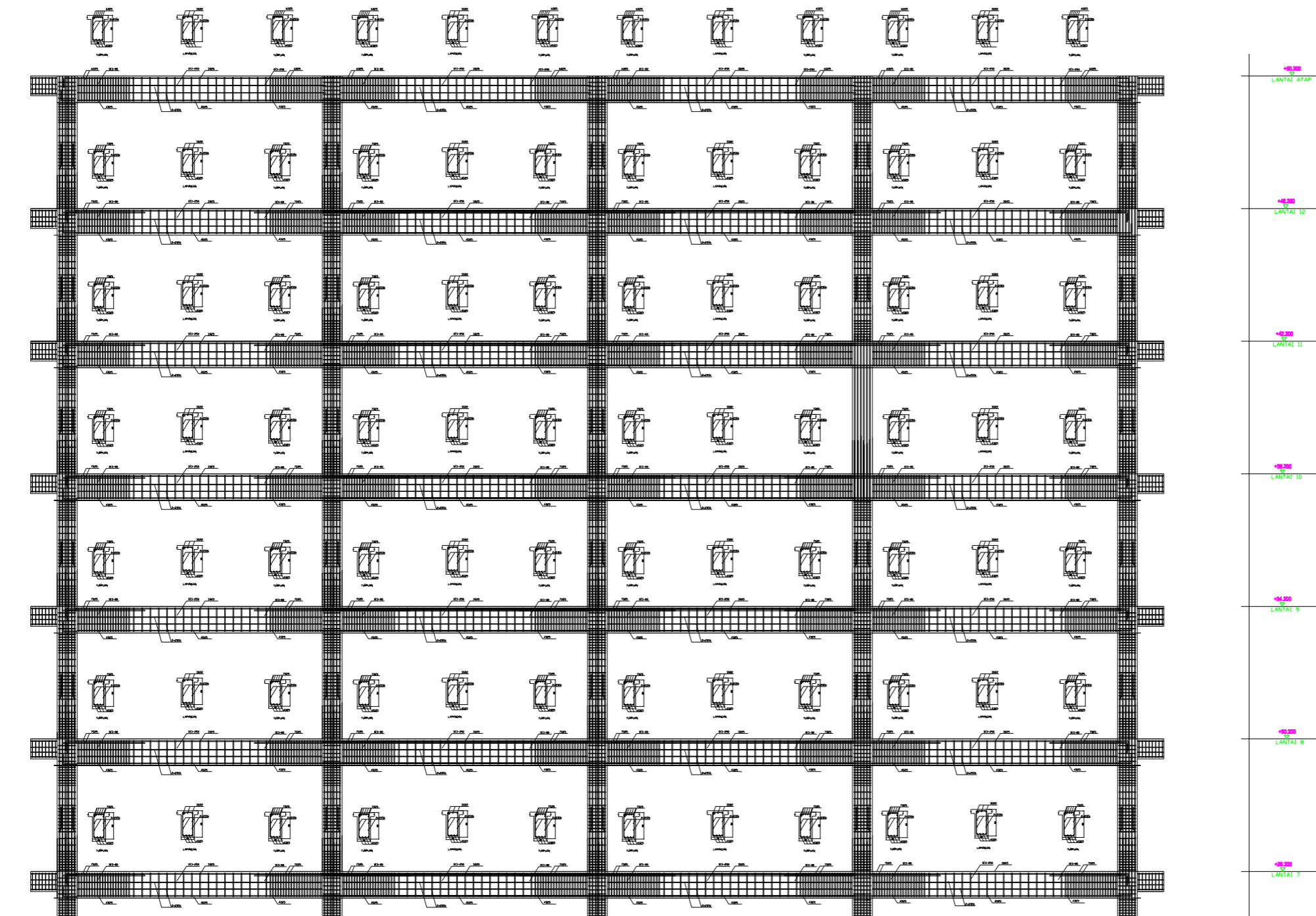
57

KODE GAMBAR

STR

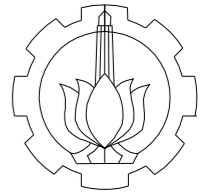
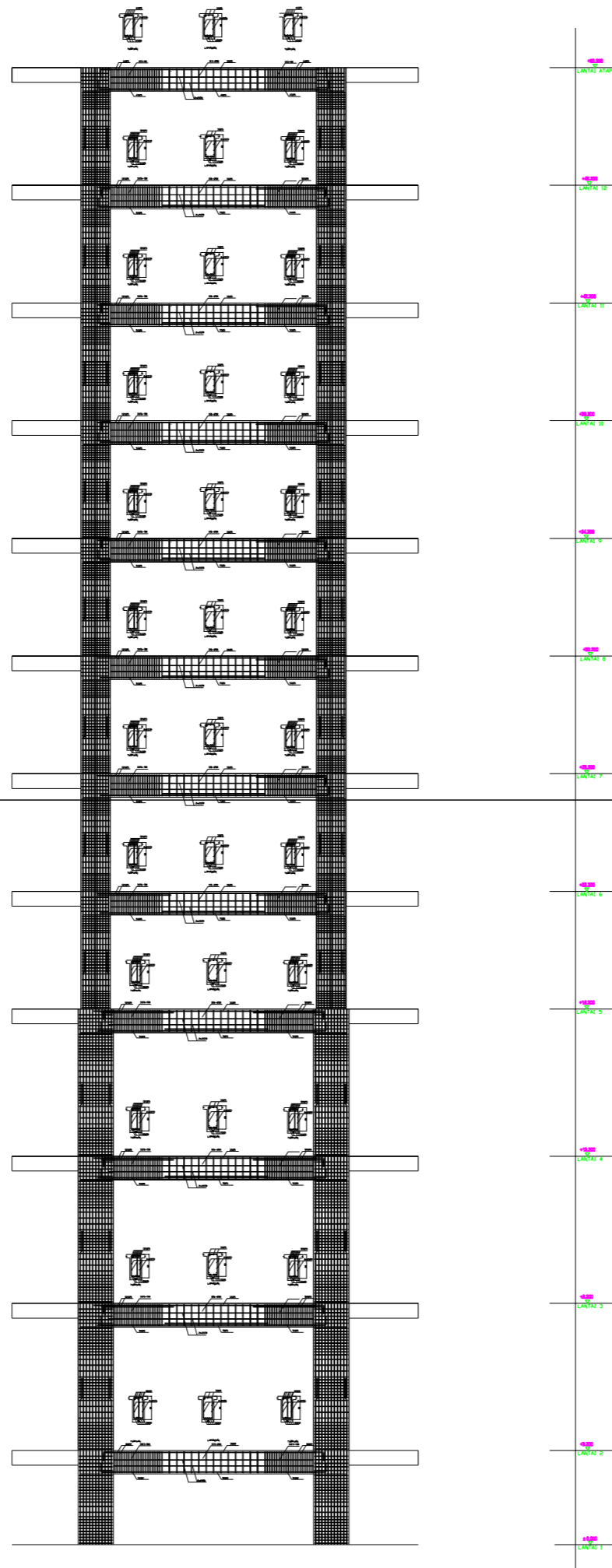
JUMLAH

64



PARSIAL 2

PARSIAL 1



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

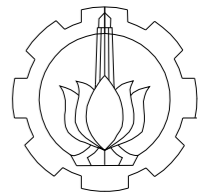
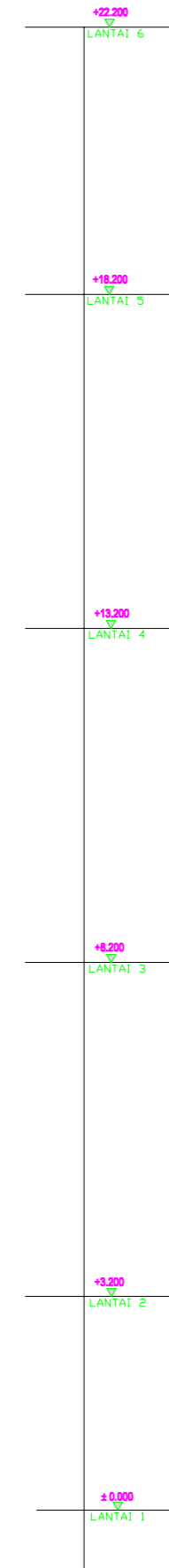
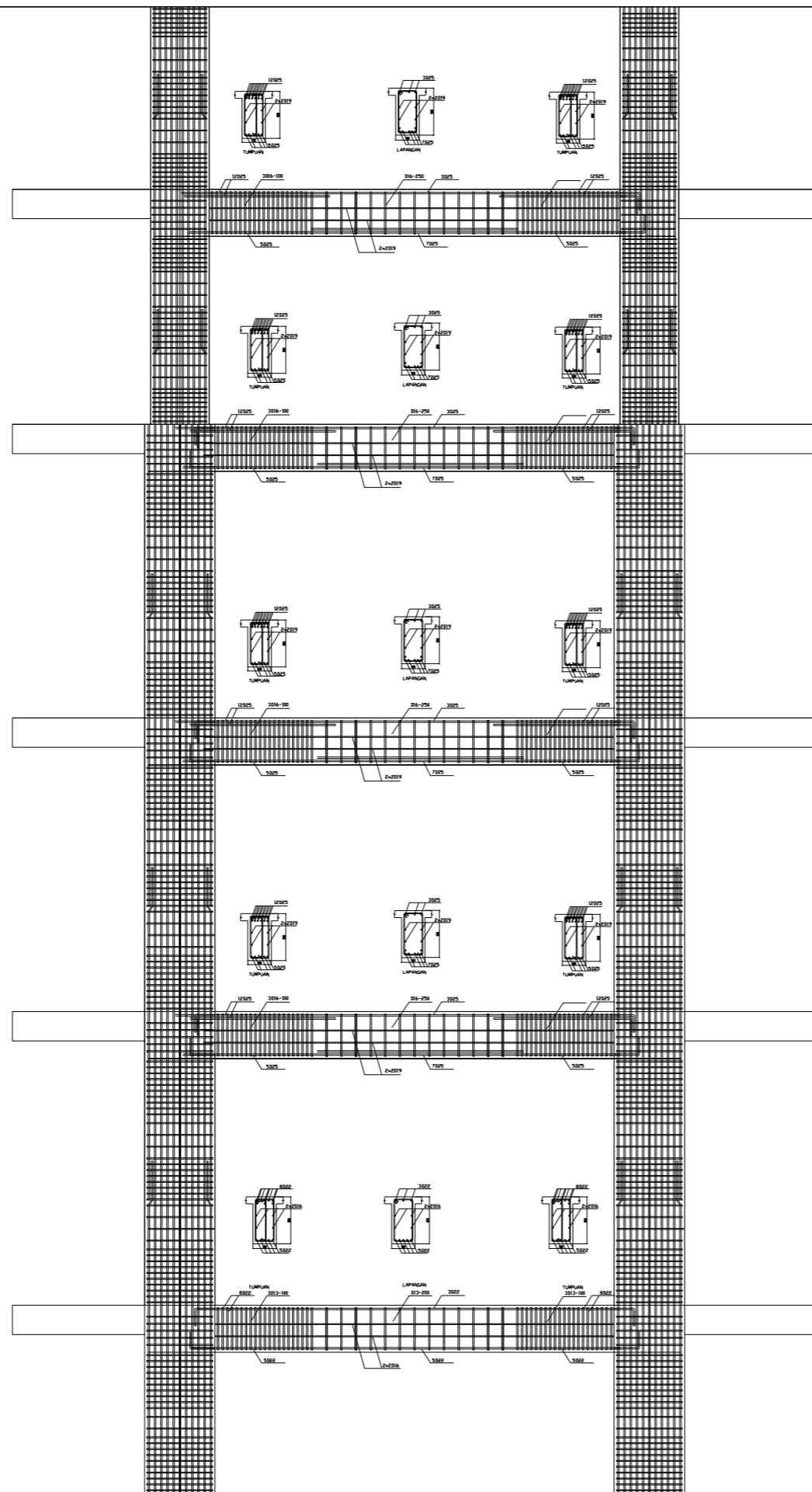
PORTAL MELINTANG

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:200	STR
-------	-----

NOMER	JUMLAH
-------	--------

58	64
----	----



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

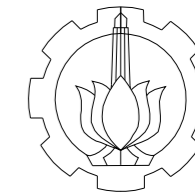
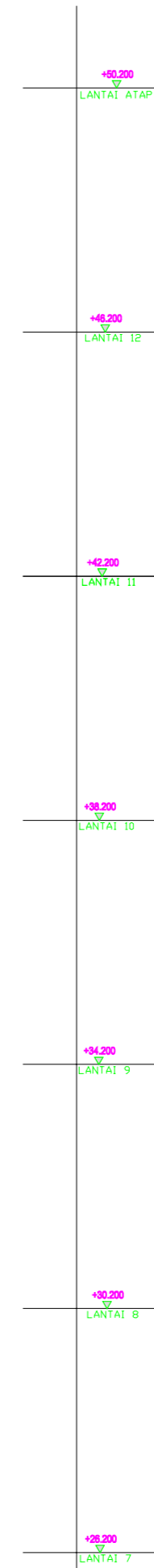
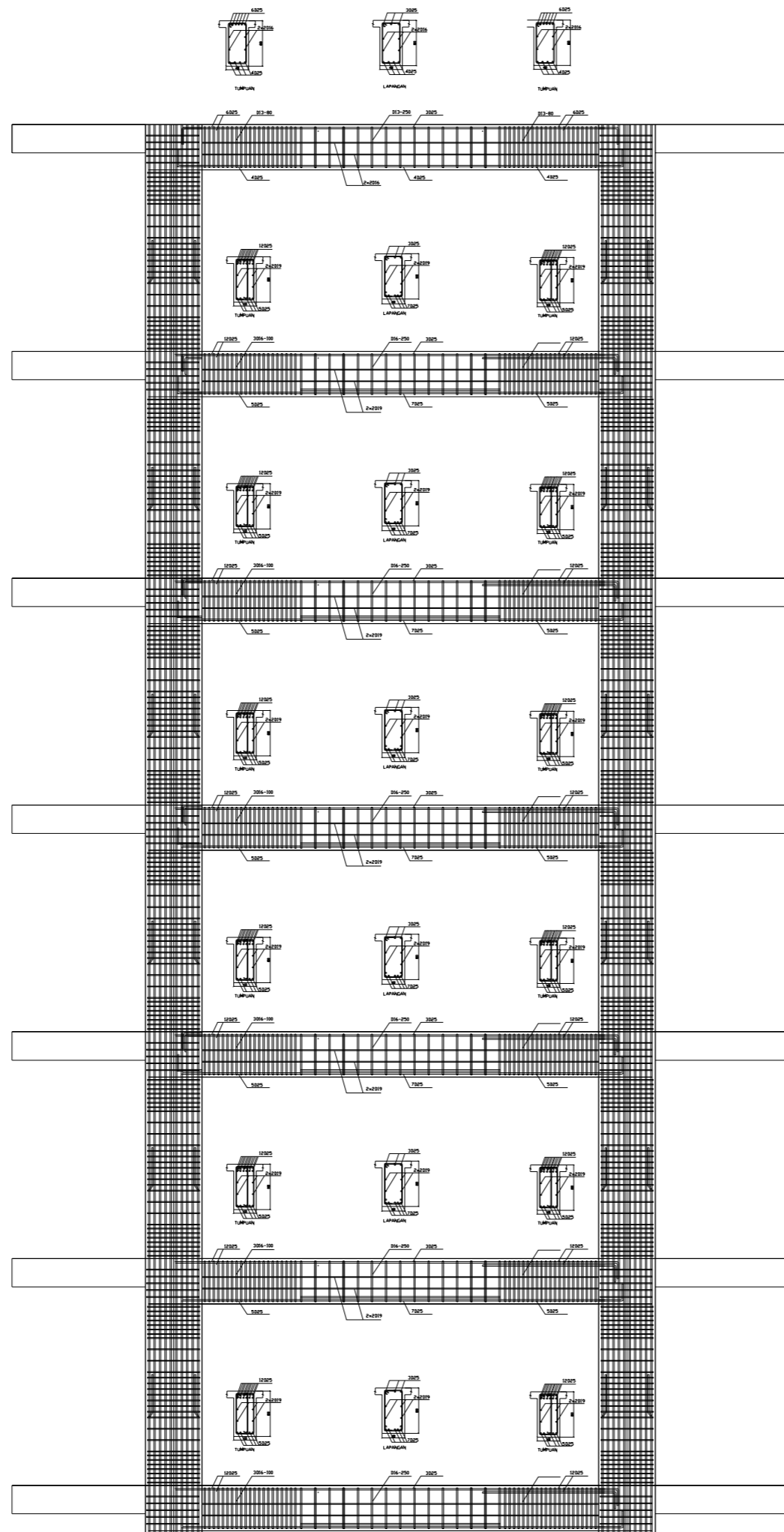
PORTAL MELINTANG
 PARSIAL 1

SKALA KODE GAMBAR

1:100 STR

NOMER JUMLAH

59 64



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

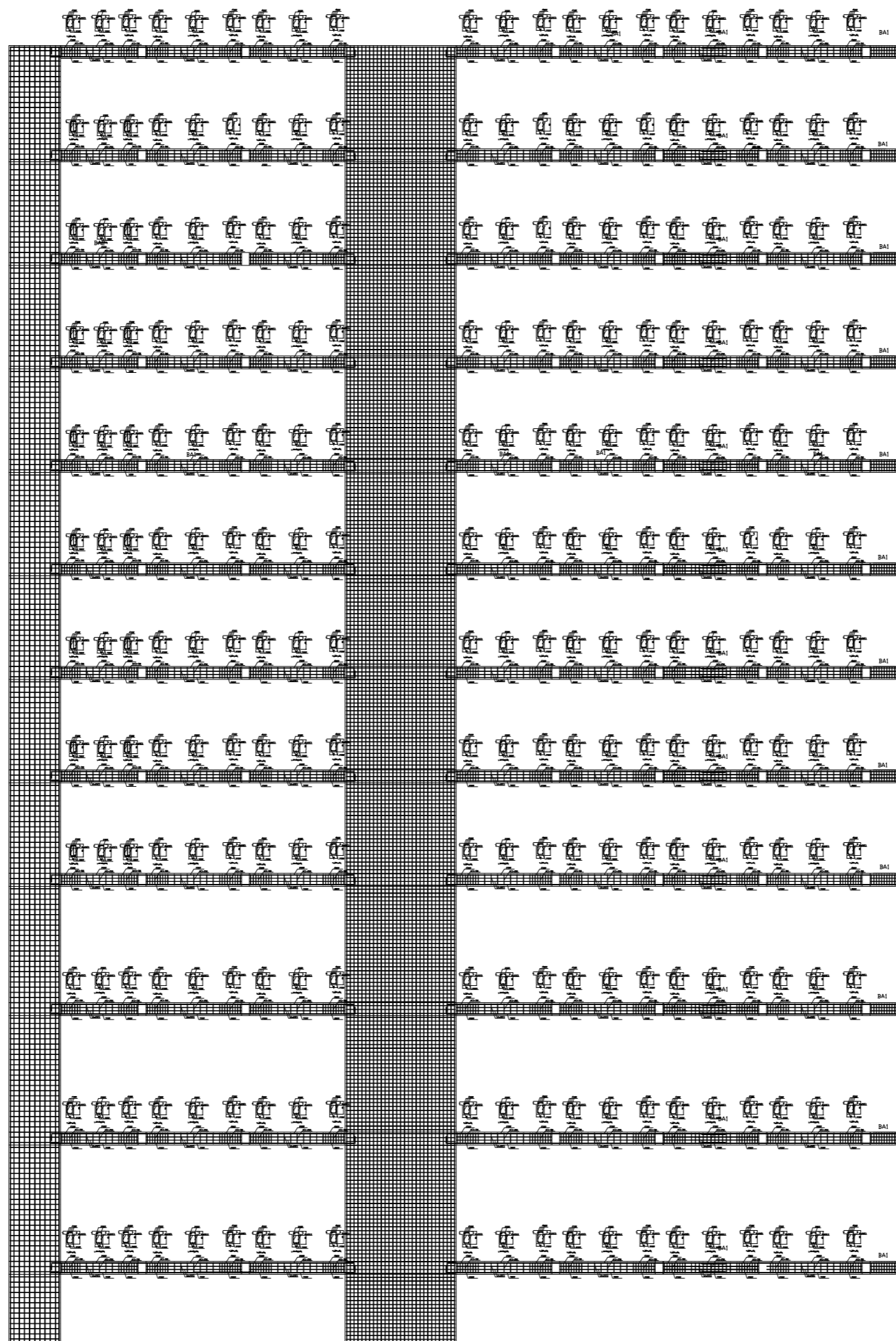
PORTAL MELINTANG
 PARSIAL 2

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:100	STR
-------	-----

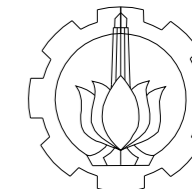
NOMER	JUMLAH
-------	--------

60	64
----	----



PARSIAL 2

PARSIAL 1



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
 HOTEL ALIMAR SURABAYA
 DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

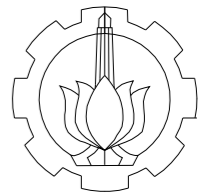
IKA KURNIA SARI
 3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PORTAL AS A2

SKALA	KODE GAMBAR
1:200	STR
NOMER	JUMLAH
61	64



D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PORTAL AS A2

PARSIAL 2

SKALA

1:150

NOMER

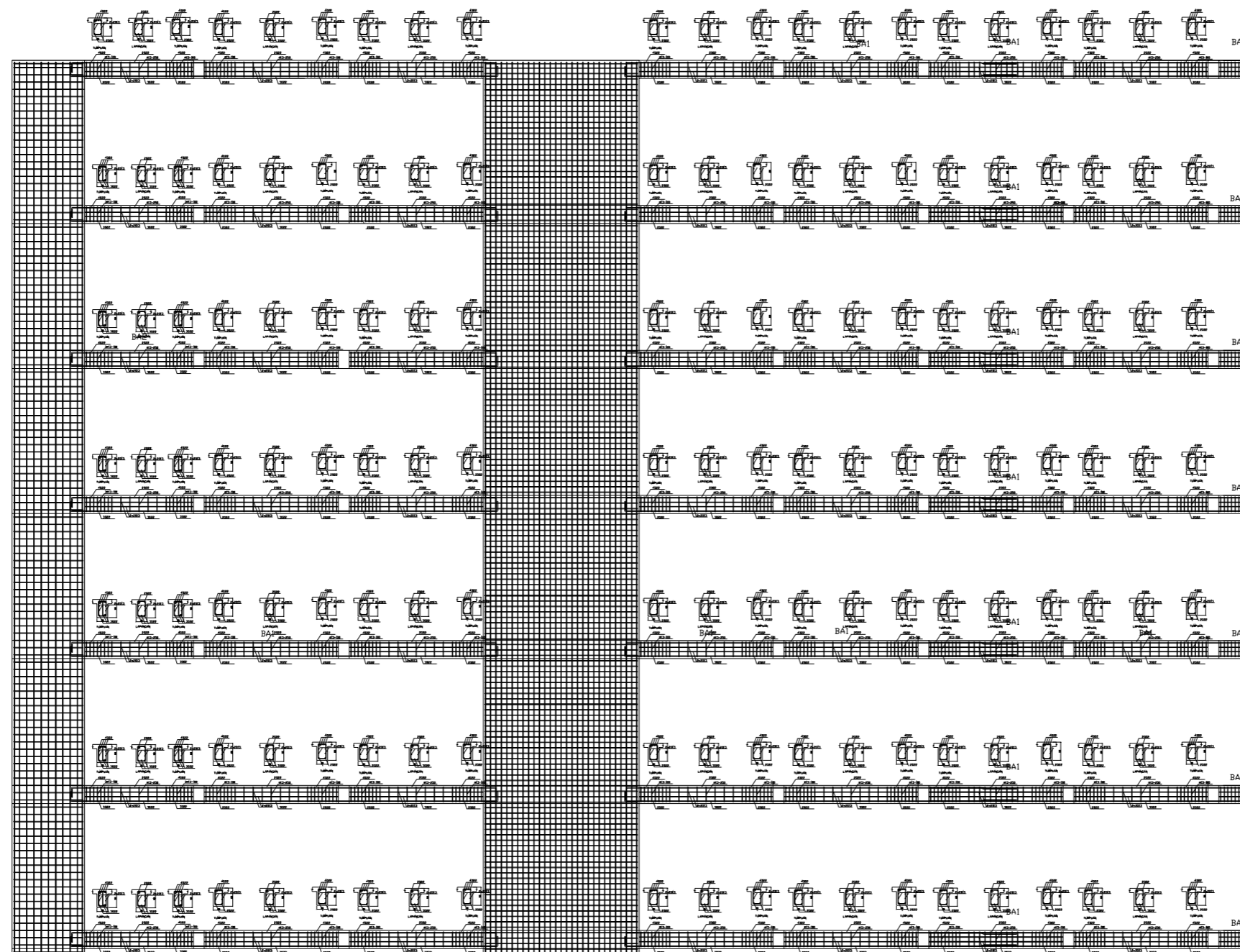
62

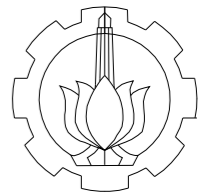
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PORTAL AS A2

PARSIAL 2

SKALA

1:150

NOMER

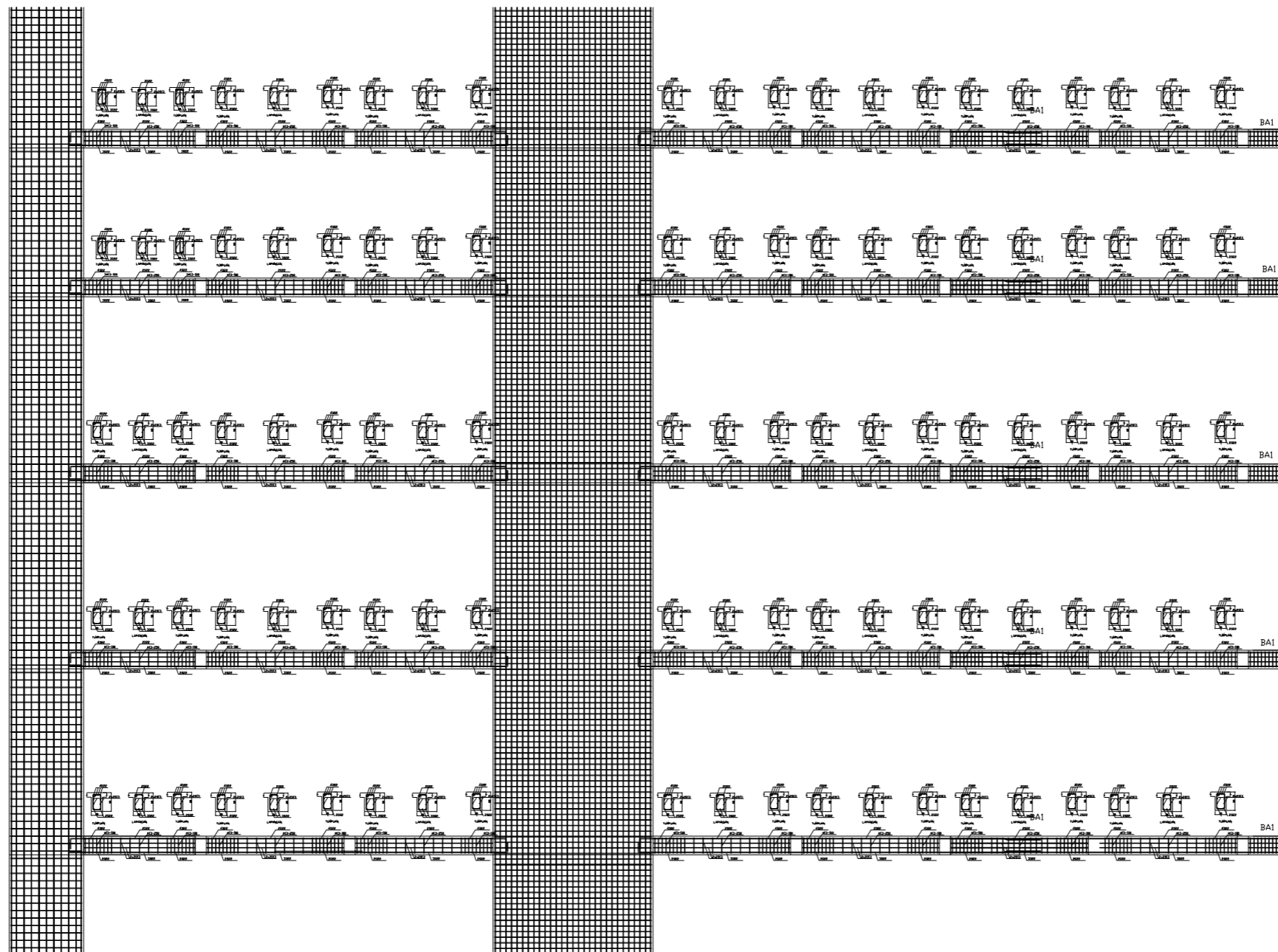
63

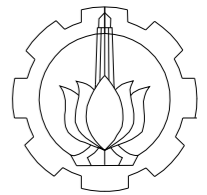
KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64





D4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR
HOTEL ALIMAR SURABAYA
DENGAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

NUR ACHMAD HUSIN, ST. MT.

MAHASISWA

IKA KURNIA SARI
3113041017

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DETAIL HUBUNGAN
BALOK-SHEARWALL

SKALA

1:25

NOMER

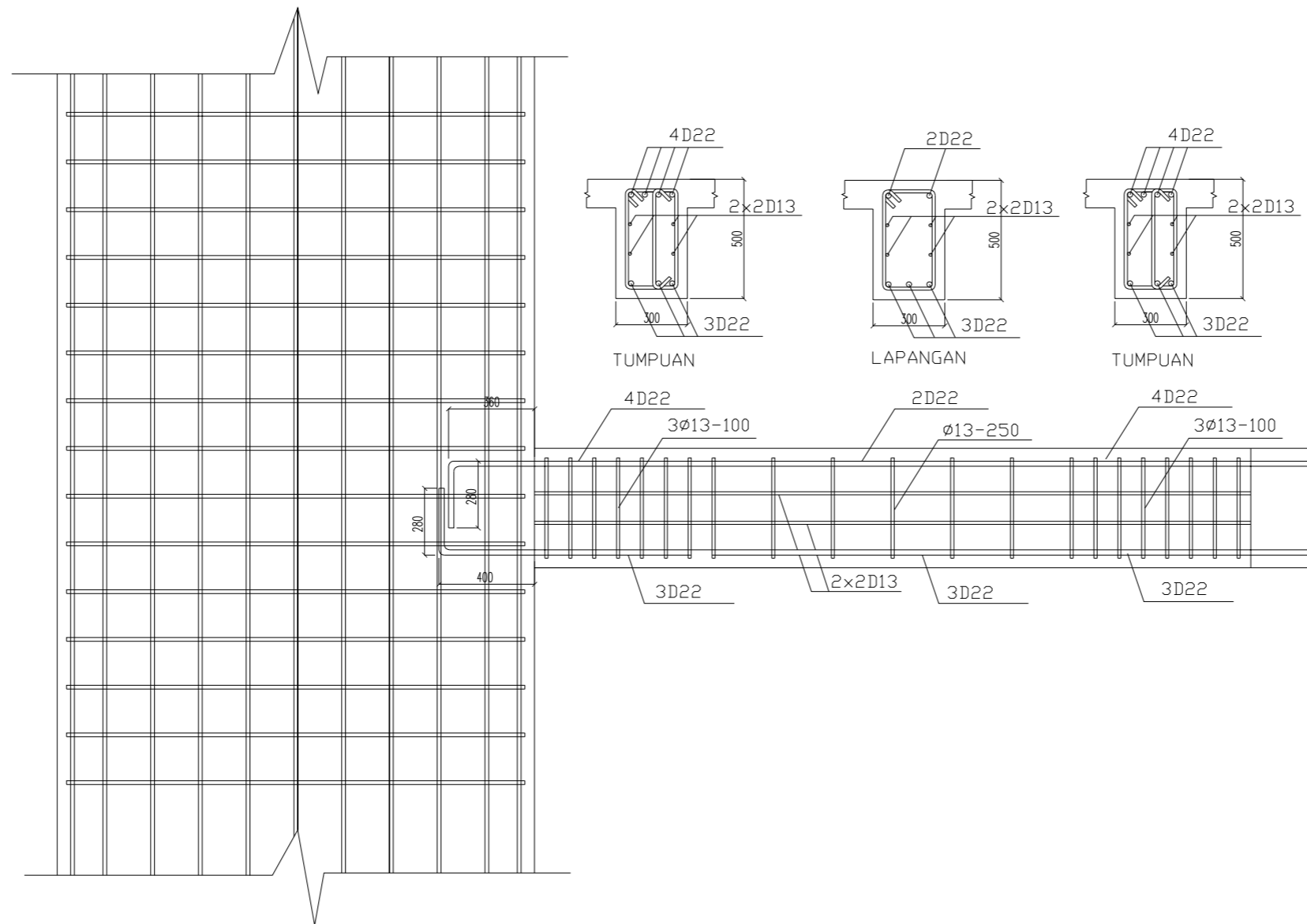
64

KODE GAMBAR

STR

JUMLAH

64



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 2 Oktober 1995, merupakan pertama dari satu bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Alizah Surabaya, SDN Tembok Dukuh I Surabaya, SMPN 3 Surabaya dan SMAN 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN tahun 2013, Penulis mengikuti ujian masuk DIV Reguler ITS dan diterima di departemen Teknik Infrastruktur Sipil tahun 2013 sehingga terdaftar dengan NRP 3113041017.

Penulis mengambil Bidang Bangunan Gedung di Program Studi DIV Teknik Sipil ITS. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh jurusan ataupun Institut, Lembaga Eksekutif Diploma Teknik Sipil (HMDS) periode 2014-2016. Penulis pernah mendapat juara 1 Lomba Karya Tulis Ilmiah di Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang pada tahun 2016 dan juara 3 Lomba Rancang Kuda-Kuda di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2016.