



PROYEK AKHIR - VC191845

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG
DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION*
*LEAD RUBBER BEARING (LRB)***

**MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048**

**Dosen Pembimbing 1
Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003**

**Dosen Pembimbing 2
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T., M.T.
NIP. 19780201 200604 2 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021**



PROYEK AKHIR - VC191845

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG
DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION*
*LEAD RUBBER BEARING (LRB)***

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

Dosen Pembimbing 1
Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

Dosen Pembimbing 2
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T., M.T.
NIP. 19780201 200604 2 002

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021



FINAL PROJECT - VC191845

**STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION
METHOD OF HOTEL BUILDING IN MALANG
USING BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING (LRB)**

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

Dosen Pembimbing 1
Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

Dosen Pembimbing 2
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T., M.T.
NIP. 19780201 200604 2 002

APPLIED UNDERGRADUATE PROFRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2021

LEMBAR PENGESAHAN

“DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG MENGGUNAKAN BASE ISOLATION LEAD RUBBER BEARING (LRB)”

PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
Pada
Program Studi D4 Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 17 Agustus 2021

Disusun Oleh :

Mahasiswa



MUHAMMAD KHILMI AZIZ

NRP. 10111710013048

Disetujui oleh Pembimbing Proyek Akhir :

1. Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.T.(Pembimbing 1)
Ph.D., IPM., ASEAN Eng.
2. Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.(Pembimbing 2)



SURABAYA
AGUSTUS 2021

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BASE *ISOLATION LEAD RUBBER BEARING (LRB)*

Nama Mahasiswa : Muhammad Khilmi Aziz

NRP : 10111710013048

Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS

Dosen Pembimbing 1: Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.,
IPM., ASEAN Eng.

NIP. : 19630726 198903 1 003

Dosen Pembimbing 2: Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP. : 19780201 200604 2 002

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan resiko gempa yang cukup tinggi, baik itu gempa vulkanik maupun gempa tektonik karena terletak pada tiga lempeng tektonik yang aktif yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik. Maka dari itu, bangunan gedung di Indonesia harus direncanakan untuk tahan terhadap gempa. Seperti halnya perencanaan Gedung Hotel di Malang, gedung ini memiliki 16 lantai yang akan dirancang menggunakan metode *base isolation Lead Rubber Bearing* dengan *Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui respon bangunan terhadap beban gempa yang lebih besar. Penggunaan LRB dapat mereduksi beban gempa pada bangunan, sehingga cocok digunakan pada bangunan yang berada di daerah rawan gempa. Jenis sistem isolasi ini memiliki kapasitas redaman yang tinggi, fleksibel pada arah horizontal, serta memiliki kapasitas kekakuan yang tinggi pada arah vertikal.

Perencanaan dimulai dengan pengumpulan data eksisting dan membuat dua permodelan sesuai dengan dimensi eksisting. Permodelan yang pertama yaitu struktur SRPMB yang dianalisa dengan pembebanan gempa respon spektrum. Permodelan yang kedua yaitu struktur dengan Base Isolation yang dianalisa dengan pembebanan gempa respon spektrum komposit. Dikarenakan tujuan dari proyek akhir ini untuk mengetahui pengaruh LRB terhadap beban gempa yang tinggi (SRPMB nilai R=3), maka pada kedua permodelan dilakukan perbandingan output

gaya dalam untuk mengetahui reduksi yang terjadi. Tahap selanjutnya melakukan perhitungan struktur atas dan struktur bawah yang akan dijelaskan pada penggambaran teknik.

Proyek akhir ini mendapatkan hasil bahwa dengan penggunaan *Lead Rubber Bearing* (LRB) dapat mereduksi gaya geser dasar bangunan arah X sebesar 49,73% dan arah Y sebesar 47,53%. Berdasarkan hasil analisa rasio gaya dalam, terdapat reduksi gaya aksial sebesar 29,05%, gaya geser sebesar 18,72%, gaya momen sebesar 14,61%, dan torsi sebesar 8,06% pada elemen struktur utama. Dan total kebutuhan biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan *base isolator Lead Rubber Bearing* yaitu sebesar Rp 3,275,036,000.

Kata kunci : Gempa Bumi, Base Isolation, Lead Rubber Bearing

***STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION METHOD OF
HOTEL BUILDING IN MALANG USING BASE ISOLATION LEAD
RUBBER BEARING (LRB)***

Name	:	Muhammad Khilmi Aziz
NRP	:	10111710013048
Department	:	Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisor 1	:	Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng.
NIP.	:	19630726 198903 1 003
Supervisor 2	:	Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP.	:	19780201 200604 2 002

ABSTRACT

Indonesia is a country with a fairly high earthquake risk, both volcanic earthquakes and tectonic earthquakes because it is located on three active tectonic plates, namely the Indo-Australian, Eurasian and Pacific plates. Therefore, buildings in Indonesia are required to withstand earthquakes. Similar to the planning of the Hotel Building in Malang, this building has 16 floors which will be designed using the Lead Rubber Bearing base isolation method with the Ordinary Moment Resistant Frame System (SRPMB). It aims to determine the response of the building to a larger earthquake load. The use of LRB can reduce earthquake loads on buildings, making it suitable for use in buildings located in earthquake-prone areas. This type of insulation system has a high damping capacity, is flexible in the horizontal direction, and has a high rigidity capacity in the vertical direction.

Planning begins with collecting existing data and making two models according to the existing dimensions. The first model is the SRPMB structure which is analyzed by loading the earthquake response spectrum. The second model is a structure with a Base Isolation which is analyzed by earthquake loading with a composite response spectrum. Due to the purpose of this final project to determine the effect of LRB on high earthquake loads (SRPMB value R = 3), then in both models a comparison of internal force output was carried out to determine the

reduction that occurred. The next stage is to calculate the upper structure and lower structure which will be explained in the engineering drawing.

This final project results that the use of Lead Rubber Bearing (LRB) can reduce the basic shear force of the building in the X direction by 49,73% and in the Y direction by 47,53%. Based on the results of the internal force ratio analysis, there is a reduction in the axial force of 29,05%, the shear force of 18,72%, the moment force of 14,61%, and the torsion of 8,06% on the main structural elements. And the total cost required for the installation of the Lead Rubber Bearing base insulator is Rp. 3,275,036,000.

Keywords : Earthquake, Base Isolation, Lead Rubber Bearing

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan kemudahan-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal proyek akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya

Kami menyadari sepenuhnya bahwa Proyek Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
2. Bapak Moh. Khoiri, S.T, M.T, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
3. Bapak Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D., dan Ibu Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Proyek Akhir.
4. Bapak dan ibu dosen Teknik Infrastruktur Sipil yang selama ini memberikan ilmunya, membimbing dan membantu mahasiswa selama proses perkuliahan
5. Teman-teman kuliah Teknik Infrastruktur Sipil yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam terlaksananya penyusunan Proyek Akhir

6. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu sehingga kami dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.

Kami menyadari dalam penyusunan Proyek Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan kami. Untuk itu, kami mengaharapkan saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan laporan ini. Kami berharap semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Sidoarjo, Juli 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
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.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Konsep Base Isolation	6
2.3 Jenis – Jenis <i>Base Isolator Rubber Bearing</i>	7
2.4 Karakteristik <i>Base Isolation LRB</i>	8
2.5 Teori Isolasi Dasar.....	10
2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen	26
2.7 Perencanaan Pembebatan.....	27
2.8 Kombinasi Pembebatan	38
2.9 Analisa Struktur.....	38
2.10 Perhitungan Struktur Bangunan Atas	42
2.11 Perhitungan Struktur Bangunan Bawah	54
BAB III METODOLOGI.....	61
3.1 Bagan Alir Penyelesaian Proyek Akhir	61

3.2	Pengumpulan Data	63
3.3	Input Pembebanan.....	64
3.4	Permodelan Struktur Fixed Based	64
3.5	Permodelan Struktur dengan <i>Base Isolation</i>	65
3.6	Kontrol Struktur Bangunan	67
3.7	Output Gaya Dalam.....	67
3.8	Perhitungan Struktur	67
3.9	Penggambaran Teknik.....	72
3.10	Metode Pelaksanaan Pemasangan LRB	73
3.11	Rencana Anggaran Biaya.....	73
BAB IV	ANALISA PEMBEBANAN	75
4.1	Beban Mati	75
4.2	Beban Hidup.....	78
4.3	Beban Angin.....	78
4.4	Beban Hujan.....	82
4.5	Beban Gempa	83
4.6	Kombinasi Pembebanan	89
BAB V	PRELIMINARY STRUKTUR BASE ISOLATION.....	91
5.1	Perhitungan Dimensi Lead Rubber Bearing.....	91
5.2	Perhitungan Respon Spektrum Komposit	99
5.3	Permodelan Lead Rubber Bearing	101
BAB VI	ANALISA STRUKTUR	105
6.1	Analisa Tahap 1 (Dual sistem SRPMK+Shearwall).....	105
6.2	Analisa Tahap 2 (SRPMB).....	114
6.3	Analisa Tahap 3 (SRPMB dengan LRB).....	124
BAB VII	PERENCANAAN STRUKTUR ATAS.....	133

7.1	Perhitungan Struktur Pelat Lantai.....	133
7.2	Perhitungan Struktur Balok	157
7.3	Perhitungan Struktur Kolom.....	172
BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH.....		179
8.1	Retaining Wall.....	179
8.2	Pelat Basement	183
8.3	Sloof	186
8.4	Pondasi	191
8.5	Perencanaan Tangga Basement	209
BAB IX ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR FIXED BASED DENGAN STRUKTUR BASE ISOLATION		211
9.1	Rekapitulasi Gaya Dalam Elemen Struktur	211
9.2	Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Struktur.....	214
BAB X METODE PELAKSANAAN DAN PEMELIHARAAN LEAD RUBBER BEARING		221
10.1	Metode Pelaksanaan Pemasangan LRB	221
10.2	Metode Pemeliharaan LRB	230
10.3	Rencana Anggaran Biaya	232
BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN		235
11.1	Kesimpulan	235
11.2	Saran.....	235
DAFTAR PUSTAKA		237
BIODATA PENULIS		239
LAMPIRAN.....		241

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Konvensional dan Bangunan dengan Base Isolation (Efiloglu, 2013)	6
Gambar 2-2. Lead Rubber Bearing (LRB) (Bridgestone, 2017).....	8
Gambar 2-3. High Damping Rubber Bearing (HDRB) (Bridgestone, 2017)	8
Gambar 2-4. Kurva bilinier hysteresis loop, parameter dasar yang menentukan mekanisme LRB (Naeim & Kelly, 1999)	9
Gambar 2-5. Parameter gerak tanah (Ss) wilayah Indonesia untuk periode 0,2 detik (SNI 1726 2019).....	33
Gambar 2-6. Parameter gerak tanah (Ss) wilayah Indonesia untuk periode 0,2 detik (SNI 1726 2019).....	33
Gambar 2-7. Spektrum respons desain (SNI 1726 2019)	38
Gambar 2-8. Penentuan simpangan antar tingkat	40
Gambar 2-9. Ilustrasi Perhitungan Lentur Balok	44
Gambar 2-10. Proyeksi Momen Pada Kolom (SNI 2847 2019)	52
Gambar 2-11. Reaksi Pada Kolom (SNI 2847 2019)	52
Gambar 2-12. Bentang Bersih Kolom (SNI 2847 2019)	53
Gambar 2-13. Skema tekanan tanah pada retaining wall.....	54
Gambar 2-14. Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang (Nakazawa, 2000)	56
Gambar 2-15. Penentuan Panjang Ekivalen (Nakazawa, 2000)	56
Gambar 2-16. Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang (Nakazawa, 2000)	57
Gambar 2-17. Efisiensi Kelompok Tiang	57
Gambar 3-1. Bagan Alir Penggerjaan Proyek Akhir	62
Gambar 3-2. Permodelan Struktur Fixed Based	65
Gambar 3-3. Permodelan Struktur dengan Base Isolation	66
Gambar 3-4. Prosedur Perhitungan Tulangan Pelat.....	68
Gambar 3-5. Prosedur Perhitungan Tulangan Balok	69
Gambar 3-6. Prosedur Perhitungan Tulangan Kolom	71
Gambar 3-7. Prosedur Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	72
Gambar 4-1. Denah dan Potongan Hoistway Elevator	76
Gambar 4-2. Pembebatan pada Balok Lift.....	77
Gambar 4-3. Ilustrasi beban angin yang bekerja	81

Gambar 4-4. Besaran percepatan gempa dalam periode 0,2 detik	85
Gambar 4-5. Besaran percepatan gempa dalam periode 1 detik	85
Gambar 4-6. Respon Spektrum Desain	88
Gambar 5-1. Layout Denah Rencana Pemasangan LRB.....	91
Gambar 5-2. Brosur Bridgestone	93
Gambar 5-3. Respon Spektrum Komposit	100
Gambar 5-4. Permodelan Base Isolator.....	101
Gambar 5-5. Input Spesifikasi LRB	102
Gambar 5-6. Input Directional Properties U1 LRB.....	103
Gambar 5-7. Input Directional Properties U2 dan U3 LRB	104
Gambar 5-8. Joint link dengan base isolator	104
Gambar 6-1. Input Faktor Skala Baru pada Gempa X	109
Gambar 6-2. Input Faktor Skala Baru pada Gempa Y	110
Gambar 6-3. Grafik simpangan arah X dan Y.....	114
Gambar 6-4. Input Faktor Skala Baru pada Gempa X	119
Gambar 6-5. Input Faktor Skala Baru pada Gempa X	120
Gambar 6-6. Grafik simpangan arah X dan Y.....	123
Gambar 6-7. Grafik perbandingan simpangan arah X dan Y bangunan fixed based SRPMB dengan base isolation	131
Gambar 7-1. Pelat Lantai Ruang Pertemuan	133
Gambar 7-2. Pelat Lantai Ruang Kamar Hotel	139
Gambar 7-3. Pelat Atap.....	144
Gambar 7-4. Denah dan detail tangga	150
Gambar 7-5. Diagram momen pelat tangga	151
Gambar 7-6. Dimensi pelat bordes.....	154
Gambar 7-7. Diagram momen pelat bordes	154
Gambar 7-8. Balok B1 yang ditinjau.....	157
Gambar 7-9. Ouput gaya momen dan geser area tumpuan.....	158
Gambar 7-10. Ouput gaya momen dan geser area lapangan	158
Gambar 7-11. Ouput gaya torsi	158
Gambar 7-12. Kolom K1 yang ditinjau pada As A-5.....	172
Gambar 7-13. Gaya dalam kolom pada ETABS	173
Gambar 7-14. Input material dan penulangan kolom pada pcaColumn	174
Gambar 7-15. Hasil perhitungan dengan pcaColumn	175
Gambar 8-1. Skema tekanan tanah pada retaining wall	179

Gambar 8-2. Posisi retaining wall pada gedung	179
Gambar 8-3. Sloof S1 yang ditinjau	186
Gambar 8-4. Output gaya dalam sloof pada ETABS.....	187
Gambar 8-5. Input material dan penulangan sloof pada pcaColumn.	188
Gambar 8-6. Hasil perhitungan dengan pcaColumn.....	188
Gambar 8-7. Penentuan N	193
Gambar 8-8. Menentukan nilai qd/N	194
Gambar 8-9. Perencanaan dimensi pile cap.....	199
Gambar 8-10. Skema geser satu arah (Arah X)	203
Gambar 8-11. Skema geser satu arah (Arah X)	204
Gambar 8-12. Skema penulangan pilecap (Arah X).....	206
Gambar 8-13. Skema penulangan pilecap (Arah Y).....	207
Gambar 8-14. Tangga Portable Untuk Transportasi Menuju Basement	209
Gambar 10-1. Diagram Alir Metode Pemasangan LRB	221
Gambar 10-2. Tulangan Kolom Pendestal Bawah.....	222
Gambar 10-3. Diagram Alir Pemasangan Base Plate	222
Gambar 10-4. Pemotongan Besi Dudukan Base Plate.....	223
Gambar 10-5. Pemasangan Base Plate	223
Gambar 10-6. Diagram Alir Pengecoran Kolom Pedestal.....	224
Gambar 10-7. Pemasangan Bekisiting Kolom Pendestal Bawah	224
Gambar 10-8. Pengecoran Kolom Pedestal Bawah	225
Gambar 10-9. Grouting Base Plate	225
Gambar 10-10. Diagram Alir Pemasangan Rubber Bearing dan Top Plate	226
Gambar 10-11. Mobilisasi LRB	227
Gambar 10-12. Pemasangan Rubber Bearing.....	227
Gambar 10-13. Pemasangan Baut Bawah	227
Gambar 10-14. Pemasangan Top Plate.....	228
Gambar 10-15. Pengencangan baut dengan kunci momen	228
Gambar 10-16. Diagram Alir Pekerjaan Kolom Pendestal Atas	229
Gambar 10-17. Inspeksi Pemeliharaan LRB	230
Gambar 10-18. Pengecekan Karat dan Baut.....	230
Gambar 10-19. Pengecekan Perpindahan Horizontal	231
Gambar 10-20. Pengecekan Perpindahan Vertikal	231
Gambar 10-21. Cover LRB	231

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Faktor Redaman, B_M (SNI 1726 2019)	15
Tabel 2-2. Prosedur Analisis yang Diizinkan (SNI 1726 2019)	17
Tabel 2-3. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 1726 2019)	29
Tabel 2-4. Faktor keutamaan gempa (SNI 1726 2019)	32
Tabel 2-5. Klasifikasi Situs (SNI 1726 2019)	33
Tabel 2-6. Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 2019).....	35
Tabel 2-7. Koefisien Situs, F_v (SNI 1726 2019).....	35
Tabel 2-8. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726 2019)	36
Tabel 2-9. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726 2019)	36
Tabel 2-10. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	39
Tabel 2-11. Nilai parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, S_{D1} (SNI 1726 2019)	40
Tabel 2-12. Luas Minimum Tulangan (SNI 2847 2019)	43
Tabel 2-13. Lendutan Izin Maksimum (SNI 2847 2019)	43
Tabel 2-14. Tinggi Minimum Balok (SNI 2847 2019).....	43
Tabel 2-15. Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik (SNI 2847 2019)	47
Tabel 2-16. Faktor modifikasi batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik	48
Tabel 2-17. Faktor modifikasi batang ulir dan kawat dalam kondisi tekan (SNI 2847 2019).....	49
Tabel 2-18. – Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang dengan kait dalam kondisi Tarik (SNI 2847 2019)	50
Tabel 4-1. Spesifikasi Lift Merk Hyundai.....	76
Tabel 4-2. Klasifikasi Ketertutupan.....	79
Tabel 4-3. Koefisien Tekan Dinding	80
Tabel 4-4. Rekapitulasi beban angin setiap lantai	81
Tabel 4-5. Perhitungan N-SPT	83
Tabel 4-6. Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 2019).....	86
Tabel 4-7. Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 2019).....	86
Tabel 4-8. Perhitungan Respon Spektrum Desain	88

Tabel 5-1. Perencanaan LRB Tiap Kolom	91
Tabel 5-2. Spesifikasi LRB Bridgestone.....	92
Tabel 5-3. Perpindahan maksimum Base Isolation (ETABS).....	95
Tabel 5-4. Perpindahan maksimum Base Isolation (ETABS).....	96
Tabel 5-5. Perhitungan Respon Spektrum Komposit	100
Tabel 6-1. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	105
Tabel 6-2. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	106
Tabel 6-3. Periode Fundamental Bangunan pada ETABS	106
Tabel 6-4. Rasio Partisipasi Massa pada ETABS	107
Tabel 6-5. Berat Struktur pada ETABS	108
Tabel 6-6. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS	109
Tabel 6-7. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS	110
Tabel 6-8. Simpangan ijin antar lantai (Δ ijin).....	111
Tabel 6-9. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X	112
Tabel 6-10. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	113
Tabel 6-11. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	115
Tabel 6-12. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	115
Tabel 6-13. Periode Fundamental Bangunan pada ETABS	116
Tabel 6-14. Rasio Partisipasi Massa pada ETABS	116
Tabel 6-15. Berat Struktur pada ETABS	118
Tabel 6-16. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS	118
Tabel 6-17. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS	120
Tabel 6-18. Simpangan ijin antar lantai (Δ ijin).....	121
Tabel 6-19. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X	122
Tabel 6-20. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	122
Tabel 6-21. Base Reactions Struktur dengan LRB.....	124
Tabel 6-22. Kontrol gaya gempa lateral struktur di bawah tingkat dasar	125
Tabel 6-23. Kontrol gaya gempa lateral struktur di atas tingkat dasar	126
Tabel 6-24. Periode fundamental struktur.....	127
Tabel 6-25. Rasio Partisipasi Massa pada ETABS	128
Tabel 6-26. Simpangan antar lantai arah X bangunan dengan base isolation	129
Tabel 6-27. Simpangan antar lantai arah Y bangunan dengan base isolation	130
Tabel 7-1. Momen pelat ruang pertemuan	134

Tabel 7-2. Momen pelat ruang kamar	139
Tabel 7-3. Momen pelat atap.....	145
Tabel 7-4. Momen pelat tangga pada ETABS.....	151
Tabel 7-5. Momen pelat bordes pada ETABS.....	154
Tabel 7-6. Rekapitulasi Output Gaya Dalam.....	159
Tabel 7-7. Gaya dalam yang terjadi pada kolom.....	173
Tabel 8-1. Ouput momen retaining wall.....	181
Tabel 8-2. Ouput momen pelat basement.....	184
Tabel 8-3. Gaya yang terjadi pada sloof.....	187
Tabel 8-4. Data tanah lokasi yang ditinjau	191
Tabel 8-5. Daya dukung tanah pada setiap kedalaman.....	196
Tabel 8-6. Daya dukung tanah pada setiap kedalaman.....	197
Tabel 8-7. Brosur Tiang Pancang WIKA	198
Tabel 8-8. Jarak pancang terhadap titik berat pile cap	201
Tabel 9-1. Rekapitulasi Gaya Aksial Elemen.....	211
Tabel 9-2. Rekapitulasi Gaya Geser Elemen.....	212
Tabel 9-3. Rekapitulasi Gaya Momen Elemen.....	212
Tabel 9-4. Rekapitulasi Gaya Torsi Elemen.....	213
Tabel 9-5. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Lentur.....	214
Tabel 9-6. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Torsi	214
Tabel 9-7. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser	215
Tabel 9-8. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Balok.....	215
Tabel 9-9. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Utama Kolom Eksisting	216
Tabel 9-10. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Utama Kolom LRB ..	216
Tabel 9-11. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Kolom Eksisting	217
Tabel 9-12. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Kolom LRB ...	218
Tabel 9-13. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Kolom LRB ...	219
Tabel 10-1. Volume Pekerjaan Pemasangan Lead Rubber Bearing ...	232
Tabel 10-2. Rekapitulasi total biaya kebutuhan pemasangan Lead Rubber Bearing	233

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan resiko gempa yang cukup tinggi, baik itu gempa vulkanik maupun gempa tektonik karena terletak pada tiga lempeng tektonik yang aktif yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa, dan Nusatenggara. Sedangkan lempeng Pasifik di utara Irian dan Maluku Utara. Jalur pertemuan lempeng berada di laut sehingga apabila terjadi gempabumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan tsunami sehingga Indonesia juga rawan tsunami.

Menurut Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Malang, selama Desember 2020 telah terjadi 55 kali gempa bumi di Jawa Timur dan sekitarnya. berdasarkan magnitudo gempa bumi yang terbesar tercatat 5,4 Skala Richter (SR) sementara yang terkecil adalah 2,1 SR. Peristiwa ini menjadi bukti bahwa aktivitas lempeng Indo-Australia masih aktif mengingat dinamika tektonik Pulau Jawa didominasi oleh pergerakan lempeng Indo-Australia. Pertumbuhan penduduk dan arus urbanisasi yang terus meningkat juga menyebabkan meningkatnya pula permintaan akan kebutuhan tempat tinggal, oleh karena itu pembangunan fasilitas saat ini banyak dilakukan bukan lagi secara horizontal melainkan secara vertikal. Pembangunan secara vertikal ini befungsi untuk meminimalisir luas lahan yang digunakan. Sedangkan pesatnya pariwisata di Malang, pembangunan tempat penginapan seperti hotel semakin diperlukan. Maka diperlukan teknologi konstruksi yang semakin berkembang. Teknologi konstruksi yang dikembangkan adalah bangunan yang tahan gempa. Hal ini bertujuan agar gedung hotel yang dibangun di Malang memiliki daya tahan yang kuat terhadap gempa.

Pada umumnya kerusakan bangunan akibat gempa secara konvensional dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut. Namun hasil ini sering kali tidak memuaskan karena kerusakan elemen struktural maupun non struktural disebabkan adanya perbedaan simpangan antara tingkat (*interstory drift*). Untuk memperkecil interstory drift dapat digunakan dengan memperkuat bangunan dalam arah lateral. Metode yang lebih baik adalah dengan meredam energi gaya gempa sampai pada tingkat

yang tidak membahayakan bangunan (Teruna, 2005). Metode ini bekerja dengan menambahkan bahan anti seismik (*seismic device*) pada bagian tertentu bangunan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Suatu elemen yang dapat mereduksi atau memperkecil gaya gempa salah satunya adalah dengan menambahkan *base isolator*.

Base isolator merupakan sebuah bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur diatasnya sebagai satu kesatuan. Dengan adanya base isolation maka kekakuan dari bangunan tersebut akan berkurang dan demikian akan menurunkan frekuensi alami bangunan yang nantinya diharapkan tidak berisolasikan dengan frekuensi alami dari gempa.

Ada banyak *base isolation* yang digunakan, salah satunya adalah tipe *Lead Rubber Bearing (LRB)*. Lead Rubber Bearing merupakan bahan anti seismik yang terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi pada bagian tengahnya diberi rongga yang diisi dengan lead (perunggu). Lead (perunggu) yang terletak pada bagian tengah berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya gempa akibat perpindahan. Pada tingkat beban yang tinggi, kekakuan lateral bantalan berkurang secara signifikan. Ini menghasilkan karakteristik efek pergeseran periode dari isolasi dasar. Karena bantalan bersiklus pada perpindahan besar, seperti selama gempa bumi sedang dan besar, deformasi plastis timah menyerap energi sebagai redaman histeretik. Redaman yang dihasilkan oleh histeresis ini adalah biasanya berkisar dari 15% hingga 35% (Kelly, 2001).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam proyek akhir ini, antara lain :

1. Bagaimana merencanakan struktur bangunan gedung Hotel di Malang tahan gempa dengan menggunakan *base isolation* jenis *Lead Rubber Bearing (LRB)*?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *base isolator* jenis *Lead Rubber Bearing (LRB)* pada gedung hotel ditinjau dari aspek gaya geser dasar dan simpangan antar lantai?
3. Bagaimana rasio gaya dalam struktur bangunan yang menggunakan *base isolator* *Lead Rubber Bearing* dengan bangunan *fixed based SRPMB*?
4. Bagaimana metode pelaksanaan dan pemeliharaan *base isolator* *Lead Rubber Bearing (LRB)*?

5. Berapa biaya total yang dibutuhkan untuk pemasangan *base isolator Lead Rubber Bearing (LRB)*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan proyek akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Memodelkan dan merencakan elemen struktur pada Gedung Hotel di Malang dengan menggunakan sistem *base isolation* jenis *Lead Rubber Bearing (LRB)*
2. Mengetahui pengaruh dari penggunaan *base isolation* ditinjau dari aspek gaya geser dasar dan simpangan antar lantai
3. Menganalisis rasio gaya dalam struktur bangunan yang menggunakan *base isolator Lead Rubber Bearing* dengan bangunan *fixed based SRPMB*?
4. Merencanakan metode pelaksanaan dan pemeliharaan *base isolator Lead Rubber Bearing (LRB)*
5. Menghitung biaya total pemasangan *base isolator Lead Rubber Bearing (LRB)*

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penyusunan laporan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Proyek akhir ini tidak meninjau sistem utilitas bangunan (mekanikal, elektrikal, plumbing) dan finishing arsitektural.
2. Perhitungan beban gempa menggunakan respon spektrum
3. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pemasangan *base isolator*.
4. Hanya menghitung analisa rencana anggaran biaya terkait *base isolator*
5. Peraturan yang digunakan dalam proyek akhir ini :
 - a. SNI-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
 - b. SNI-2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
 - c. SNI-1727-2020 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan dan Struktur Lain.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penyusunan Proyek Akhir ini yaitu :

1. Menambah wawasan dan ilmu khususnya kepada penulis mengenai bagaimana perencanaan bangunan menggunakan metode *base isolator* yang memenuhi persyaratan kemanan dan kestabilan struktur.
2. Sebagai bahan pembelajaran dan referensi dalam mengembangkan ilmu khususnya mengenai metode *base isolator* sebagai perencanaan struktur tahan gempa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah dengan resiko gempa yang cukup tinggi karena terletak pada tiga lempeng tektonik yang aktif yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa, dan Nusatenggara. Selain 4 lempeng tektonik yang mengelilingi Indonesia, adapula sesar atau patahan yang terletak di daratan di setiap pulau atau wilayah yang ada di Indonesia akan memperparah kejadian gempa bumi sebagai akibat dari proses tumbukan antar lempeng tersebut. Hal tersebut menyebabkan Negara Indonesia sering mengalami terjadinya peristiwa gempa bumi.

Getaran gempa bumi dapat disebabkan banyak hal antara lain pergeseran lempeng tektonik dan peristiwa vulkanik. Gempa bumi tektonik merupakan getaran yang dihasilkan dari peristiwa pematahan batuan akibat benturan dua lempeng secara perlahan-lahan itu yang akumulasi energi benturan tersebut melampaui kekuatan batuan, maka batuan di bawah permukaan. Kemudian gempa bumi yang diakibatkan oleh aktivitas gunung api. Magma yang berada pada kantong di bawah gunung tersebut mendapat tekanan dan melepaskan energinya secara tiba-tiba sehingga menimbulkan getaran tanah (Mustofa, 2010).

Pada umumnya kerusakan bangunan akibat gempa secara konvensional dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi bangunan gedung untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan pada konstruksi, salah satunya dapat menggunakan sistem penambah kekuatan lateral bangunan dengan menggunakan dinding penahan geser (*shearwall*), namun metode tersebut memiliki kekurangan yaitu dapat memperbesar gaya gempa yang diterima oleh struktur. Metode alternatif lainnya untuk mereduksi gaya gempa yang diterima oleh bangunan tanpa meningkatkan kapasitas elemen struktur yaitu dengan menggunakan sistem *base isolation*.

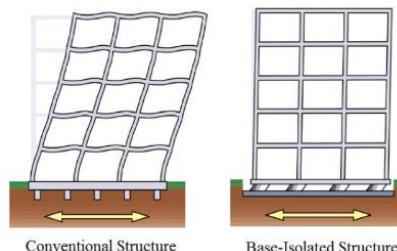
Konsep *base isolation* cukup sederhana. Sistem ini memisahkan bangunan atau struktur dari komponen horizontal gerakan tanah dengan

memasang elemen struktur dengan kekakuan horizontal rendah antara struktur dan fondasi. Hal ini memberikan frekuensi fundamental struktur yang jauh lebih rendah daripada frekuensi dasar tetap dan frekuensi utama gerakan tanah (Naeim & Kelly, 1999).

2.2 Konsep Base Isolation

Base isolation merupakan sistem dengan bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur diatasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku menjadi mudah runtuh. Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki sistem struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur diatasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur (Pratiwi & Teruna, 2013).

Karet yang dilaminasi dengan pelat baja dan disusun secara berlapis-lapis menjadi bahan utama *base isolation*. Dengan memanfaatkan sifat elastik karet, Struktur di atas sistem *base isolation* umumnya direncanakan untuk tetap bersifat elastik ketika gempa kuat terjadi. Sumber disipasi energi gempa pada konsep ini bukan berasal dari kerusakan elemen namun dari disipasi energi yang dihasilkan oleh sistem isolasi dasar yang fleksibel. Perangkat isolasi dasar juga memanfaatkan mekanisme pendisipasian energi yang berbeda dengan bangunan konvensional.



Gambar 2-1. Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Konvensional dan Bangunan dengan Base Isolation (Efiloglu, 2013)

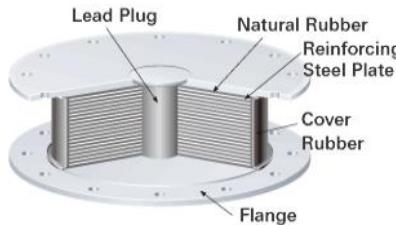
Jenis *base isolation* yang akan digunakan adalah *Lead Rubber Bearing (LRB)*. Bantalan jenis ini memiliki inti metal/logam di tengah yang dilapisi dengan karet alam yang dilaminasi dengan pelat baja. Jenis ini memadukan ketahanan karet dan baja yang dilaminasi bersama dengan kemampuan inti baja dalam menyerap gaya lateral seperti gaya gempa. Keuntungan utama dari LRB adalah bahwa ia menggabungkan fungsi kekakuan pada tingkat beban servis, fleksibilitas pada tingkat beban gempa dan redaman menjadi satu unit kompak. Properti ini menjadikan bantalan karet timbal sebagai jenis isolator yang paling umum digunakan di mana diperlukan tingkat redaman yang tinggi (di zona seismik tinggi).

2.3 Jenis – Jenis Base Isolator Rubber Bearing

Terdapat berbagai macam isolator yang dapat ditemukan, bentuknya seperti bantalan karet yang besar dengan berbagai macam bahan yang harus disesuaikan dengan bangunan yang akan didirikan. Berikut ini merupakan beberapa jenis dari *base isolator rubber bearing*:

2.3.1 Lead Rubber Bearing

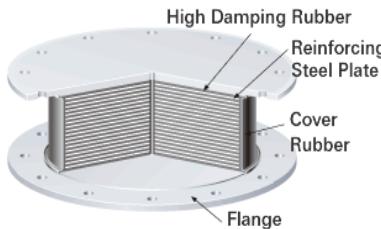
Lead Rubber Bearing merupakan bahan anti seismik yang terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi pada bagian tengahnya diberi rongga yang diisi dengan lead (perunggu). Lapisan karet yang divulkanisir bisa bergerak ke semua arah horizontal dilaminasi diantara lapisan baja yang memiliki kemampuan menahan gaya gempa. Lead (perunggu) yang terletak pada bagian tengah berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya gempa akibat perpindahan. Pada tingkat beban yang tinggi, kekakuan lateral bantalan berkurang secara signifikan. Ini menghasilkan karakteristik efek pergeseran periode dari isolasi dasar. Karena bantalan bersiklus pada perpindahan besar, seperti selama gempa bumi sedang dan besar, deformasi plastis timah menyerap energi sebagai redaman histeretik. Redaman energi yang dihasilkan oleh histeresis ini adalah biasanya berkisar dari 10% hingga 30% (Kelly, 2001).



Gambar 2-2. Lead Rubber Bearing (LRB) (Bridgestone, 2017)

2.3.2 High Damping Rubber Bearing

High-damping Rubber Bearing (HDRB) merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan *extra fine carbon block*, oil atau resin, serta bahan isian lainnya, sistem ini memanfaatkan rekayasa kimia untuk menciptakan karakteristik yang berbeda dari base isolator jenis lain. HDRB menghasilkan redaman energi berkisar antara 10%-20% (Kelly, 2001). Nilai modulus geser yang berubah – ubah terhadap regangan geser yang terjadi membuat histeristis loop yang lebih kecil dibandingkan *Lead Rubber Bearing* (LRB) sehingga energi yang disipasi oleh HDRB ini tidak begitu besar.



Gambar 2-3. High Damping Rubber Bearing (HDRB) (Bridgestone, 2017)

2.4 Karakteristik Base Isolation LRB

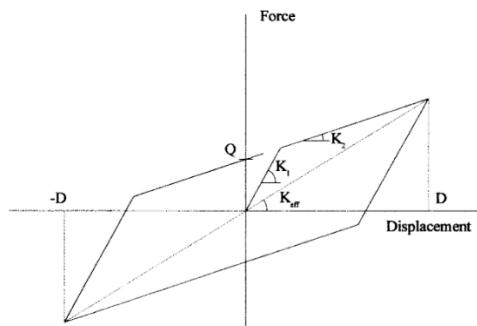
Lead Rubber Bearing adalah *laminated rubber bearing* yang lebih besar terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi ditengahnya diberi rongga yang diisi dengan lead (perunggu). Lapisan karet pada bantalan memberikan fleksibilitas lateral sedangkan lapisan baja memberikan kemampuan untuk menahan beban aksial. Lapisan penutup

karet pada bantalan berfungsi untuk melindungi pelat baja agar tidak korosi. Pelat baja pada bagian atas dan bawah bantalan berfungsi untuk menghubungkan isolator dengan struktur diatas dan dibawahnya (Lestari, 2012). Redaman energi yang dihasilkan oleh histeresis ini adalah biasanya berkisar dari 10% hingga 30% (Kelly, 2001).

Kekakuan lateral gabungan dari lapisan karet dan inti timah menghasilkan kekakuan elastis lateral yang besar di bawah beban servis untuk mengontrol pergerakan struktur. Di bawah pengaruh beban seismik, pelat penguat baja memaksa inti timbal untuk berubah bentuk saat geser. Hasil timbal pada tegangan geser rendah sekitar 1,3 ksi (9,0 MPa). Setelah peluluhan terjadi, kekakuan lateral bantalan berkurang secara signifikan. Lapisan karet kemudian dengan mudah berubah bentuk dalam geser memberikan fleksibilitas lateral untuk memperpanjang periode (Buckle et al., 2006).

Dalam analisis struktur, LRB dapat dimodelkan sebagai model bilinier dengan tiga (3) parameter yang menentukan karakteristik mekanisme dari LRB, yaitu: kekakuan awal (K_1), kekakuan pasca leleh (K_2), dan kekakuan leleh dari inti timah (Q) (Naeim & Kelly, 1999).

K_1 memiliki nilai kekakuan yang cukup besar dan direncanakan untuk beban angin dan gempa. Nilai K_1 sulit diukur dan biasanya diambil secara empiris dari kelipatan K_2 . Pada umumnya nilai K_1 mencapai 6 s/d 10 kali kekakuan K_2 . Nilai K_2 dapat diperkirakan secara akurat dari modulus geser karet dan desain *bearing* (Naeim & Kelly, 1999).



Gambar 2-4. Kurva bilinier hysteresis loop, parameter dasar yang menentukan mekanisme LRB (Naeim & Kelly, 1999)

Rasio antara K_2 dengan K_1 disebut *post yield stiffness ratio* (α') dituliskan dengan persamaan berikut :

$$\alpha' = \frac{K_2}{K_1}$$

Dimana:

α' = *post yield stiffness ratio*

K_2 = kekakuan pasca leleh

K_1 = kekakuan awal *base isolator*

Variasi nilai post yield stiffness rasio mempengaruhi K_1 , K_2 , dan kekakuan efektif (K_{eff}), sehingga respon struktur yang dihasilkan akan bervariasi tergantung dari nilai *post yield stiffness ratio* yang digunakan. K_{eff} dihitung dengan persamaan :

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D}$$

Dimana:

K_{eff} = kekakuan efektif

Q = kekuatan karakteristik

D = perpindahan maksimum yang terjadi pada *base isolator*

2.5 Teori Isolasi Dasar

Berdasarkan SNI 1726 2019, perencanaan struktur dengan sistem *base isolation* harus memperhatikan beberapa aspek yaitu diantaranya faktor keutamaan gempa, sistem isolasi, faktor redundansi, sistem isolasi, sistem struktural, prosedur gaya lateral, prosedur analisis respon spektrum dan lainnya. Berikut persyaratan-persyaratan dan ketentuan yang berlaku dalam perencanaan struktur dengan *base isolation*.

2.5.1 Faktor Keutamaan Gempa

Semua bagian struktur, termasuk struktur di atas sistem *base isolation*, harus didesain dengan kategori risiko sesuai dengan Tabel 2 pada SNI 1726 2019. Faktor keutamaan gempa, Ie harus diambil sebesar 1,0 untuk struktur dengan isolasi seismik, tanpa membedakan kategori risiko yang diterapkan.

2.5.2 Sistem Isolasi

Dalam merencanakan sistem isolasi harus sesuai dengan persyaratan berikut ini:

1. Selain persyaratan – persyaratan untuk beban – beban vertikal dan lateral akibat angin dan gempa, sistem isolasi harus memperhitungkan keadaan lingkungan lainnya, termasuk usia, rangkak, lelah, suhu operasional, dan pengaruh dari kelembaban atau bahan – bahan lain yang merusak.
2. Struktur yang diisolasi harus menahan beban angin rencana di semua tingkat di atas batas pemisahan isolasi. Di batas pemisahan isolasi, suatu sistem pengekang angin harus disediakan untuk membatasi perpindahan lateral sistem isolasi, agar nilainya sama dengan yang disyaratkan antara tingkat-tingkat struktur di atas pemisahan isolasi, seperti yang disyaratkan dalam pasal 12.5.6.
3. Ketahanan sistem isolasi terhadap kebakaran harus dapat memberikan tingkat perlindungan yang sama dengan ketahanan terhadap kebakaran untuk kolom-kolom, dinding-dinding, dan elemen-elemen penahan beban gravitasi lainnya di daerah yang sama pada struktur.
4. Sistem isolasi harus dikonfigurasikan, untuk batas atas dan batas bawah properti sistem isolasi, menghasilkan suatu gaya pemulih sedemikian sehingga gaya lateral pada saat perpindahan maksimum terkait adalah sekurang-kurangnya 0,025W lebih besar dari gaya lateral yang terjadi pada 50 % dari perpindahan maksimum terkait.
5. Sistem isolasi tidak boleh dikonfigurasikan untuk mencakup suatu pengekangan perpindahan yang membatasi perpindahan lateral akibat gempa maksimum yang dipertimbangkan risikotarget (MCER) yang lebih kecil daripada perpindahan maksimum total (DTM), kecuali jika struktur dengan isolasi seismik direncanakan sesuai dengan seluruh kriteria berikut ini:
 - a. Respons MCER dihitung menurut persyaratan analisis dinamik dalam pasal 12.6, secara khusus mempertimbangkan karakteristik-karakteristik nonlinier dari sistem isolasi dan struktur di atas sistem isolasi;
 - b. Kapasitas ultimit sistem isolasi dan elemen-elemen struktural yang berada di bawah sistem isolasi harus melampaui kebutuhan kekuatan dan perpindahan dari respons MCER;
 - c. Struktur di atas sistem isolasi ditinjau stabilitas dan kebutuhan daktilitas dari respons MCER;

- d. Pengekangan perpindahan menjadi tidak efektif pada suatu perpindahan yang lebih kecil dari 0,6 kali perpindahan maksimum total.
6. Setiap elemen sistem isolasi harus direncanakan agar stabil akibat beban vertikal rencana yang mengalami suatu perpindahan horizontal sama dengan perpindahan maksimum total. Beban vertikal rencana harus dihitung dengan menggunakan kombinasi pembebanan 2 dari pasal 12.2.7.1 untuk beban vertikal maksimum dan kombinasi pembebanan 3 dari pasal 12.2.7.1 untuk beban vertikal minimum.
7. Faktor keamanan terhadap guling struktur secara keseluruhan di batas pemisahan isolasi tidak boleh kurang dari 1,0 untuk kombinasi pembebanan yang disyaratkan. Semua kondisi pembebanan gravitasi dan seismik harus ditinjau. Gaya-gaya seismik untuk perhitungan guling harus berdasarkan gerak tanah MCER, dan W harus digunakan untuk gaya pemulih vertikal.
8. Terangkatnya elemen-elemen secara individu tidak diperbolehkan, kecuali jika lendutan yang dihasilkan tidak menyebabkan tegangan berlebih atau ketidak-stabilan unit isolator atau elemen struktur lainnya.

2.5.3 Sistem Struktural

Dalam merencanakan suatu sistem isolasi harus sesuai dengan persyaratan berikut ini:

1. Suatu diafragma horizontal atau elemen-elemen struktural lainnya harus memberikan kontinuitas di atas pemisahan isolasi dan harus mempunyai kekuatan dan daktilitas yang cukup untuk meneruskan gaya-gaya dari satu bagian struktur ke bagian lainnya.
2. Jarak pemisahan minimum antara struktur dengan isolasi seismik dengan dinding penahan di sekeliling bangunan atau penghalang tetap lainnya tidak boleh kurang dari perpindahan maksimum total.
3. Struktur bangunan nongedung harus direncanakan dan dibangun sesuai dengan persyaratan di pasal 10.1 dengan menggunakan perpindahan dan gaya rencana yang dihitung menurut 12.5 atau 12.6.

4. Struktur rangka baja dengan bresing konsentris biasa diizinkan sebagai sistem pemikul beban seismik pada struktur dengan isolasi seismik yang ditetapkan untuk kategori desain seismik D, E, dan F, dan diizinkan hingga ketinggian 48 m atau kurang jika semua persyaratan perencanaan berikut terpenuhi:
 - a. Nilai RI pada pasal 12.5.4 adalah 1,0;
 - b. Perpindahan maksimum total (DTM) pada persamaan (2.4) harus dinaikkan dengan faktor 1,2.
5. Sambungan-sambungan pemikul momen pada elemen baja struktural dari sistem isolasi seismik di bawah taraf dasar diizinkan untuk mengikuti persyaratan rangka baja pemikul momen biasa.
6. Bagian-bagian dari suatu struktur dengan isolasi, komponen-komponen nonstruktural yang permanen dan bagian yang tersambung dengannya, dan penyambung peralatan permanen yang ditumpu oleh suatu struktur, harus direncanakan untuk menahan gaya-gaya dan perpindahan-perpindahan seismik seperti yang ditentukan dalam bagian ini dan persyaratan persyaratan yang ada dalam pasal 9.
7. Elemen-elemen suatu struktur yang menggunakan sistem isolasi dan komponen nonstruktural, atau bagiannya yang berada di batas atau di atas pemisah isolasi, harus direncanakan untuk menahan gaya lateral seismik total setara dengan respons dinamik maksimum dari elemen atau komponen yang ditinjau yang ditentukan menggunakan suatu analisis riwayat respons.
8. Elemen-elemen struktur yang menggunakan isolasi seismik dan komponen nonstruktural atau bagian-bagiannya yang melintasi batas pemisah isolasi harus direncanakan untuk dapat menahan perpindahan maksimum total dan mengakomodasi setiap residu perpindahan permanen untuk jangka panjang.
9. Elemen-elemen struktur yang menggunakan isolasi seismik dan komponen nonstruktural atau bagian-bagiannya yang terletak di bawah pemisah isolasi, harus direncanakan dan dibangun menurut persyaratan-persyaratan 7.1 dan pasal 9.

2.5.4 Ketentuan Prosedur Gaya Lateral

Prosedur gaya lateral ekivalen di pasal 12.5 boleh digunakan untuk perencanaan struktur dengan isolasi seismik jika semua ketentuan berikut terpenuhi. Ketentuan ini harus dievaluasi terpisah untuk batas atas dan batas bawah properti sistem isolasi, dan ketentuan yang lebih ketat yang menentukan:

1. Struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD.
2. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum, D_M , kurang atau sama dengan 5,0 detik.
3. Tinggi struktur di atas pemisah isolasi kurang atau sama dengan 4 lantai, atau 19,8 m dari tinggi struktur, h_n , diukur dari dasar
4. Redaman efektif dari sistem isolasi pada perpindahan maksimum, D_M , adalah kurang atau sama dengan 30 %.
5. Periode efektif struktur dengan isolasi, T_M , lebih besar dari 3 kali periode elastik struktur terjepit dari struktur di atas sistem isolasi, ditentukan menggunakan analisis ragam rasional.
6. Struktur di atas sistem isolasi tidak memiliki ketidakberaturan struktur seperti pada pasal 12.2.2.
7. Sistem isolasi harus memenuhi semua kriteria sebagai berikut:
 - a. Kekakuan efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum lebih besar dari 1/3 kekakuan efektif pada saat 20 % perpindahan maksimum.
 - b. Sistem isolasi mampu menghasilkan suatu gaya pemulih seperti disebutkan dalam pasal 12.2.4.4.
 - c. Sistem isolasi tidak membatasi perpindahan gempa maksimum yang dipertimbangkan lebih kecil dari perpindahan maksimum total, D_{TM} .

2.5.5 Prosedur Gaya Lateral

Jika prosedur gaya lateral ekivalen digunakan untuk merencanakan struktur dengan isolasi seismik, persyaratan-persyaratan dalam bagian ini harus diterapkan.

2.5.5.1 Perpindahan Maksimum

Sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk sekurang-kurangnya menahan perpindahan maksimum, D_M , yang ditentukan menggunakan properti batas atas dan batas bawah, bekerja pada arah yang

paling menentukan dari respons horizontal, harus dihitung sesuai dengan persamaan berikut:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- g = percepatan gravitasi
- S_{M1} = parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5 % pada periode 1 detik dengan satuan g seperti yang ditentukan dalam 6.2 atau 6.9
- T_M = periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.2)
- B_M = koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum, B_M , seperti yang diatur dalam Tabel 1.

Tabel 2-1. Faktor Redaman, B_M (SNI 1726 2019)

Redaman efektif, β_M (persentase dari redaman kritis) ^{a,b}	Faktor B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

^a = Faktor redaman harus berdasarkan redaman efektif sistem isolasi yang ditentukan menurut persyaratan-persyaratan di pasal 12.2.8.6.

^b = Faktor redaman harus berdasarkan interpolasi linier untuk nilai redaman efektif di antara nilai-nilai yang diberikan di atas.

2.5.5.2 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Rencana

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan maksimum, T_M , harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi batas atas dan batas bawah sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan persamaan berikut:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Mmin} x g}} \quad (2.2)$$

$$k_M = \frac{\Sigma |F_M^+| + \Sigma |F_M^-|}{2D_M} \quad (2.3)$$

Keterangan :

W = berat seismik efektif struktur di atas pemisah isolasi seperti ditentukan di dalam 2.5.5.3

K_M = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horizontal yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.3)

g = percepatan gravitasi

$\Sigma |F_M^+|$ = jumlah, untuk semua unit isolasi, dari nilai absolut gaya (kN) pada perpindahan positif sama dengan DM

$\Sigma |F_M^-|$ = jumlah, untuk semua unit isolasi, dari nilai absolut gaya (kN) pada perpindahan negatif sama dengan DM

2.5.5.3 Berat Seismik Efektif

Berat seismik efektif struktur, W , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang terdaftar di bawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25 % beban hidup lantai

Pengecualian :

- a. Bila beban penyimpanan tidak lebih dari 5 % terhadap berat seismik efektif pada tingkat tersebut, beban tidak perlu dimasukkan dalam berat seismik efektif.
- b. Beban hidup lantai di tempat parkir umum dan struktur parkir terbuka tidak perlu dimasukkan.
2. Jika ketentuan desain beban lantai untuk partisi disyaratkan SNI 1727 pasal 4.3.2, sebesar beban terbesar antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0,48 kN/m² ;
3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen;
4. Berat lanskap dan beban lainnya pada taman atap dan area sejenis.

Tabel 2-2. Prosedur Analisis yang Diizinkan (SNI 1726 2019)

Kategori desain seismik	Karakteristik Struktur	Analisis gaya lateral ekivalen pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam pasal 7.9.1	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 11
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 \text{ Ts}$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidaberaturan	I	I	I

	vertikal tipe 4, 5a atau 5b			
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Keterangan :

I = Diizinkan

TI = Tidak Diizinkan

2.5.5.4 Perpindahan Maksimum Total

Perpindahan maksimum total, D_{TM} , dari elemen-elemen sistem isolasi harus menyertakan perpindahan tambahan akibat torsi sesungguhnya dan torsi tak terduga, dihitung dari distribusi spasial kekakuan lateral sistem isolasi dan lokasi massa eksentrik yang paling tidak menguntungkan.

Perpindahan maksimum total, D_{TM} , dari elemen-elemen sistem isolasi tidak boleh diambil kurang dari nilai yang ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut:

$$D_{TM} = D_M \left(1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (2.4)$$

$$P_T = \frac{1}{r_1} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

D_M = perpindahan maksimum di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan 2.1.

y = jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan, diukur tegak lurus terhadap arah beban seismik yang ditinjau

e = eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas batas pemisahan isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil sebesar 5 % dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus untuk arah gaya yang ditinjau

b = ukuran denah struktur terpendek diukur tegak lurus terhadap d

d = ukuran terpanjang denah struktur

- P_T = rasio dari periode translasi efektif sistem isolasi terhadap periode torsional efektif sistem isolasi, yang dihitung dengan analisis dinamik atau sesuai Persamaan 2.5 tetapi tidak perlu kurang dari 1,0.
- x_i, y_j = jarak horizontal, dalam mm, antara pusat massa terhadap unit isolasi ke-I dalam dua sumbu horizontal sistem isolasi
- N = jumlah unit isolasi
- r_1 = jari-jari girasi dari sistem isolasi, dalam mm, yang sama dengan $((b^2 + d^2)/12)^{1/2}$ untuk sistem isolasi dengan ukuran denah persegi $b \times d$

Perpindahan maksimum total, D_{TM} , tidak boleh diambil kurang dari 1,15 kali D_M

2.5.5.5 Sistem Isolasi dan Elemen-Elemen Struktural di Bawah Tingkat Dasar

Sistem isolasi, fondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya seismik lateral minimum, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa isolasi sesuai dengan persamaan berikut, ditentukan menggunakan batas atas dan batas bawah dari properti sistem isolasi:

$$V_b = k_M D_M \quad (2.6)$$

Keterangan :

k_M = kekakuan efektif, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan maksimum D_M seperti ditentukan Persamaan (2.3)

D_M = perpindahan maksimum, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.1)

V_b tidak boleh diambil kurang dari gaya maksimum di sistem isolasi untuk perpindahan sembarang sampai dengan dan termasuk perpindahan maksimum D_M , seperti ditentukan pada 2.5.5.1.

Beban guling pada elemen-elemen sistem isolasi, fondasi, dan elemen struktur di bawah tingkat dasar yang disebabkan gaya seismik lateral V_b harus didasarkan pada distribusi vertikal gaya pada pasal 12.5.5, kecuali gaya rencana seismik lateral tak tereduksi, V_{st} , harus digunakan selain V_s pada persamaan (2.10).

2.5.5.6 Elemen Struktural di Atas Tingkat Dasar

Struktur di atas tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum, V_s , menggunakan semua persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa isolasi, ditentukan menggunakan batas atas dan batas bawah dari properti sistem isolasi sesuai persamaan berikut:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_1} \quad (2.7)$$

Keterangan :

R_1 = koefisien numerik yang berhubungan dengan tipe sistem pemikul gaya seismik di atas sistem isolasi

V_{st} = gaya rencana seismik lateral tak tereduksi atau geser pada elemen-elemen di atas tingkat dasar, seperti yang ditentukan oleh Persamaan (2.8)

Koefisien R_1 harus berdasarkan pada tipe sistem pemikul gaya seismik yang digunakan untuk struktur di atas tingkat dasar pada arah yang ditinjau dan harus bernilai 3/8 dari nilai R yang diberikan oleh Tabel 9, dengan nilai maksimum tidak lebih besar dari 2,0 dan nilai minimum tidak kurang dari 1,0.

Pengecualian : Nilai R_1 diperbolehkan diambil lebih besar dari 2,0, jika kekuatan struktur di atas tingkat dasar di arah yang ditinjau, seperti ditentukan oleh analisis statik nonlinier pada suatu perpindahan atap yang berhubungan dengan suatu simpangan antar lantai maksimum nilai yang lebih kecil dari simpangan MCE_R atau $0,015 h_{sx}$, tidak kurang dari 1,1 kali V_b .

Total gaya seismik lateral tak tereduksi atau geser pada elemen-elemen di atas tingkat dasar harus ditentukan menggunakan batas atas dan batas bawah dari properti sistem isolasi, seperti berikut:

$$V_{st} = V_b \left(\frac{w_s}{W} \right)^{(1-2,5\beta_M)} \quad (2.8)$$

Keterangan :

W = berat seismik efektif, kN, dari struktur di atas pemisah isolasi seperti ditentukan pada 2.5.5.3

W_s = berat seismik efektif, kN, dari struktur di atas pemisah isolasi seperti ditentukan pada 2.5.5.3, tidak termasuk berat seismik efektif pada tingkat dasar

Berat seismik efektif W_s pada persamaan (2.8) harus diambil sama dengan W jika jarak rata-rata dari puncak isolasi hingga sisi bawah tingkat dasar rangka lantai di atas isolator melebihi 0,9 m.

Pengecualian : Untuk sistem isolasi yang perilaku histeresisnya ditandai dengan perpindahan mendadak dari perilaku pra leleh ke pasca leleh atau pra slip, komponen eksponensial ($1-2,5 \beta_m$) pada persamaan (2.8) harus diganti dengan ($1-3,5 \beta_m$).

2.5.5.7 Batas V_s

Nilai V_s tidak boleh diambil kurang dari batasan berikut ini:

1. Gaya seismik lateral yang disyaratkan dalam pasal 7.8.1 untuk struktur yang terjepit di dasar dengan berat seismik efektif, W , yang sama, dan periodonya sama dengan periode struktur dengan isolasi seismik menggunakan properti batas atas, T_M .
2. Gaya geser dasar untuk beban angin rencana terfaktor.
3. Gaya seismik lateral, V_{st} , dihitung menggunakan persamaan (2.8), dan dengan V_b ditetapkan sama dengan gaya yang dibutuhkan untuk mengaktifkan sistem isolasi secara penuh menggunakan yang terbesar dari properti batas atas, atau
 - a. Properti nominal untuk tingkat leleh dari suatu sistem yang melunak (softening system), dikalikan dengan faktor 1,5.
 - b. Kapasitas ultimit suatu sistem pengekang angin,
 - c. Tingkat friksi lepas dari suatu sistem gelincir (the break-away friction level of a sliding system)
 - d. Gaya pada perpindahan nol dari suatu sistem gelincir setelah satu siklus gerakan dinamik penuh pada D_M .

2.5.6 Distribusi Vertikal Gaya

Gaya geser V_s harus didistribusikan ke seluruh tinggi struktur di atas tingkat dasar, menggunakan batas atas dan batas bawah properti sistem isolasi sesuai dengan persamaan berikut:

$$F_1 = \frac{(V_b - V_s)}{R_1} \quad (2.9)$$

dan

$$F_x = C_{vx} V_s \quad (2.10)$$

dan

$$C_{vs} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=2}^n w_i h_i^k} \quad (2.11)$$

dan

$$k = 14\beta_M T_{fb} \quad (2.12)$$

Keterangan :

- F_1 = gaya seismik lateral yang bekerja di tingkat 1
- F_x = gaya seismik lateral yang bekerja di tingkat x, $x > 1$
- C_{vx} = faktor distribusi vertical
- V_s = gaya seismik lateral rencana total atau geser dari elemen-elemen di atas tingkat dasar seperti yang ditentukan Persamaan (2.7) dan batas-batas pada 2.5.5.7
- w_i, w_x = bagian dari W_s yang ditempatkan/dipasang di tingkat-i atau x
- h_i, h_x = tinggi tingkat-i atau x dari pemisah isolasi.
- T_{fb} = periode utama struktur di atas pemisah isolasi, dalam det, ditentukan menggunakan analisis ragam yang rasional dengan asumsi kondisi terjepit pada dasar

Pengecualian : Sebagai pengganti persamaan (2.7) dan (2.10), gaya seismik lateral F_x boleh dihitung sebagai nilai rata-rata dari gaya pada tingkat-x di arah yang ditinjau menggunakan hasil dari model sederhana bangunan menggunakan gabungan sistem isolasi menggunakan analisis riwayat respon terskala untuk V_b/R_1 pada tingkat dasar.

2.5.7 Batas Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat maksimum struktur di atas sistem isolasi tidak boleh melebihi $0,015h_{sx}$. Simpangan antar tingkat harus dihitung berdasarkan Persamaan (2.13) dengan faktor C_d dari sistem isolasi sama dengan faktor R_1 yang ditentukan di pasal 12.5.4.2.

2.5.8 Prosedur Analisis Dinamik

Model matematis struktur dengan isolasi, termasuk sistem isolasi, sistem pemikul gaya seismik, dan elemen-elemen struktural

lainnya harus memenuhi pasal 7.7.3 dan persyaratanpersyaratan di pasal 12.6.2.1 dan 12.6.2.2

Sistem isolasi harus dimodelkan menggunakan karakteristik deformasi yang dikembangkan sesuai dengan 12.2.8. Perpindahan dan gaya lateral harus dihitung terpisah untuk batas atas dan batas bawah dari properti sistem isolasi seperti ditentukan dalam pasal 12.2.8.5. Sistem isolasi harus dimodelkan dengan detail yang memadai untuk mencakup semua hal berikut:

- a. Distribusi spasial unit-unit isolator;
- b. Translasi di kedua arah horizontal, dan torsi struktur di atas pemisah isolasi dengan mempertimbangkan lokasi massa eksentris yang paling tidak menguntungkan;
- c. Gaya guling dan gaya angkat pada masing-masing unit isolator;
- d. Pengaruh beban vertikal, beban bilateral, dan/atau laju pembebaan jika properti gaya lendutan sistem isolasi tergantung dari satu atau lebih dari karakteristik-karakteristik ini.

Perpindahan maksimum total, D_{TM} , di seluruh sistem isolasi harus dihitung dengan menggunakan suatu model struktur dengan isolasi yang memasukkan karakteristik karakteristik gaya-lendutan elemen-elemen nonlinier dari sistem isolasi dan sistem pemikul gaya seismik.

Sistem pemikul gaya seismik dengan elemen-elemen elastik meliputi, tetapi tidak terbatas pada, sistem struktur yang tidak beraturan yang direncanakan untuk gaya lateral tidak kurang dari 100 % V_s , ditentukan sesuai dengan pasal 12.5.4.2 dan 12.5.4.3.

2.5.8.1 Prosedur Perhitungan

Adapun langkah – langkah perhitungan untuk respons spektrum pada sistem struktur yang terisolasi sebagai berikut :

1. Prosedur spektrum respons harus dilakukan sesuai dengan 7.9 dan pasal 11 pada SNI 1726-2019.
2. Analisis spektrum respons harus dilakukan dengan menggunakan suatu nilai redaman ragam untuk ragam fundamental di arah yang ditinjau tidak lebih besar dari nilai yang terkecil dari redaman efektif sistem isolasi atau 30 % redaman kritis. Nilai redaman ragam untuk ragamragam yang lebih tinggi harus dipilih konsisten dengan redaman yang sesuai untuk analisis spektrum respons struktur di atas sistem isolasi yang diasumsikan terjepit di dasarnya.

3. Analisis spektrum respons yang digunakan untuk menentukan perpindahan maksimum total harus menyertakan model yang digetarkan bersamaan (simultan) oleh 100 % gerak tanah di arah kritis dan 30 % gerak tanah di arah tegak lurusnya, di arah horizontal. Perpindahan maksimum sistem isolasi harus dihitung sebagai penjumlahan vektor perpindahan ortogonal dari dua arah tersebut.

2.5.8.2 Sistem Isolasi dan Elemen-Elemen Struktural di Bawah Sistem Isolasi

Sistem isolasi, fondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah tingkat dasar harus direncanakan dengan menggunakan semua persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa isolasi dan gaya-gaya diperoleh dari analisis dinamik tanpa pengurangan (reduksi), tetapi gaya lateral rencana harus diambil tidak kurang dari 90 % V_b yang ditentukan sesuai dengan persamaan (2.6).

Perpindahan maksimum total dari sistem isolasi tidak boleh diambil kurang dari 80 % D_{TM} seperti yang ditentukan dalam pasal 12.5.3.3 kecuali jika D'_M diizinkan untuk digunakan sebagai pengganti D_M seperti ditentukan berikut:

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}} \quad (2.13)$$

Keterangan :

D_M = perpindahan maksimum, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.1)

T = periode elastik struktur terjepit di dasarnya, di atas sistem isolasi seperti yang ditentukan di pasal 7.8.2

T_M = periode efektif, dalam detik, dari struktur dengan isolasi seismik pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.2).

2.5.8.3 Elemen-elemen Struktural di Atas Tingkat Dasar

Sesuai dengan batasan khusus prosedur di bagian ini, elemen-elemen struktural di atas tingkat dasar harus direncanakan dengan menggunakan persyaratan-persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa

isolasi dan gaya-gaya yang diperoleh dari analisis dinamik dibagi dengan faktor R_I seperti yang ditentukan sesuai pasal 12.5.4.2.

Untuk analisis spektrum respons, geser rencana pada setiap tingkat tidak boleh kurang dari geser lantai yang dihasilkan dari penerapan gaya-gaya yang dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan suatu nilai V_b yang sama dengan geser dasar yang didapat dari analisis spektrum respons di arah yang ditinjau.

Untuk analisis riwayat respons dari struktur beraturan, nilai V_b tidak boleh diambil kurang dari 80 % dari yang ditetapkan menurut pasal 12.5.4.1 dan nilai V_s tidak boleh diambil kurang dari 100 % batasan yang ditetapkan dalam pasal 12.5.4.3.

Untuk analisis riwayat respons dari struktur tidak beraturan, nilai V_b tidak boleh diambil kurang dari 100 % dari yang ditetapkan dalam pasal 12.5.4.1, dan nilai V_s tidak boleh diambil kurang dari 100 % batas-batas yang ditetapkan dalam pasal 12.5.4.3.

2.5.9 Pemeriksaan dan Penggantian *Base Isolator*

Dalam perencanaan kontruksi dengan *base isolator*, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses perawatan dan pemeliharaan struktur *base isolator* yang sudah dijelaskan pada peraturan SNI 1726 2019 pasal 12.2.4.8. Berikut ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam proses pemeriksaan dan penggantian jangka panjang:

- a. Jalan/akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen-komponen sistem isolasi harus disediakan;
- b. Seorang praktisi ahli bersertifikat harus menyelesaikan suatu rangkaian pengamatan di daerah-daerah pemisahan struktur dan komponen-komponen yang melintasi batas pemisahan isolasi sebelum mengeluarkan sertifikat layak huni untuk struktur dengan isolasi seismik. Pengamatan tersebut harus memberikan verifikasi bahwa keadaan memungkinkan struktur untuk berpindah bebas dan tanpa rintangan hingga perpindahan maksimum total, dan komponen-komponen yang melintas di batas pemisahan isolasi telah dikonstruksi untuk mengakomodasi perpindahan maksimum total;
- c. Struktur dengan isolasi seismik harus mempunyai suatu rencana pengawasan, pemeriksaan dan perawatan secara berkala terhadap sistem isolasi yang dilakukan oleh praktisi ahli

- bersertifikat yang bertanggung jawab terhadap perencanaan sistem isolasi;
- d. Pemodelan kembali, perbaikan, atau perkuatan di batas pemisahan sistem isolasi, termasuk komponen-komponen yang melintasi batas pemisahan isolasi, harus dilakukan di bawah pengarahan seorang perencana profesional terdaftar.

2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem struktur rangka pemikul momen merupakan sistem rangka yang elemen-elemen struktur dan sambungannya menahan beban beban lateral melalui mekanisme lentur. SRPM merupakan salah satu pilihan sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa. Ciri-ciri SRPM antara lain: Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom di sini sangat penting. Dalam hal ini, bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom. SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) B.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) B , dan C.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) B, C, D, E, dan F.

Penentuan kategori desain seismik (KDS) ditentukan berdasarkan klasifikasi situs dan penentuan parameter percepatan gempa dalam SNI 1726-2019, situs diklasifikasikan menjadi SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus). Klasifikasi situs dilakukan berdasarkan data tanah. Parameter percepatan gempa yang berupa S_s dan S_1 ditentukan dari peta resiko gempa Indonesia berdasarkan lokasi dan gempa rencana. Berdasarkan SNI 1726 2019 pasal 6.5, gedung ini dibangun di Kota Malang yang direncanakan menggunakan kategori desain seismik D karena memiliki nilai $S_{ds} > 0,5$. Karena gedung ini termasuk kategori D,

maka dipilih kriteria desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Dalam perencanaan bangunan atas *base isolation* agar tercapai efektifitas penggunaan base isolation bangunan atas base isolation menggunakan sistem bangunan yang memiliki tingkat daktilitas yang rendah . Pada proyek akhir ini direncanakan sistem struktur rangka pemikul momen biasa (SRPMB).

2.6.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

SNI 2847 2019 Pasal 18.3 berisi persyaratan yang berlaku untuk rangka momen biasa yang menjadi sistem penahan gaya gempa. Berikut persyaratan untuk sistem rangka pemikul momen biasa:

1. Balok

Balok harus memiliki paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua sisi atas dan bawah penampang. Tulangan bawah yang menerus harus memiliki luas tidak kurang dari seperempat luas maksimum tulangan bawah. Tulangan ini harus diangkur untuk dapat mencapai kekuatan leleh tarik f_y pada muka tumpuan.

2. Kolom

Kolom yang mempunyai panjang tak tertumpu $l_u \leq 5c_1$ harus memiliki ϕV_n setidaknya nilai terendah di antara berikut :

- a) Gaya geser yang terkait dengan terjadinya kekuatan momen nominal M_n pada setiap ujung dari panjang tak tertumpu kolom akibat lentur yang berbalik arah (kurvatur ganda). Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor yang konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.
- b) Gaya geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain, termasuk E , dengan $\Omega_0 E$ sebagai pengganti E .

2.7 Perencanaan Pembebanan

Pembebanan yang direncanakan pada Proyek Akhir ini sesuai dengan peraturan pada SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019. Untuk pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah sebagai berikut.

2.7.1 Beban Mati

Mencakup berat semua bagian dari suatu struktur yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan seperti finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari struktur tersebut.

Untuk besaran beban mati menggunakan ASCE 7-16, Tabel C3-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Beban beton bertulang = 23.6 kN/m²
- Beban keramik + Spesi = 1.10 kN/m²
- Beban penggantung plafond = 0.10 kN/m²
- Beban plafond (t = 9 mm) = 0.72 kN/m²
- Beban Mechanical Electrical (ME) = 0.19 kN/m²
- Beban lapisan waterproofing = 0.05 kN/m²
- Beban dinding batu bata = 5.51 kN/m²

2.7.2 Beban Hidup

Mencakup semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen atau seperti beban dari air hujan pada atap. Untuk besaran beban hidup menggunakan SNI 1727-2020, Tabel 4.3-1 dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Beban kamar hotel = 1,92 kN/m²
- Beban ruang publik = 4,79 kN/m²
- Beban koridor lantai 1 = 4,79 kN/m²
- Beban koridor di atas lantai 1 = 3,83 kN/m²
- Beban ruang kantor = 2,40 kN/m²
- Beban atap = 0,96 kN/m²

2.7.3 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja secara horizontal / tegak lurus terhadap tinggi dari bangunan. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (tekan) dan tekanan negatif (hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau (PPIUG 1987). Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m². Beban angin dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom. Berikut tahapan perhitungan beban angin yang terjadi pada struktur bangunan. Berikut ini merupakan langkah – langkah penentuan beban angin menurut SNI 1727-2020 :

1. Tentukan Kategori Risiko bangunan gedung; lihat Tabel 1.5-1

2. Tentukan kecepatan angin dasar, V, untuk kategori risiko yang sesuai yang berlaku
3. Tentukan parameter beban angin :
 - Faktor arah angin, K_d
 - Kategori eksposur
 - Faktor topografi, K_{zt}
 - Faktor elevasi permukaan tanah, K_e
 - Faktor efek hembusan angin, G
 - Klasifikasi ketertutupan
 - Koefisien tekanan internal, (GC_{pi})
4. Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h
5. Tentukan tekanan velositas q_z , atau q_h
6. Tentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N
7. Hitung tekanan angin, p, pada setiap permukaan bangunan Gedung

2.7.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

2.7.4.1 Kategori Risiko Bangunan

Dalam merencanakan suatu bangunan harus mengetahui fungsi utama dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti: tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai Tabel 3 SNI 1726-2019 mengenai kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa.

Tabel 2-3. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 1726 2019)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	I

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	III
<p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah 	

<ul style="list-style-type: none"> - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur 	IV

stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

2.7.4.2 Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non-gedung sesuai SNI 1726-2012 Tabel 1, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I_e).

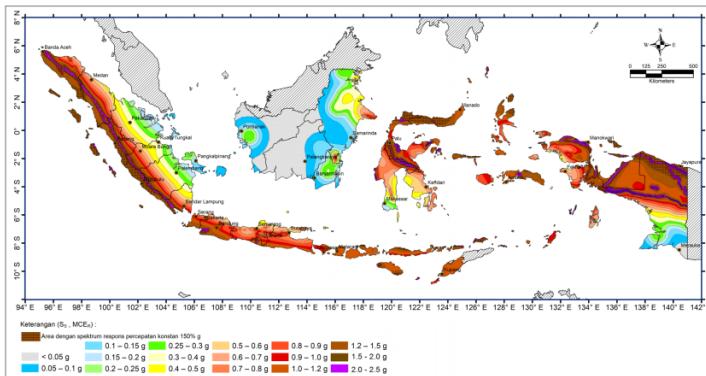
Tabel 2-4. Faktor keutamaan gempa (SNI 1726 2019)

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

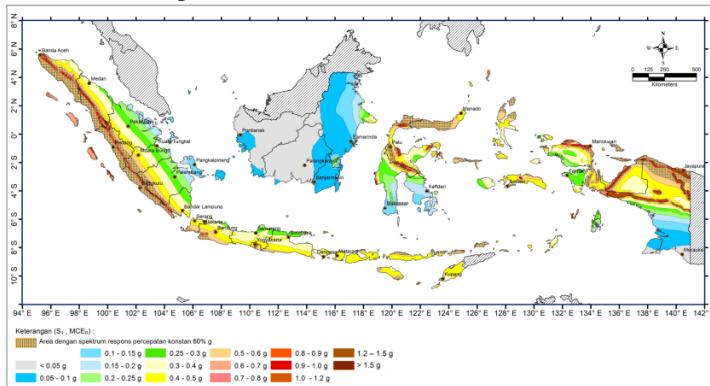
2.7.4.3 Wilayah Gempa dan Struktur Respons

1. Parameter Percepatan

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



Gambar 2-5. Parameter gerak tanah (Ss) wilayah Indonesia untuk periode 0,2 detik (SNI 1726 2019)



Gambar 2-6. Parameter gerak tanah (Ss) wilayah Indonesia untuk periode 0,2 detik (SNI 1726 2019)

2. Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs dalam merencanakan beban gempa dengan cara identifikasi data tanah. Dari nilai N – SPT dapat menentukan kelas situs pada bangunan. Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD ,SE, atau SF yang mengikuti tabel 7 pada SNI 1726 2019.

Tabel 2-5. Klasifikasi Situs (SNI 1726 2019)

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

	< 175	< 15	< 50
SE (tanah lunak)	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, PI > 20 2. Kadar air, w ≥ 40% 3. Kuat geser niralir su < 25 kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifikasi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan H > 3 m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plasitisitas PI > 75) <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35 m dengan su < 50 kPa</p>		

3. Koefisien Situs dan Parameter Respon Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Target (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (SM_S) dan periode 1 detik (SM₁) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$SM_S = F_a \times S_S \quad (2.17)$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 \quad (2.18)$$

Keterangan :

- S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek
 S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Tabel 2-6. Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s = 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pasal 6.10.1 SNI 1726 2019

Tabel 2-7. Koefisien Situs, F_v (SNI 1726 2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
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 pasal 6.10.1 SNI 1726 2019

4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode singkat (SD_S) dan periode 1 detik (SD_1) dihitung sesuai SNI 1726-2019 :

$$SD_S = \frac{2}{3}xS_{MS} \quad (2.19)$$

$$SD_1 = \frac{2}{3}xS_{M1} \quad (2.20)$$

5. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik dari struktur yang ditinjau diambil berdasarkan SNI 1726-2019 Tabel 8, dimana diambil berdasarkan nilai SD_S dan kategori risiko bangunan yang ditinjau.

Tabel 2-8. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726 2019)

Nilai SD_S	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_S < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SD_S < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SD_S < 0,50$	C	D
$0,50 \leq SD_S$	D	D

Tabel 2-9. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726 2019)

Nilai SD_1	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD_1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD_1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD_1$	D	D

6. Spektrum Respon Desain

Bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengacu gambar dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS}x \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.21)$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan SD_s ;
- 3) Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD_1}{T} \quad (2.22)$$

- 4) Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD_1 x T_L}{T^2} \quad (2.23)$$

Keterangan :

SD_s = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

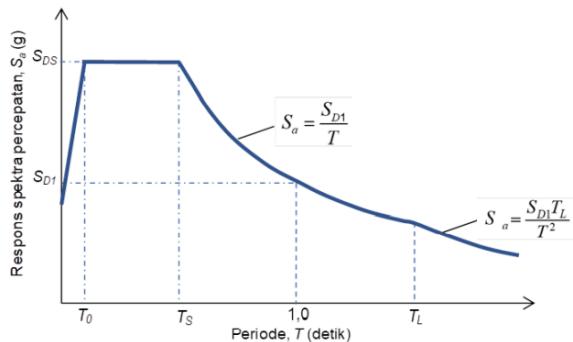
SD_1 = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SD_s}$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SD_s}$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2-11 yang nilainya diambil dari Gambar 20 SNI 1726 2019



Gambar 2-7. Spektrum respons desain (SNI 1726 2019)

2.8 Kombinasi Pembebatan

Menurut SNI 1726-2019 pasal 4.2.2.1 dan pasal 4.2.2.3., beban kombinasi direncanakan sebagai berikut:

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

Keterangan :

D= Beban mati

L= Beban hidup

R= Beban hujan

W= Beban angin

E = Beban gempa

2.9 Analisa Struktur

2.9.1 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.9.1, partisipasi ragam terkombinasi minimum 100% dengan ragam. Untuk tujuan ini, itu harus diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05 s dalam mode tubuh kaku tunggal yang memiliki periode 0,05 s.

Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

2.9.2 Kontrol Periode Fundamental

Menurut SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2 bahwa pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.24)$$

Keterangan :

C_t = koefisien yang didapat melalui tabel 18 SNI 1726 2019
 h_n = ketinggian struktur

Tabel 2-10. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x
(SNI 1726 2019)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: <ul style="list-style-type: none"> • Rangka baja pemikul momen • Rangka beton pemikul momen 	0,0724 0,0466	0,8 0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Penentuan periode fundamental struktur (T) dilakukan dengan menghitung batasan antara nilai periode dari program Analisa struktur (T_c) dan periode fundamental pendekatan (T_a) dengan nilai koefisien batas atas (C_u) berdasarkan Tabel 17 SNI 1726 2019 berikut :

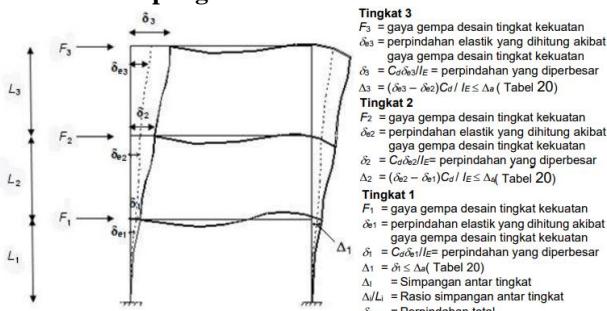
Tabel 2-11. Nilai parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1} (SNI 1726 2019)

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

Nilai periode fundamental struktur (T) didapatkan berdasarkan batasan berikut :

- Jika $T_c > Cu \cdot T_a$ maka $T = Cu \cdot T_a$
- Jika $T_a < T_c < Cu \cdot T_a$ maka $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka $T = T_a$

2.9.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai



Gambar 2-8. Penentuan simpangan antar tingkat

Berdasarkan SNI 1726 2019 pasal 7.8.6 disebutkan bahwa Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.25)$$

Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 12 SNI 1726 2019

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini,
yang ditentukan dengan analisis elastik

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan
Tabel 3 SNI 1726 2019

2.9.4 Kontrol Gaya Geser Dasar

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.1 nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 100% nilai respons statik.

$$V = C_s x W_t \quad (2.25)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut pasal 7.7.2

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.26)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam pasal 6.3 atau pasal 6.9

R = koefisien modifikasi respons dalam Tabel 12 SNI 1726 2019

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan pasal 4.1.2

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu melebihi dari

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.27)$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.28)$$

2.10 Perhitungan Struktur Bangunan Atas

2.10.1 Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan elemen struktur sekunder yang memikul beban gravitasi dan geser. Berikut langkah – langkah untuk menentukan kebutuhan tulangan dalam slab :

- Penentuan momen pada pelat lantai

Penentuan besaran momen lentur pada pelat menggunakan metode elemen hingga menggunakan ETABS. Maka dalam perhitungan tugas akhir ini untuk memperoleh momen lentur menggunakan program ETABS.

- Menghitung momen nominal pelat lantai

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.29)$$

- Perhitungan penulangan pelat

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \quad (2.30)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times fc' \times \beta_1}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \quad (2.31)$$

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b \quad (2.32)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} \quad (2.33)$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \times d^2} \quad (2.34)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \quad (2.35)$$

$$As = \rho_{perlu} \times b \times d \quad (2.36)$$

- Kontrol spasi antar tulangan

Menurut SNI 2847-2019 pasal 7.7.6.2.1 tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau 5 kali tebal pelat.

- Kontrol luas minimum tulangan

Menurut SNI 2847-2019 pasal 7.6.1.1, Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut :

Tabel 2-12. Luas Minimum Tulangan (SNI 2847 2019)

Tipe tulangan	$f_y, \text{ MPa}$	$A_{s,min}$	
Batang ulir	< 420	$0,0020A_g$	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$ $0,0014A_g$

- Kontrol lendutan yang terjadi

Menurut SNI 2847-2019 pasal 24.2.2, Lendutan yang dihitung berdasarkan ketentuan tidak boleh melebihi batasan yang ditetapkan dalam tabel berikut.

Tabel 2-13. Lendutan Izin Maksimum (SNI 2847 2019)

Jenis komponen struktur	Kondisi		Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar	Tidak memukul atau tidak disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		Lendutan sekitika akibat L dan R maksimum	$\ell/180^{[1]}$
Lantai			Lendutan sekitika akibat L	$\ell/360$
Atap atau lantai	Memukul atau disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan elemen nonstruktural, yaitu jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban tetap dan lendutan sekitika akibat penambahan beban hidup ^[2]	$\ell/480^{[3]}$
		Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar		$\ell/240^{[4]}$

2.10.2 Tangga

Penulangan pada pelat tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan dengan prinsip yang sama dengan perencanaan pelat.

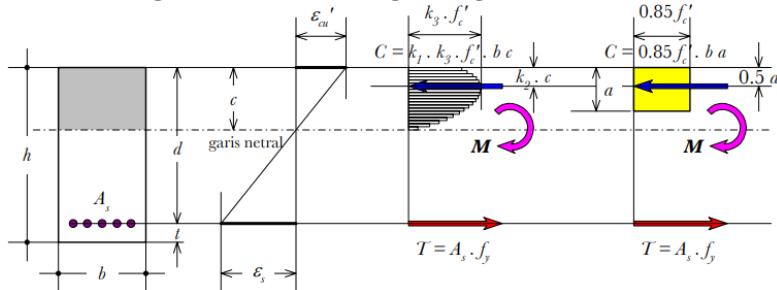
2.10.3 Balok

Langkah-langkah menghitung elemen struktur balok harus memenuhi SNI 2847-2019. Tebal minimum balok utama/induk dihitung dengan ketentuan berdasarkan tabel 9.3.1.1 SNI 2847 2019 yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2-14. Tinggi Minimum Balok (SNI 2847 2019)

Kondisi perlekatan	Minimum $h^{[1]}$
Perlekatan sederhana	$\ell/16$
Menerus satu sisi	$\ell/18,5$
Menerus dua sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

1. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal



Gambar 2-9. Ilustrasi Perhitungan Lentur Balok

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

Adapun langkah-langkah perancangan tulangan rangkap sebagai berikut:

- Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu ETABS
- Menentukan nilai β_1 dengan rumus :

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{fc' - 28}{28} \right) \times 0,05 \quad (2.37)$$

- Ambil suatu harga ρ_b , dimana :

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + f_y} \times \frac{fc'}{f_y} \quad (2.38)$$

- Menghitung Nilai ρ minimum dan maximum , dengan rumus

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.39)$$

$$\rho_{maks} = 0,025 \quad (2.40)$$

- Ambil suatu harga X, dimana $X \leq 0,75 X_b$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d \quad (2.41)$$

- Ambil A_{sc} berdasarkan X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot x}{f_y} \quad (2.42)$$

- Menghitung M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \quad (2.43)$$

- Menghitung M_n

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.44)$$

- Menghitung $M_n - M_{nc}$

Apabila:

$$M_n - M_{nc} > 0 \rightarrow \text{perlu tulangan tekan}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow \text{tidak perlu tulangan tekan}$$

- Tulangan tekan

- Apabila perlu tulangan tekan maka :

$$C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d' - d''} \quad (2.45)$$

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

- Kontrol tulangan tekan leleh

$$f s' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) 600 \geq f_y \rightarrow \text{sudah leleh}$$

$$f s' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) 600 \leq f_y \rightarrow \text{belum leleh}$$

- Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A'_{ss} = \frac{C_s s}{f' s - 0,85 \cdot f_c} \quad (2.46)$$

$$A'_{sc} = \frac{T_2}{f_y} \quad (2.47)$$

- Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} \quad (2.48)$$

$$A'_s = A'_{ss} \quad (2.49)$$

- Kontrol kekuatan

$$\phi \cdot M_n \geq M_u \quad (2.50)$$

2. Perhitungan Tulangan Transversal

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok adalah sebagai berikut:

- Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.51)$$

Dimana :

$V_c = 0$ (SNI 2847-2019 Pasal 18.6.5.2)

➤ Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} < S_{max} \quad (2.52)$$

Dimana :

A_v = luas tulangan sengkang (mm^2)

$S_{max} \leq 0,5d$ (SNI 03-2847-2019 pasal 18.6.4.6)

3. Perhitungan Tulangan Torsi (Puntir)

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.4 pengaruh puntir pada suatu struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor Tu besarnya kurang dari:

$$T_u = 0,083\lambda\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (2.53)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 22.7.6 adalah:

$$\emptyset T_n = T_u \quad (2.54)$$

T_n harus diambil nilai paling terkecil dihitung menggunakan rumus berikut :

$$a) \quad T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \times \cot\theta \quad (2.55)$$

$$b) \quad T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_l \cdot f_{yt}}{p_h} \times \cot\theta \quad (2.56)$$

Dimana:

T_u = Momen puntir terfaktor pada penampang

T_n = Kuat momen puntir normal

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

P_{cp} = Keliling luar penampang beton

4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Panjang penyaluran kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 25.4, panjang penyaluran (ℓ_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai ℓ_d tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai ℓ_d harus diambil sebagai berikut:

Tabel 2-15. Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik (SNI 2847 2019)

Spasi dan selimut	Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat ulir	Batang D22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan tidak kurang dari d_b , selimut beton paling sedikit d_b , dan sengkang atau sengkang ikat sepanjang ℓ_d tidak kurang dari standar minimum atau spasi bersih batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan paling sedikit $2d_b$ dan selimut beton paling sedikit d_b	$\left(\frac{fy \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{fc'}} \right) d_b$	$\left(\frac{fy \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{fc'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lainnya	$\left(\frac{fy \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,4\lambda\sqrt{fc'}} \right) d_b$	$\left(\frac{fy \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,1\lambda\sqrt{fc'}} \right) d_b$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 25.4.2.4 adalah sebagai berikut :

Tabel 2-16. Faktor modifikasi batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik (SNI 2847 2019)

Faktor modifikasi	Kondisi	Faktor
Bobot beton λ	Beton ringan	0,75
	Beton ringan, bila f_{ct} ditentukan	Sesuai dengan pasal 19.2.4.3
	Beton normal	1,0
Epoksi Ψ_e	Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan selimut bersih kurang dari $3d_b$ atau spasi kurang dari $6d_b$	1,5
	Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan kondisi lainnya	1,2
	Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis)	1,0
Ukuran Ψ_s	Batang D22 dan yang lebih besar	1,0
	Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Posisi pengecoran ^[1] Ψ_t	Lebih dari 30 mm beton segar diletakkan di bawah tulangan horizontal	1,3
	Lainnya	1,0

^[1]Hasil dari Ψ_t , Ψ_e tidak boleh melebihi 1,7

b. Panjang penyaluran kondisi tekan

Panjang penyaluran (ℓ_d), untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar ℓ_{dc} . Nilai ℓ_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm. Nilai ℓ_{dc} harus diambil yang terbesar dari rumus berikut :

$$\left(\frac{0,24 \cdot f_y \cdot \Psi_r}{\lambda \sqrt{f_{ct}}} \right) d_b \quad (2.57)$$

$$0,043 \cdot f_y \cdot \Psi_r \cdot d_b \quad (2.58)$$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 25.4.9.3 berikut :

Tabel 2-17. Faktor modifikasi batang ulir dan kawat dalam kondisi tekan (SNI 2847 2019)

Faktor modifikasi	Kondisi	Faktor
Bobot beton λ	Beton ringan	0,75
	Beton ringan, bila f_{ct} ditentukan	Sesuai dengan pasal 19.2.4.3
	Beton normal	1,0
Tulangan pengekang Ψ_r	Tulangan dilingkupi oleh (1), (2), (3), atau (4): (1) tulangan spiral (2) tulangan lingkaran menerus dengan $d_b \geq 6$ mm dan jarak 100 mm (3) Sengkang D13 atau pengikat kawat D10, yang sesuai 25.7.2 dengan spasi pusatnya ≤ 100 mm (4) Sengkang pengekang, yang sesuai 25.7.4 dengan spasinya ≤ 100 mm	0,75
	Lainnya	1,0

c. Kait tulangan kondisi tarik

Panjang penyaluran kait tulangan ulir ℓ_{dh} harus diambil yang terbesar berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 25.4.3 sebagai berikut :

$$\left(\frac{0,24 \cdot \Psi_c \cdot \Psi_e \cdot \Psi_r \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f_{ct}}} \right) d_b \quad (2.59)$$

$$8d_b \quad (2.60)$$

$$150 \text{ mm} \quad (2.61)$$

Tabel 2-18. – Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang dengan kait dalam kondisi Tarik (SNI 2847 2019)

Faktor modifikasi	Kondisi	Faktor
Bobot beton λ	Beton ringan	0,75
	Beton normal	1,0
Epoksi Ψ_e	Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi	1,2
	Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis)	1,0
Selimut Ψ_c	Untuk batang D36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimut samping (normal terhadap bidang kait) ≥ 65 mm dan untuk kait 90 derajat dengan tebal selimut pada perpanjangan batang di luar kait ≥ 50 mm	0,7
	Lainnya	1,0
Tulangan pengekang Ψ_r	Untuk kait 90 derajat batang D36 dan yang lebih kecil 1. dilingkupi sepanjang ℓ_{dh} sengkang ikat atau sengkang yang tegak lurus terhadap ℓ_{dh} pada $s \leq 3d_b$, atau 2. dilingkupi sepanjang perpanjangan tulangan melewati kait termasuk bengkokan dengan sengkang ikat atau Sengkang yang tegak lurus terhadap ℓ_{ext} pada $s \leq 3d_b$	0,8

	Untuk kait 180 derajat D36 dan yang lebih kecil dilingkupi sepanjang ℓ_{dh} dengan sengkang ikat atau sengkang yang tegak lurus terhadap ldh pada $s \leq 3d_b$	
	Lainnya	1,0

2.10.4 Kolom

1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 2847- 2019 Pasal 18.7.3, dalam perhitungan tulangan kolom akan digunakan program bantu PCA COL. Kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (2.62)$$

Dimana:

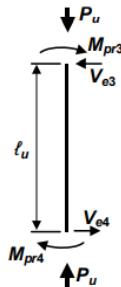
$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. M_n harus dihitung untuk gaya aksialterfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai M_n terkecil

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif platharus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

2. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 18.7.6, gaya geser rencana (V_e) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum (M_{pr}) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut:

a. Hitung momen tumpuan



Gambar 2-10. Proyeksi Momen Pada Kolom (SNI 2847 2019)

- Momen tumpuan atas

$$M_{pr3} = A_s \times 1,25 \times f_y x \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.63)$$

Dimana :

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 x f'c' x b} \quad (2.64)$$

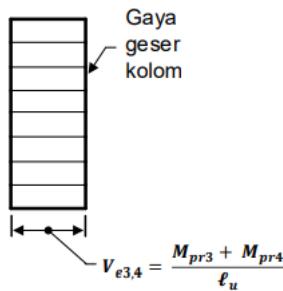
- Momen tumpuan bawah

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 \times f_y x \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.65)$$

Dimana :

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 x f'c' x b} \quad (2.66)$$

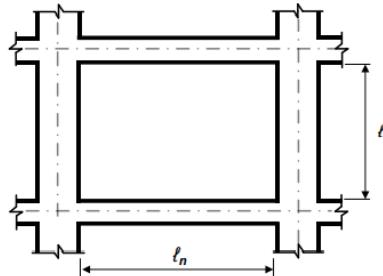
b. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



Gambar 2-11. Reaksi Pada Kolom (SNI 2847 2019)

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u} \quad (2.67)$$

Dimana l_u adalah bentang bersih kolom



Gambar 2-12. Bentang Bersih Kolom (SNI 2847 2019)

- c. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.68)$$

Dimana $V_c = 0$ apabila: (1) V_e akibat gempa lebih besar $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $\frac{Ag \cdot f_{ct}}{20}$ (SNI 2847-2019 pasal 18.7.6.2)

- d. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v' f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \quad (2.69)$$

Dimana :

A_v' = Luas tulangan sengkang (mm^2)

2.11 Perhitungan Struktur Bangunan Bawah

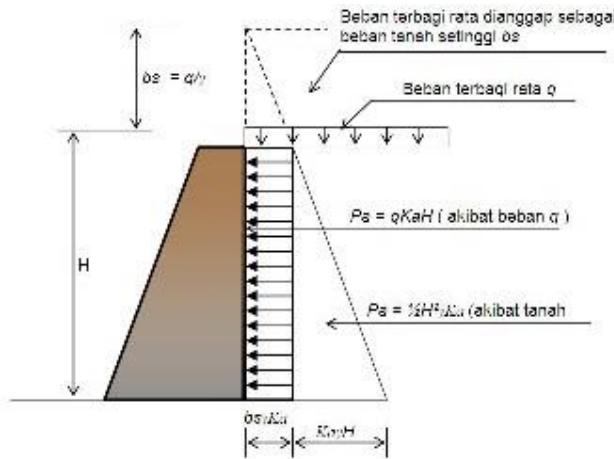
2.11.1 Retaining Wall

1. Perhitungan gaya tekanan tanah

Pada prinsipnya retaining wall pada sekeliling basemen didesain mampu menahan tekanan tanah aktif yang bekerja di sisi luarnya agar tidak mengalami keruntuhan. Sehingga dihitung gaya-gaya yang bekerja berdasarkan teori Rankine (1857).

Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \quad (2.70)$$



Gambar 2-13. Skema tekanan tanah pada retaining wall

2. Penulangan retaining wall

- Rasio tulangan vertikal dihitung seperti penulangan pelat satu arah dengan menghitung momen ultimate dengan kombinasi kuat perlu.
- Rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas bruto beton, ρ_t , harus:
 - 0,0012 untuk batang tulangan ulir yang tidak lebih besar dari D-16 dengan f_y tidak kurang dari 420 Mpa; atau

- 0,0015 untuk batang tulangan ulir lainnya; atau
- 0,0012 untuk tulangan kawat las yang tidak lebih besar dari Ø-16 atau D-16

2.11.2 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung tiang dan tahanan geser pada dinding tiang, dan besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f) \quad (2.71)$$

Dimana :

n = Faktor keamanan, SF = 3 dan SF = 2

R_u = Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang kelompok. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u \quad (2.72)$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \quad (2.73)$$

Dimana :

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m^2)

U = Panjang keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

Perkiraan satuan (unit) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N . L adalah panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung. D adalah diameter tiang, N adalah harga ratarata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut ini :

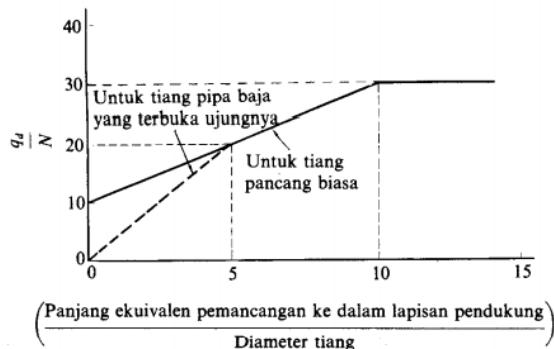
$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} (\bar{N} \leq 40) \quad (2.74)$$

Dimana :

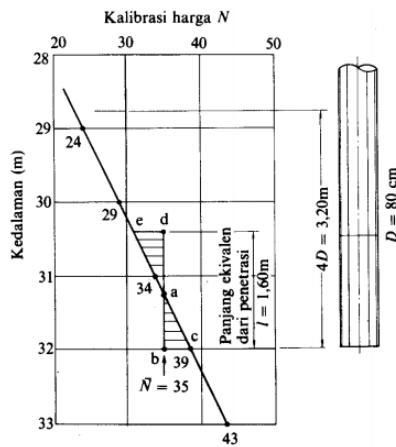
\bar{N} = Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

N_1 = Harga N pada ujung tiang

\bar{N}_2 = Harga rata-rata N pada jarak 4D dari ujung tiang



Gambar 2-14. Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang (Nakazawa, 2000)



Gambar 2-15. Penentuan Panjang Ekivalen (Nakazawa, 2000)

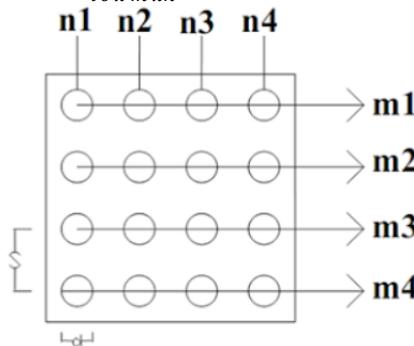
Jenis tanah pondasi	Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat	(Satuan: t/m ²)
Tanah berpasir		$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$	
Tanah kohesif		c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$	

Gambar 2-16. Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang (Nakazawa, 2000)

2.11.3 Tiang Pancang

- Perhitungan jarak antar tiang pancang $2,5 D \leq S \leq 3D$
- Perhitungan Jarak Tiang Pancang ke Tepi Poer $1,5 D \leq S \leq 2D$
- Efisiensi (η)

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times m \times n} \quad (2.75)$$



Gambar 2-17. Efisiensi Kelompok Tiang

Keterangan :

- θ = arc tan d/s , dalam derajat
- m = jumlah baris tiang
- n = jumlah tiang dalam satu baris
- d = diameter tiang
- s = jarak pusat ke pusat tiang lain

- Kekuatan kelompok tiang

$$P_{kelompok} = P_{ijin} \times \eta \quad (2.76)$$

- Gaya yang dipikul tiang pancang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \quad (2.77)$$

f. Kontrol tiang pancang

$$P_{max} \leq P_{ijin}$$

$$P_{min} \leq P_{ijin}$$

$$P_{max} \leq P_{kelompok}$$

2.11.4 Pilecap

a. Penulangan Lentur Poer

- Rencanakan ketinggian poer (h)

- Tentukan momen yang terjadi :

$$M_u = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot l^2) \quad (2.78)$$

- Hitung nilai Rn

$$R_n = \frac{M_u \cdot X_{max}}{b \cdot d} \quad (2.79)$$

- Hitung tulangan minimum pilecap :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.80)$$

- Hitung tulangan maksimum pilecap

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.81)$$

- Hitung nilai m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \quad (2.82)$$

- Hitung kebutuhan tulangan poer :

$$\rho_{max} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.83)$$

b. Kapasitas Geser Satu Arah

Untuk perencanaan poer, nilai V_c harus diambil dari persamaan berikut berdasarkan SNI 2847- 2019, Pasal 25.5.5.1 :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_{c'} b_w d} \quad (2.83)$$

Cek kondisi perencanaan geser menurut SNI 2847 2019 Pasal 22.6.1, Dimana :

$$\varphi V_c \geq V_u$$

Apabila kondisi ini tidak terpenuhi, maka diperlukan pembesaran penampang

c. Kapasitas Geser Dua Arah (Pons)

Perhitungan geser pons bertujuan untuk mengetahui apakah tebal pile cap cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi di sekitar kolom dan tiang pancang. Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari yang terkecil diantara persamaan berikut (SNI 2847 2019 Pasal 22.6.5.2 pasal :

$$V_c = 0,33\lambda\sqrt{fc'} \quad (2.84)$$

$$V_c = 0,17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{fc'} \quad (2.85)$$

$$V_c = 0,083\left(2 + \frac{a_sd}{b_0}\right)\lambda\sqrt{fc'} \quad (2.86)$$

Cek kondisi perencanaan geser menurut SNI 2847 2019 Pasal 22.6.1, Dimana :

$$\varphi V_c \geq V_u$$

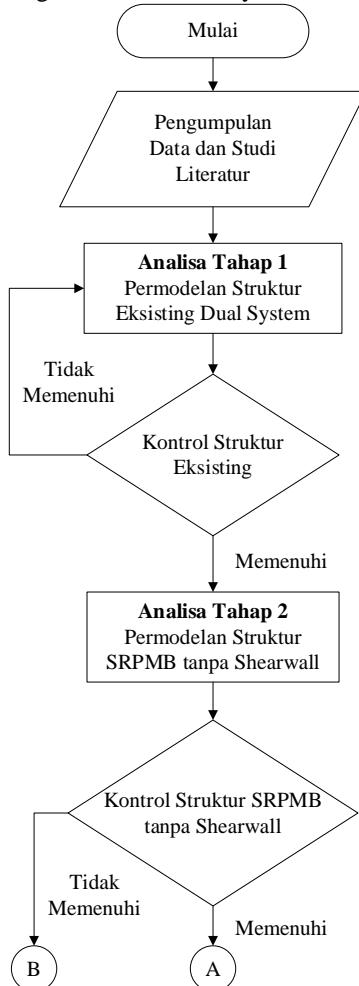
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

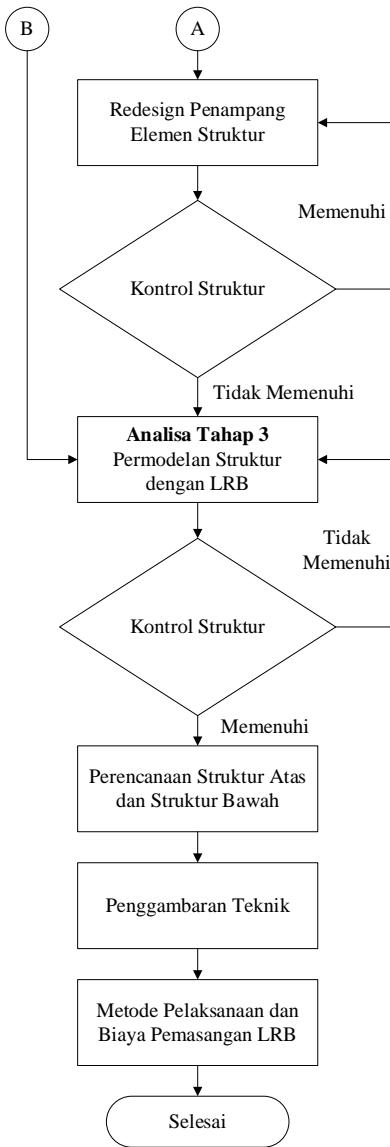
BAB III

METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penyelesaian Proyek Akhir

Berikut adalah bagan alir dalam menyelesaikan proyek akhir :





Gambar 3-1. Bagan Alir Penggerjaan Proyek Akhir

3.2 Pengumpulan Data

Data tersebut adalah gambar struktural berupa gambar denah balok kolom. Gambar arsitektural berupa gambar tampak dan potongan. Data material dan data tanah. Data-data eksisting gedung sebagai berikut:

- Lokasi : Malang, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel (hunian)
- Tipe Bangunan : Hunian (kategori risiko II)
- Jenis Tanah : Tanah sedang
- Jumlah Lantai : 16 lantai
- Tinggi Gedung : 58,60 meter
- Luas Bangunan : 936,78 m²
- Data Material :
 - Kolom = fc' 33,25 MPa
 - Balok dan pelat = fc' 30 MPa
 - Sloof = fc' 30 MPa
 - Pilecap = fc' 33,25 MPa
 - Besi tulangan ulir = fy 400 MPa
 - Besi tulangan polos = fy 240 MPa
- Data decking :
 - Pilecap = 75 mm
 - Plat lantai = 20 mm
 - Balok = 40 mm
 - Sloof = 40 mm
 - Kolom = 40 mm
- Peraturan yang digunakan
 - Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726-2019)
 - Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847-2019)
 - Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2020)
- Gambar struktural dan arsitektural terlampir
- Data tanah terlampir.

3.3 Input Pembebatan

Untuk memperoleh gaya dalam diperlukan perencanaan pembebatan meliputi:

- Beban mati (SNI 1727 2020)
- Beban hidup (SNI 1727 2020)
- Beban angin (SNI 1727 2020)
- Beban gempa (SNI 1726 2020)

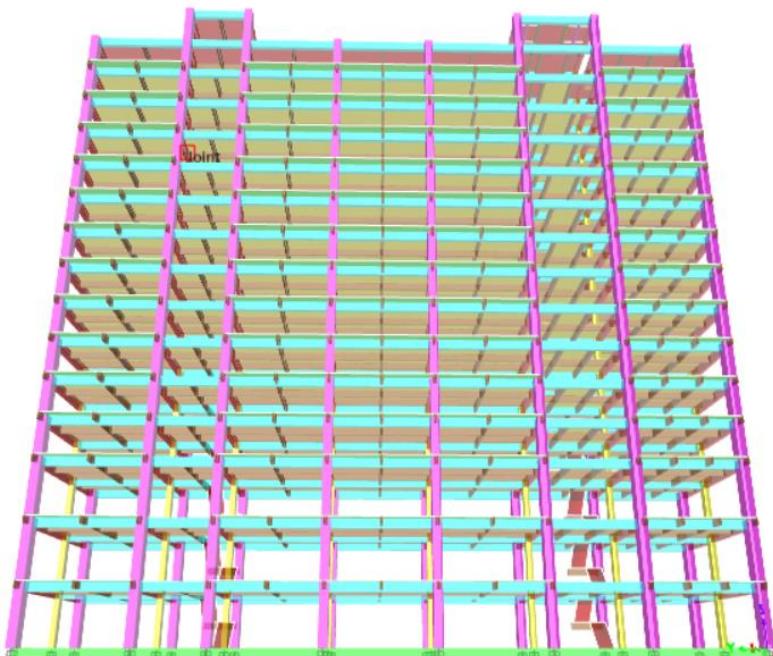
Setelah merencanakan beban gravitasi dan lateral, maka beban harus dikombinasi untuk menganalisis elemen struktur berdasarkan SNI 1726 2019

3.4 Permodelan Struktur Fixed Based

Sesuai dengan data dimensi eksisting Gedung Hotel di Malang, maka selanjutnya struktur bangunan dimodelkan menggunakan ETABS. Tujuannya untuk mendapatkan berat total bangunan dan beban aksial yang dimiliki oleh satu titik kolom bangunan yang berguna untuk perencanaan dimensi LRB

Permodelan struktur fixed based dilakukan dengan dua tahapan yaitu permodelan struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan kondisi eksisting bangunan kemudian dilakukan perubahan analisis menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dengan menghilangkan shear wall. Permodelan struktur fixed based seperti gambar di bawah ini.

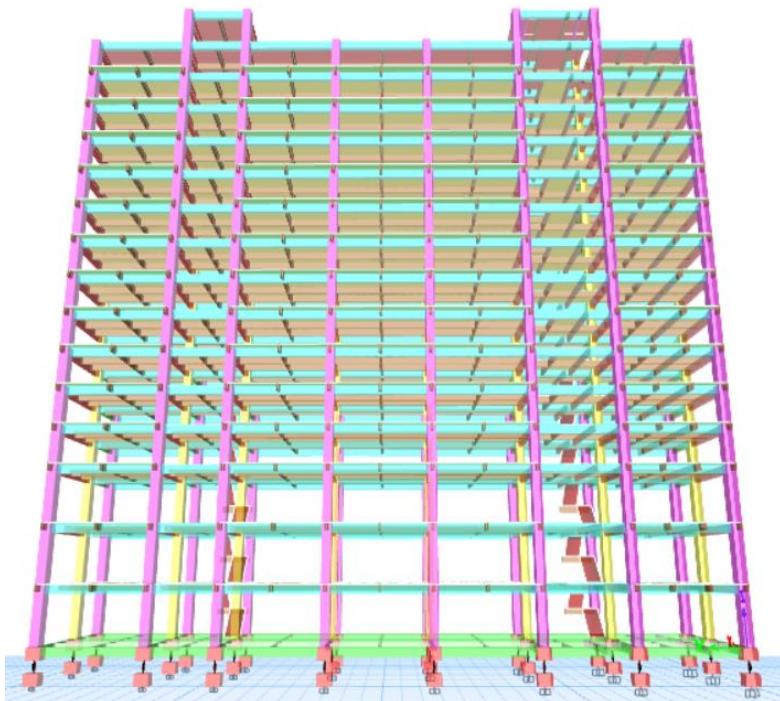
Pada permodelan Fixed Based dengan dimensi eksisting seperti gambar diatas maka pada titik pondasi diatas pile cap terjadi reaksi terjepit penuh. Perletakan jepit adalah perletakan yang menciptakan kondisi kaku / monolit. Perletakan ini mempunyai beberapa sifat yaitu mampu menahan momen, gaya horizontal dan gaya vertikal sehingga tidak dapat bergerak ke arah horizontal, vertikal dan juga tidak berputar. Sehingga pada permodelan Fixed Based dengan dimensi eksisting ini untuk Assign Joint Restraints dipilih perletakan jepit seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3-2. Permodelan Struktur Fixed Based

3.5 Permodelan Struktur dengan *Base Isolation*

Bangunan akan dimodelkan secara 3D dan memodelkan struktur secara utuh untuk membuat perlakuan struktur secara realistik. LRB akan ditempatkan pada kolom dengan menggunakan menu link / support properties pada ETABS. Serta dengan memasukkan data – data sesuai dengan brosur *base isolation* yang ada.



Gambar 3-3. Permodelan Struktur dengan Base Isolation

3.5.1 Perencanaan Base Isolation LRB

Perencanaan *base isolator* harus disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik lingkungan. Adapun langkah – langkah perencanaan sistem base isolator sebagai berikut :

1. Menyesuaikan kapasitas LRB untuk memikul beban kolom diatas LRB.
2. Melakukan perhitungan periode efektif dengan asumsi bahwa keseluruhan berat bangunan merupakan beban yang akan ditanggung oleh total keseluruhan LRB.

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_{eff} \cdot g}} \quad (3.1)$$

3. Menghitung periode penurunan pada respons spectrum gempa akibat dari pemasangan LRB pada bangunan (0,8 Teff)
4. Koreksi penggunaan LRB dilakukan dengan cara membandingkan perpindahan yang terjadi pada LRB hasil running SAP dan perhitungan maksimal perpindahan LRB.

3.6 Kontrol Struktur Bangunan

Analisa struktur gedung eksisting base isolation bertujuan untuk mengetahui karakteristik bangunan serta menyesuaikan dengan persyaratan yang ada pada SNI 1726 2019.

Dilakukan analisa struktur setelah pemasangan sistem base isolation. Dari run analisis pada program bantu ETABS dilakukan kontrol struktur untuk memperoleh strukur yang ideal. Kontrol-kontrol struktur sebagai berikut:

1. Kontrol partisipasi massa (subbab 2.9.1)
2. Kontrol periode fundamental (subbab 2.9.2)
3. Kontrol simpangan antar lantai (subbab 2.9.3)
4. Kontrol gaya geser dasar (subbab 2.9.4)

3.7 Output Gaya Dalam

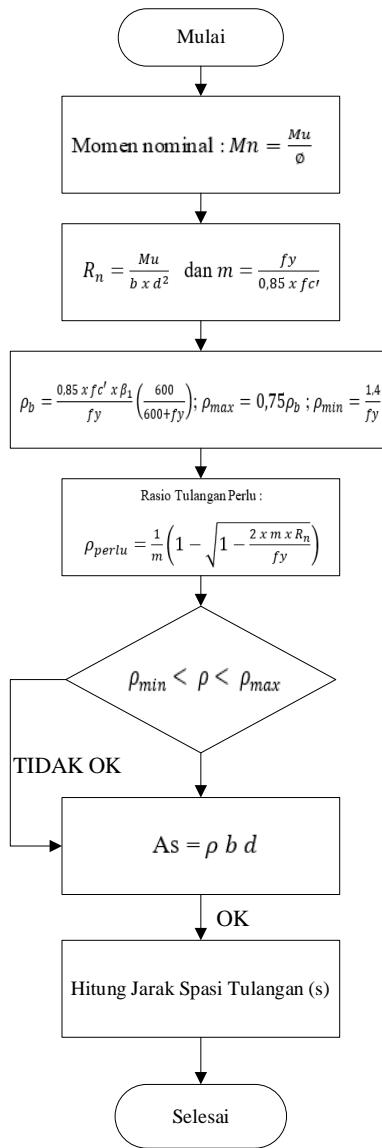
Hasil output dari permodelan didapatkan gaya dalam struktur yang berupa momen, gaya normal, dan gaya lintang. Dari gaya dalam yang didapat maka dapat dilakukan perhitungan tulangan pada elemen struktur yang ditinjau. Selain itu, output data periode bangunan, perpindahan antar lantai, rasio partisipasi massa yang akan digunakan untuk kontrol dinamis struktur dengan *base isolation*.

3.8 Perhitungan Struktur

Perhitungan struktur berdasarkan SNI 2847 2019 dan SNI 1726-2019. Tahap perhitungan dibagi menjadi 2 yaitu struktur atas dan struktur bawah. Berikut rincian sub perhitungan.

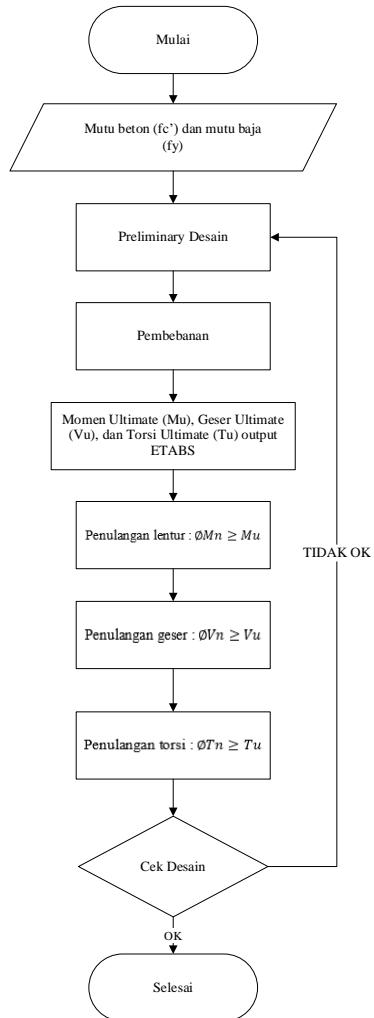
3.8.1 Pelat

Langkah-langkah perhitungan tulangan pada pelat adalah sebagai berikut :

**Gambar 3-4.** Prosedur Perhitungan Tulangan Pelat

3.8.2 Balok

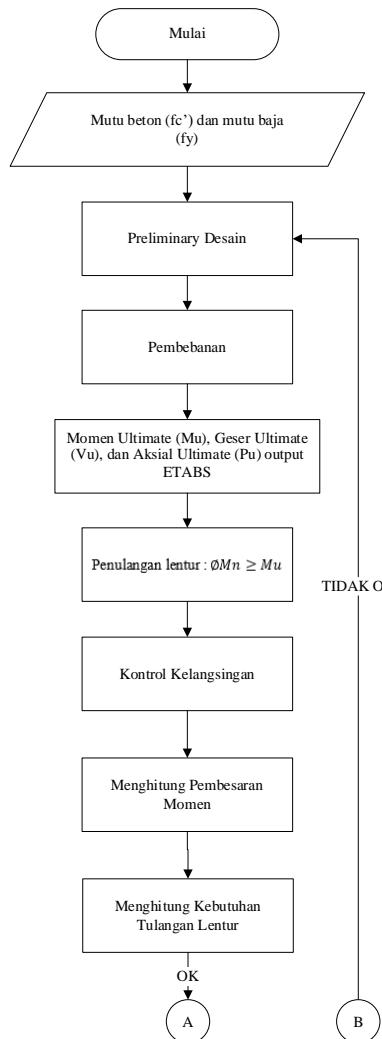
Langkah-langkah perhitungan tulangan pada balok adalah sebagai berikut :

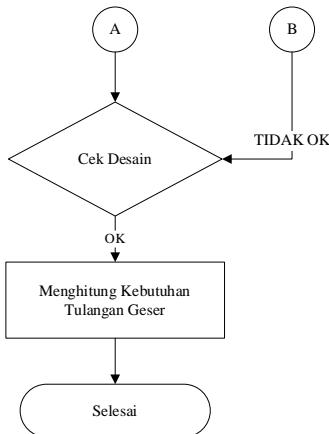


Gambar 3-5. Prosedur Perhitungan Tulangan Balok

3.8.3 Kolom

Langkah-langkah perhitungan tulangan pada kolom adalah sebagai berikut:

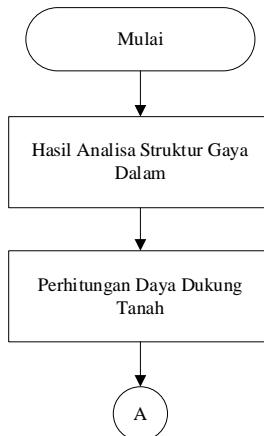


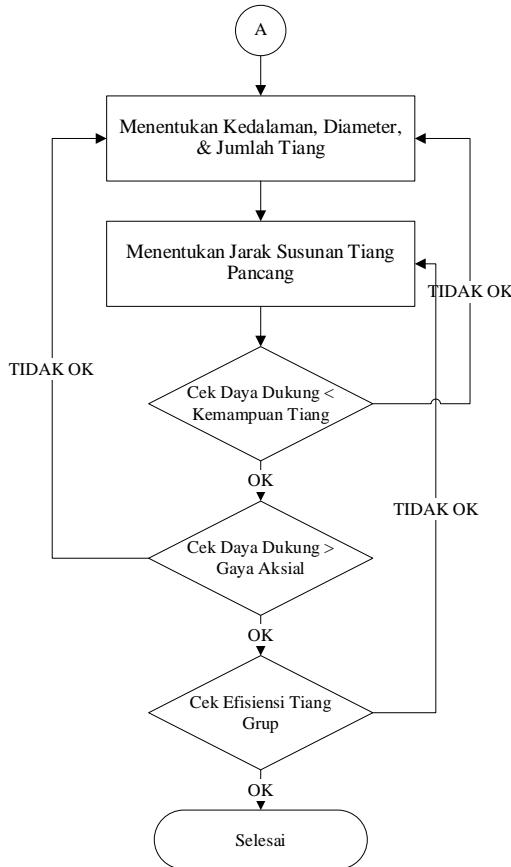


Gambar 3-6. Prosedur Perhitungan Tulangan Kolom

3.8.4 Pondasi

Gedung Hotel di Malang direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang grup. Langkah-langkah perhitungan perencanaan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut:





Gambar 3-7. Prosedur Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

3.9 Penggambaran Teknik

Penggambaran teknik hasil perhitungan struktur menggunakan software AutoCAD dan Revit. Penggambaran teknik meliputi:

1. Gambar Arsitektur
 - a. Gambar Denah
 - b. Gambar Tampak
 - c. Site Plan Gedung

2. Gambar Struktur

- a. Denah Kolom
- b. Denah Balok
- c. Denah Pelat
- d. Denah Sloof
- e. Denah LRB
- f. Denah Pondasi
- g. Potongan Melintang
- h. Potongan Memanjang
- i. Detail Potongan
- j. Detail Penulangan Balok
- k. Detail Penulangan Kolom
- l. Detail Penulangan Sloof
- m. Detail LRB

3.10 Metode Pelaksanaan Pemasangan LRB

Metode pelaksanaan untuk *Lead Rubber Bearing* (LRB) adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan *Base Plate*

Pemasangan *base plate* berfungsi sebagai penumpu base isolator yang akan direncanakan, meliputi :

- a. Pekerjaan pile cap
- b. Pembesian kolom pedestal
- c. Pemasangan bekisting pada kolom pedestal
- d. Pengecoran kolom pedestal

2. Pemasangan *Seismic Base*

Pemasangan *seismic base* berfungsi sebagai penumpu base isolator yang akan direncanakan, meliputi :

- a. Grouting kolom pendek
- b. Pemasangan base isolator bagian bawah
- c. Pemasangan Top plate
- d. Pemasangan base isolator bagian atas
- e. Pemasangan kolom atas

3.11 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya yang dihitung yaitu biaya pelaksanaan pemasangan *Base Isolator Lead Rubber Bearing*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA PEMBEBANAN

4.1 Beban Mati

Beban mati meliputi berat sendiri elemen struktur dan elemen nonstruktural. Beban sendiri elemen struktur akan didapat dari permodelan struktur pada program ETABS. Sedangkan untuk rincian dari beban elemen nonstruktural atau beban mati tambahan adalah sebagai berikut:

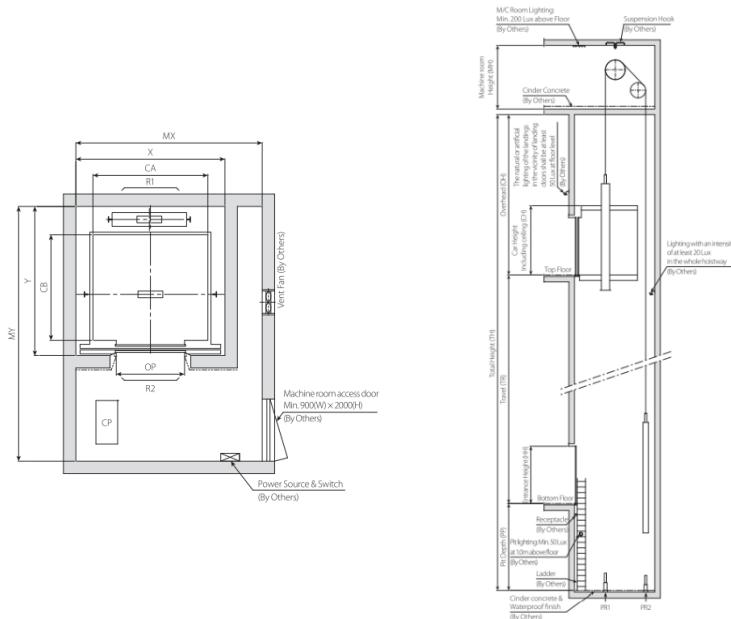
1. Berat sendiri elemen struktur
 - Berat beton = $23,6 \text{ kN/m}^2 = 2360 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 7-16 tabel C3.1)
2. Beban mati tambahan
 - Berat dinding bata ringan = 600 kg/m^2 (Brosur CITICON ®)
 - Beban keramik + Spesi = 1.10 kN/m^2 (ASCE 7-16 tabel C3.1 "*Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25-mm mortar bed*")
 - Beban penggantung plafond = 0.10 kN/m^2 (ASCE 7-16 tabel C3.1 "*Suspended steel channel system*")
 - Beban plafond = 0.05 kN/m^2 (ASCE 7-16 tabel C3.1 "*Acoustical fiberboard*")
 - Beban Mechanical Electrical (ME) = 0.19 kN/m^2 (ASCE 7-16 tabel C3.1 "*Mechanical duct allowance*")
 - Beban lapisan waterproofing = 0.05 kN/m^2 (ASCE 7-16 tabel C3.1 "*Waterproofing membranes liquid applied*")
 - Beban lift = lift yang dipakai yaitu merk Hyundai

Perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Untuk lift pada bangunan ini direncanakan digunakan lift dengan merk Hyundai dengan data-data sebagai berikut :

Tabel 4-1. Spesifikasi Lift Merk Hyundai

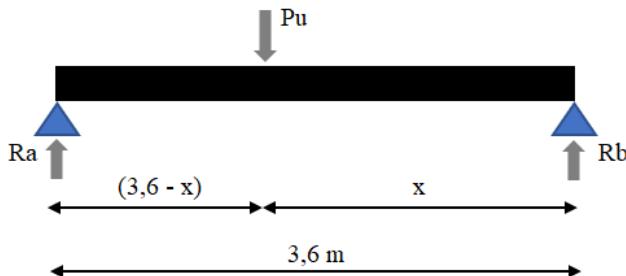
Speed (m/sec)	Capacity (Person/kg)		Reaction Static Load				Door Opening
	Person	Load	R1	R2	R3	R4	
2	24	1800	15500	8500	18450	15300	1100

Dimension					
Car		Hoistway		Machine Room	
CA	CB	X	Y	MX	MY
2000	1800	2550	2550	2900	4350

**Gambar 4-1.** Denah dan Potongan Hoistway Elevator

Perhitungan pembebanan pada balok lift penggantung lift adalah sebagai berikut:

Panjang balok penggantung lift = 3,2 m Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.6.3 dimana beban impak akibat mesin timbal balik, maka beban harus dikalikan sebesar 50%.



Gambar 4-2. Pembebanan pada Balok Lift

$$Ra = R1 \times 1,5 = 15500 \times 1,5 = 23250 \text{ kg}$$

$$Rb = R2 \times 1,5 = 8500 \times 1,5 = 12750 \text{ kg}$$

$$\sum Mb = 0$$

$$3,6 \text{ m} \times 23250 \text{ kg} - Pu \times x = 0$$

$$83700 \text{ kgm} - Pu \times x = 0$$

$$Pu = \frac{83700 \text{ kgm}}{x}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = -3,6 \text{ m} \times 12750 \text{ kg} + Pu \times (3,6 \text{ m} - x)$$

$$0 = -45900 \text{ kgm} + \frac{83700 \text{ kgm}}{x} \times (3,6 \text{ m} - x)$$

$$0 = 45900 \text{ kgm} + \frac{301320 \text{ kgm}^2 - 83700x \text{ kgm}}{x}$$

$$0 = -129600 \text{ kgm} + \frac{301320 \text{ kgm}}{x}$$

$$x = \frac{301320 \text{ kgm}}{129600 \text{ kgm}}$$

$$x = 2.325 \text{ m}$$

$$Pu = \frac{83700 \text{ kgm}}{x} = \frac{83700}{2.325} = 36000 \text{ kg}$$

4.2 Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung sesuai fungsi ruang, maka beban hidup dapat dibedakan sesuai SNI 1727 2020 Tabel 4.3-1 sebagai berikut:

1. Beban kamar hotel : 1,92 kN/ m²
2. Beban ruang publik : 4,79 kN/ m²
3. Beban parkiran : 1,92 kN/m²
4. Beban koridor : 3,83 kN/ m²
5. Beban ruang kantor : 2,4 kN/ m²
6. Beban ruang pertemuan : 4,79 kN/ m²
7. Beban bordes dan tangga : 4,79 kN/m²
8. Beban atap datar : 0,96 kN/ m²

4.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya per luas bidang. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin pada bangunan tertutup menggunakan SNI 1727 2020 Pasal 26 dan 27.

a. Kecepatan Angin Dasar (V)

Kecepatan angin dasar sesuai dengan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada lokasi bangunan. Untuk wilayah Malang adalah 7,8 m/s.

b. Faktor Arah Angin, Kd

Berdasarkan SNI 1727 2020 Tabel 26.6-1 didapatkan nilai faktor arah angin Kd = 0,85

c. Kategori Eksposur, Kz

Menurut pasal 26.7 pada SNI 1727 2020, bangunan hotel ini yang terletak di tengah kota akan mendapatkan kategori eksposur B.

d. Faktor Topografi, Kzt

Menurut pasal 26.8.2. Kzt dapat ditentukan sebesar 1,0.

e. Faktor Pengaruh Tiupan Angin

Menurut pasal 26.9.1. faktor pengaruh tiupan angin dapat ditentukan sebesar 0,85.

f. Klasifikasi Ketertutupan

Pada pasal 26.10, Bangunan hotel ini merupakan bangunan dengan klasifikasi tertutup.

- g. Koefisien tekanan internal (GCpi)

Tabel 4-2. Klasifikasi Ketertutupan

Klasifikasi Ketertutupan	Kriteria untuk Klasifikasi Ketertutupan	Tekanan Internal	Koefisien tekanan internal, GCpi
Bangunan tertutup	A_o kurang dari terkecil $0,01A_{gi}$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} 0,2$	Sedang	+0,18
			-0,18
Bangunan tertutup sebagian	$A_o > 1,1A_{oi}$ dan $A_o >$ terkecil dari $0,01A_{gi}$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} 0,2$	Tinggi	+0,55
			-0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	+0,18
			-0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

Menurut tabel 26.11-1, pada klasifikasi bangunan tertutup maka didapatkan nilai dari GCpi adalah +0,18 dan -0,18.

- h. Koefisien eksposure tekanan velositas, Kz atau Kh

Berdasarkan pasal 26.10.1 didapatkan nilai $\alpha = 7.0$ dan $Zg = 365.76 \text{ m}$. Jika ketinggian untuk kolom bangunan, $z = 58.6 \text{ meter}$, maka :

$$K_z = 2,01 \cdot \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2,01 \cdot \left(\frac{58,6}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}} = 1,191$$

- i. Tekanan velositas, q_z

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menentukan tekanan velositas berdasarkan pasal 26.10.2 :

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0,613 \times 1,191 \times 1 \times 0,85 \times 7,8^2 = 37,76 \text{ N/m}^2$$

$$q_h = q_z = 37,76 \text{ N/m}^2$$

- j. Koefisien tekanan eksternal (untuk dinding pada gedung)

Tabel 4-3. Koefisien Tekan Dinding

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

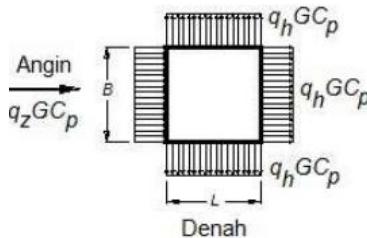
- Panjang bangunan, L = 60,05
- Lebar bangunan, B = 15,6
- $L/B = 60,05/15,6 = 3,85$
- $C_p = 0,8$ (untuk dinding pada angin datang)
- $C_p = -0,2925$ (untuk dinding pada angin pergi)
- $C_p = -0,7$ (untuk dinding pada angin tepi)

- k. Pengaruh pada dinding

Pada bangunan hotel, beban angin yang berhembus akan didistribusikan pada elemen kolom, sehingga beban yang terjadi pada kolom adalah

$$P = q_z \times G \times C_p - q_i \times G C_{pi}$$

Tekanan per meter persegi pada bangunan hotel, beban akan didistribusikan pada elemen kolom, sehingga beban yang terjadi angin yang berhembus pada kolom adalah



Gambar 4-3. Ilustrasi beban angin yang bekerja

Berdasarkan gambar diatas, beban angin yang ada pada kolom adalah sebagai berikut:

$$q_z = 37,76 \text{ N/m}^2$$

$$G = 0,85$$

$$C_p = 0,8 (\text{datang}), -0,292 (\text{pergi}), -0,7 (\text{tepi})$$

$$GC_{pi} = 0,18 (\text{tekan}), -0,18 (\text{hisap})$$

Maka besaran angin datang, tepi dan hisap sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Pada angin datang} &= q_z \times G \times C_p \\ &= 37,76 \times 0,85 \times 0,8 \\ &= 25,68 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pada angin pergi} &= q_z \times G \times C_p \\ &= 37,76 \times 0,85 \times -0,292 \\ &= -9,39 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pada angin tepi} &= q_z \times G \times C_p \\ &= 37,76 \times 0,85 \times -0,7 \\ &= -22,47 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Berikut merupakan beban angin yang terjadi di setiap lantai dari bangunan ini :

Tabel 4-4. Rekapitulasi beban angin setiap lantai

Lantai	Tinggi Lantai (z)	Kz	Kzt	Kd	qz	Angin datang	Angin pergi	Angin tepi
	(m)					(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
1	5	0.590	1	0.85	18.691	12.710	-4.647	-11.121
2	10	0.719	1	0.85	22.784	15.493	-5.665	-13.557

3	13.5	0.783	1	0.85	24.824	16.880	-6.172	-14.770
4	16.5	0.829	1	0.85	26.289	17.877	-6.536	-15.642
5	19.5	0.870	1	0.85	27.574	18.751	-6.856	-16.407
6	22.5	0.906	1	0.85	28.725	19.533	-7.142	-17.091
7	25.5	0.939	1	0.85	29.771	20.244	-7.402	-17.714
8	28.5	0.969	1	0.85	30.732	20.898	-7.641	-18.286
9	31.5	0.998	1	0.85	31.624	21.504	-7.862	-18.816
10	34.5	1.024	1	0.85	32.456	22.070	-8.069	-19.312
11	37.5	1.049	1	0.85	33.239	22.602	-8.264	-19.777
12	40.5	1.072	1	0.85	33.978	23.105	-8.448	-20.217
13	43.5	1.094	1	0.85	34.679	23.582	-8.622	-20.634
14	46.5	1.115	1	0.85	35.346	24.035	-8.788	-21.031
15	49.5	1.135	1	0.85	35.983	24.468	-8.946	-21.410
Atap	52.5	1.154	1	0.85	36.593	24.883	-9.098	-21.773

Berdasarkan SNI 03-1727-2020 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum adalah = 0,77 kN/m² = 770 N/m² untuk dinding bangunan dan 0,38 kN/m² = 38 kg/m² untuk luas atap bangunan gedung.

4.4 Beban Hujan

Beban air hujan direncanakan berdasarkan pada pasal 8.3 SNI 1727 2020.

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

d_s = tinggi statis

d_h = tinggi hidrolis

Direncanakan,

- Tinggi statis = 10 mm
- Tinggi hidrolis = 10 mm

Sehingga,

- $R = 0,0098 \cdot (d_s + d_h)$
- $R = 0,0098 \cdot (10 + 10) = 0,196 \text{ kN/m}^2$

4.5 Beban Gempa

Untuk peraturan beban gempa mengacu pada SNI 1726 2019. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan :

- Mengklasifikasi Kategori Struktur Bangunan
Sesuai dengan Tabel 3 Kategori Resiko Bangunan SNI 1726 2019 bangunan yang didesain untuk fasilitas pendidikan masuk kedalam kategori risiko II.
- Menentukan Faktor Keutamaan Gempa
Berdasarkan SNI 1726 2019 Tabel 2 dan kategori risiko yang didapat maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni $I_e=1.00$.
- Menentukan Kelas Situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 30m dari Testana Engineering didapatkan hasil dibawah ini:

Tabel 4-5. Perhitungan N-SPT

Lapisan ke	Tebal Lapisan(di)	Deskripsi Tanah	N-SPT (ni)
1	1.8	Silt and clay, dark greayish brown,trace sand, medium	6
2	1.6	Silt and clay, dark brown,trace sand, medium	4.5
3	2	Silt and sand, brown, little clay, very loose	7
4	0.5	Silt and clay, brown, trace sand	18
5	1.8	Sand, brown, some silt, contains gravel, very dense	50
6	1.7	Silt and sand, brown, little clay, contains gravel, very dense	48

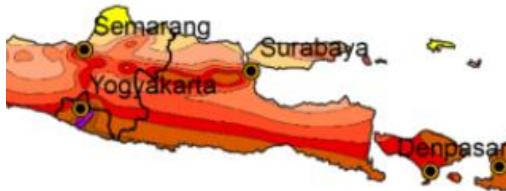
7	2.4	Silt and sand, grey, little clay, medium	20
8	0.5	Sand and gravel, grey	15
9	2.4	Silt and sand, dark grey, loose to medium	6
10	0.8	Sand, dark grey, loose	9
11	1.8	Silt and clay, grey, inorganic, some sand, very stiff	21
12	2	Sand, brown, some silt, cement, dense	37
13	3	Sand, brownish grey, trace gravel, medium	34
14	1.5	Silt and clay, brown, inorganic, trace sand, hard	42
15	1	Silt and clay, greenish brown, inorganic, some sand	49
16	3.6	Sand, grey, trace to some silt, contains gravel, dense to very dense	27
17	1.6	Sand and silt, greenish grey, little clay, medium	25

Sehingga didapatkan nilai \bar{N} :

$$\bar{N} = \frac{\sum di}{\sum \frac{di}{ni}} = \frac{30}{1,86} = 16,093$$

Dengan data SPT test diatas sesuai tabel kelas situs SNI 1726 2019 maka termasuk dalam kelas SD (Tanah Sedang)

- d. Menentukan parameter percepatan gempa



Gambar 4-4. Besaran percepatan gempa dalam periode 0,2 detik



Gambar 4-5. Besaran percepatan gempa dalam periode 1 detik

Nilai parameter percepatan gempa untuk kota Malang yang digunakan melihat dari Peta Sumber dan Bahaya Gempa 2019 digunakan nilai SS = 0,7 dan S1 = 0,3.

- e. Menentukan koefisien situs

Koefisien situs ditentukan berdasarkan SNI 1726 2019. seperti berikut ini:

Tabel 4-6. Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s = 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Tabel 4-7. Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S_s					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

$S_s = 0,7 \text{ g}$ berada di antara 0,75 dan 0,5 maka dilakukan interpolasi linier. Maka $F_a = 1,24$

$S_1 = 0,3 \text{ g}$ berada di antara 0,3 dan 0,2 maka dilakukan interpolasi linier. Maka $F_v = 2,0$

- f. Menentukan parameter percepatan desain spectral

Parameter percepatan spektral desain untuk periode singkat (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) dihitung sesuai SNI 1726-2019 :

$$SM_s = Fa \cdot S_s = 1,24 \cdot 0,7 = 0,87$$

$$SM_1 = Fa \cdot S_1 = 2,0 \cdot 0,3 = 0,6$$

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS} = 2/3 \cdot 0,87 = 0,58$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1} = 2/3 \cdot 0,6 = 0,4$$

g. Menentukan kategori desain seismik

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai S_{DS} dan S_{D1} .Nilai tersebut digunakan untuk menentukan kategori desain seismic dari bangunan ini sesuai dengan tabel 8 SNI 1726 2019, sehingga nantinya respons spektrum yang diharapkan sesuai dengan KDS bangunan.Dari klasifikasi tabel dibawah ini dapat disimpulkan bahwa bangunan gedung perkuliahan termasuk KDS D.

h. Menentukan parameter gempa

Berdasarkan Tabel 12 SNI 1726 2019, untuk sistem rangka pemikul momen biasa adalah:

Koefisien modifikasi respons (R) : 3

Faktor kuat-lebih sistem (Ω_0) : 3

Faktor pembesaran defleksi (C_d) : 2,5

i. Analisa respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726 2019 pasal 6.4 didapatkan bahwa :

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SD_s} = 0,2 \frac{0,4}{0,58} = 0,14$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SD_s} = \frac{0,4}{0,58} = 0,69$$

Ketentuan untuk perhitungan respon spektrum :

- Untuk $T < T_0$, spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

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

Maka untuk $T=0$

$$S_a = 0,58 \times \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,14} \right) = 0,23$$

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

Maka untuk $T_0 = 0,14$ maka $S_a = 0,58$

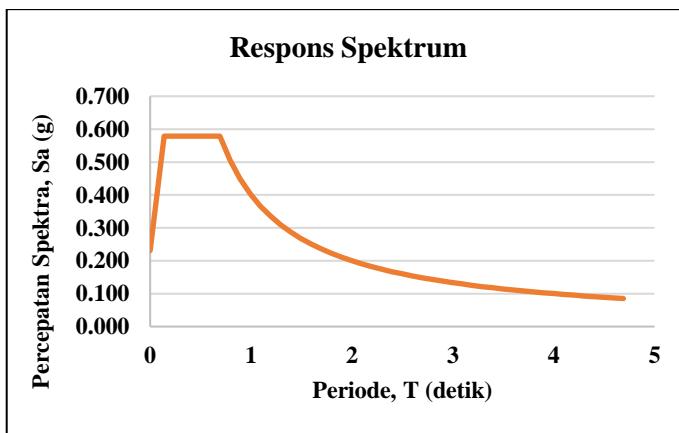
Untuk $T_s = 0,69$ maka $S_a = 0,58$

- Untuk $T_s \leq T \leq T_L$ maka : $S_a = \frac{SD_1}{T} = 0,51$

- Untuk $T > T_L$ maka $S_a = \frac{SD_1 \cdot T_L}{T^2} = 0,3795$

Tabel 4-8. Perhitungan Respon Spektrum Desain

T (detik)	T (detik)	S_a (g)	T (detik)	T	S_a
0	0	0.231	Ts+2	2.69	0.149
T ₀	0.14	0.579	Ts+2.1	2.79	0.143
T _s	0.69	0.579	Ts+2.2	2.89	0.138
Ts+0.1	0.79	0.506	Ts+2.3	2.99	0.134
Ts+0.2	0.89	0.449	Ts+2.4	3.09	0.129
Ts+0.3	0.99	0.404	Ts+2.5	3.19	0.125
Ts+0.4	1.09	0.367	Ts+2.6	3.29	0.122
Ts+0.5	1.19	0.336	Ts+2.7	3.39	0.118
Ts+0.6	1.29	0.310	Ts+2.8	3.49	0.115
Ts+0.7	1.39	0.288	Ts+2.9	3.59	0.111
Ts+0.8	1.49	0.268	Ts+3	3.69	0.108
Ts+0.9	1.59	0.251	Ts+3.1	3.79	0.106
Ts+1	1.69	0.237	Ts+3.2	3.89	0.103
Ts+1.1	1.79	0.223	Ts+3.3	3.99	0.100
Ts+1.2	1.89	0.212	Ts+3.4	4.09	0.098
Ts+1.3	1.99	0.201	Ts+3.5	4.19	0.095
Ts+1.4	2.09	0.191	Ts+3.6	4.29	0.093
Ts+1.5	2.19	0.183	Ts+3.7	4.39	0.091
Ts+1.6	2.29	0.175	Ts+3.8	4.49	0.089
Ts+1.7	2.39	0.167	Ts+3.9	4.59	0.087
Ts+1.8	2.49	0.161	Ts+4	4.69	0.085
Ts+1.9	2.59	0.154			

**Gambar 4-6.** Respon Spektrum Desain

4.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan untuk perhitungan beton bertulang sesuai SNI 1726 : 2019 dalam pasal 4.2.2.1 sampai 4.2.2.3, dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

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

Dimana :

D	= beban mati
L	= beban hidup
Lr	= Beban hidup atap
R	= beban hujan
W	= beban angin
Ev	= beban gempa vertikal
Eh	= beban gempa horizontal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

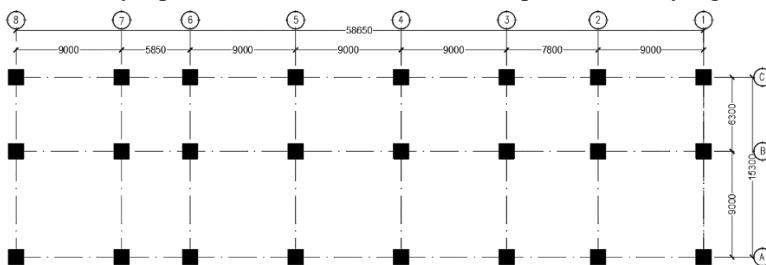
PRELIMINARY STRUKTUR BASE ISOLATION

5.1 Perhitungan Dimensi Lead Rubber Bearing

Dimensi *Lead Rubber Bearing* (LRB) ditentukan berdasarkan beberapa kriteria sebagai kontrol yang harus dipenuhi sehingga elemen tersebut dapat memberikan reduksi terhadap beban gempa yang diterima oleh bangunan.

Dimensi LRB menyesuaikan beban aksial yang ditumpu oleh kolom dan harus melebihi kapasitas beban yang ada. Berikut merupakan langkah – langkah trial error bangunan dengan isolasi dasar :

1. Menyesuaikan kapasitas LRB untuk memikul beban kolom diatasnya, pemilihan LRB harus melebihi kapasitas beban yang ada.



Gambar 5-1. Layout Denah Rencana Pemasangan LRB

Tabel 5-1. Perencanaan LRB Tiap Kolom

As Kolom	Aksial (kN)	Isolator
1-A	9697.09	LH120G4A
1-B	7363.5	LH120G4A
1-C	9573.07	LH120G4A
2-A	12476.2	LH120G4A
2-B	10617.9	LH120G4A
2-C	13980.2	LH120G4A
3-A	12352.5	LH120G4A
3-B	12384	LH120G4A

3-C	10256.8	LH120G4A
4-A	13222.6	LH120G4A
4-B	10795	LH120G4A
4-C	12698.1	LH120G4A
5-A	12587.8	LH120G4A
5-B	13102.1	LH120G4A
5-C	10638.1	LH120G4A
6-A	9535.91	LH120G4A
6-B	11723.7	LH120G4A
6-C	12398.1	LH120G4A
7-A	9254.54	LH120G4A
7-B	11559.7	LH120G4A
7-C	10847.9	LH120G4A
8-A	7126.99	LH120G4A
8-B	9213.03	LH120G4A
8-C	8969.99	LH120G4A

Tabel 5-2. Spesifikasi LRB Bridgestone

TIPE	LH120G4A	
Diameter	1200	mm
Fz	16300	kN
Kv	6690	kN/mm
Kh	3.87	kN/mm
Tr	200	mm
H	385.6	mm
W	24.4	kN
L	1600	mm
Dd	150	mm
Damping	0.255	

● LH Series [Total Rubber Thickness 20cm]														
Characteristics		S	F	E	O	C	B	A	G	I	H	J	K	L
Physical Dimensions	Outer diameter [mm]							1200						
	Lead plug diameter [mm]	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
	Effective plane area [$\times 10^3$ mm 2]	11055	11026	10996	10963	10930	10894	10857	10819	10779	10737	10694	10649	10603
	Thickness of one rubber layer [mm]							8.0						
	Number of rubber layers [-]							25						
	Total rubber thickness [mm]							200						
	First shape factor [-]							375						
	Second shape factor [-]							6.00						
	Diameter of flange [mm]							1600						
	Thickness of flange* ¹ [mm] (edge / center)							32/40						
	Connecting bolt PCD [mm]							1450						
	Diameter of connecting bolt hole x qty [mm]							2.39 x 12						
	Bolt size (assumption) [-]							M36						
	Thickness of each reinforced steel plate [mm]							4.4						
Compression Properties	Total height [mm]							385.6						
	Total weight [tonf]	2.45	2.46	2.47	2.47	2.48	2.49	2.50	2.51	2.52	2.53	2.55	2.56	2.57
	Total weight [kN]	24.0	24.1	24.2	24.3	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	25.0	25.1	25.2
	Critical stress [N/mm 2] σ_c when $\gamma = 0$							98						
Shear Properties ($\gamma = 100\%$)	$\{\gamma_c, \sigma_c\}$							0.0060						
	$\{\gamma_p, \sigma_p\}$							2.5860						
	$\{\gamma_s, \sigma_s\}$							4.0039						
	Compressive stiffness ($\times 10^3$ kN/m)							6690						
Tensile Properties ($\gamma = 100\%$)	Nominal long term compressive stress [N/mm 2]							15.0						
	Nominal long term column load [kN]	16600	16500	16500	16400	16400	16300	16300	16200	16200	16100	16000	16000	15900
	Allowable tensile stress [N/mm 2] ($\gamma = 100\%$)							1.0						
	Initial stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	28.6	28.7	28.7	28.7	28.8	28.8	28.9	28.9	29.0	29.0	29.1	29.2	29.2
Impact Properties	Post yield stiffness ($\gamma = 100\%$ kN/m)	2.20	2.21	2.21	2.21	2.21	2.22	2.22	2.23	2.23	2.23	2.24	2.24	2.25
	Characteristic Strength [kN]	203	226	250	276	303	331	360	391	423	456	491	526	563
	Equivalent shear stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	3.22	3.33	3.46	3.59	3.73	3.87	4.02	4.18	4.34	4.51	4.69	4.87	5.06
	Equivalent damping ratio [-]	0.193	0.206	0.219	0.232	0.244	0.255	0.266	0.276	0.285	0.294	0.302	0.310	0.317

* Special thickness for flange is available. Please refer to the table on the next page (upper top table) for more details.

Gambar 5-2. Brosur Bridgestone

Keterangan :

D : Diameter

D_{max} : Perpindahan horizontal maksimum

F_{z,d} : *non-seismic combination* maksimum pada LRB

Ned,max : *seismic load combination* maksimum pada LRB

K_v : Kekakuan Vertikal LRB

K_h : Kekakuan Horizontal Efektif ($\gamma = 1$)

T_r : Tinggi Total LRB

W : Berat LRB

L : Panjang Pelat Dasar LRB.

2. Melakukan perhitungan periode efektif dengan asumsi berat struktur bangunan akan dipikul oleh 24 LRB.

$$\sum k_{eff} = (n \times k_{eff,600})$$

$$\sum k_{eff} = (24 \times 4,02)$$

$$\sum k_{eff} = 100,5 \text{ kN/mm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{w}{k_{eff} \times g}} = 2\pi \sqrt{\frac{185108,959 \text{ kN}}{100,5 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \times 9810}} = 2,721 \text{ detik}$$

Dimana :

W = Berat efektif bangunan (diambil dari ETABS) (kN)

$\sum k_{eff}$ = Jumlah total kekakuan efektif (kN/mm)

Perhitungan koreksi dimensi LRB yang dibutuhkan oleh Gedung Hotel. Sebelum menghitung koreksi kebutuhan luas daripada *base isolation* terlebih dahulu diambil data *trial error* dengan beban terbesar.

3. Menghitung periode penurunan pada respon spektrum gempa akibat dari pemasangan LRB pada bangunan. (0,8T_{eff})

$$0,8T_{eff} = 0,8 \times 2,72 = 2,18 \text{ detik}$$

4. Koreksi penggunaan LRB dilakukan dengan cara membandingkan perpindahan maksimal yang terjadi pada LRB hasil running ETABS dan perpindahan maksimal LRB.

Tabel 5-3. Perpindahan maksimum Base Isolation (ETABS)

As Kolom	Teff	0.8Teff	DD	Dis. ETABS	
	(sekon)	(sekon)	(mm)	X	Y
1-A	3.12	2.49	189.76	59.40	56.08
1-B	2.72	2.17	165.36	56.08	56.47
1-C	3.10	2.48	188.54	57.00	55.37
2-A	3.53	2.83	215.24	60.20	57.81
2-B	3.26	2.61	198.56	59.90	56.03
2-C	3.74	2.99	227.84	57.22	56.52
3-A	3.52	2.81	214.17	56.60	57.83
3-B	3.52	2.82	214.44	53.83	57.77
3-C	3.20	2.56	195.16	54.22	56.91
4-A	3.64	2.91	221.58	52.17	57.78
4-B	3.29	2.63	200.21	54.91	55.21
4-C	3.57	2.85	217.15	52.64	56.69
5-A	3.55	2.84	216.20	50.88	57.93
5-B	3.62	2.90	220.57	53.45	55.22
5-C	3.26	2.61	198.75	51.28	56.62
6-A	3.09	2.47	188.18	51.17	58.62
6-B	3.43	2.74	208.65	53.98	55.97
6-C	3.52	2.82	214.57	51.48	56.96
7-A	3.04	2.44	185.38	49.07	58.57
7-B	3.40	2.72	207.18	51.41	56.69
7-C	3.30	2.64	200.70	49.25	57.25
8-A	2.67	2.14	162.68	46.79	56.49
8-B	3.04	2.43	184.96	49.29	51.93
8-C	3.00	2.40	182.51	47.26	55.11

Perpindahan maksimum (D_{TM}) dari base isolation dapat diketahui dengan pendekatan sebagai berikut : (Kelly, 2012) $D_{TM} = 1,5 DT$
dimana $D_T = 1,1 DD$

Oleh karena itu perpindahan maksimum akan dihitung berdasarkan pendekatan persamaan tersebut.

Tabel 5-4. Perpindahan maksimum Base Isolation (ETABS)

As Kolom	Dis. ETABS		DT	DTM	KET
	X	Y			
1-A	59.40	56.08	208.73	313.10	OK
1-B	56.08	56.47	181.89	272.84	OK
1-C	57.00	55.37	207.40	311.09	OK
2-A	60.20	57.81	236.76	355.15	OK
2-B	59.90	56.03	218.42	327.63	OK
2-C	57.22	56.52	250.63	375.94	OK
3-A	56.60	57.83	235.59	353.38	OK
3-B	53.83	57.77	235.89	353.83	OK
3-C	54.22	56.91	214.67	322.01	OK
4-A	52.17	57.78	243.74	365.61	OK
4-B	54.91	55.21	220.23	330.35	OK
4-C	52.64	56.69	238.86	358.29	OK
5-A	50.88	57.93	237.82	356.73	OK
5-B	53.45	55.22	242.63	363.95	OK
5-C	51.28	56.62	218.63	327.94	OK
6-A	51.17	58.62	206.99	310.49	OK
6-B	53.98	55.97	229.51	344.27	OK
6-C	51.48	56.96	236.02	354.03	OK
7-A	49.07	58.57	203.92	305.87	OK
7-B	51.41	56.69	227.90	341.85	OK
7-C	49.25	57.25	220.77	331.16	OK
8-A	46.79	56.49	178.95	268.42	OK
8-B	49.29	51.93	203.46	305.19	OK

8-C	47.26	55.11	200.76	301.14	OK
-----	-------	-------	--------	--------	----

5. Perhitungan koreksi dimensi LRB yang dibutuhkan oleh bangunan Gedung Hotel di Malang.

Sebelum menghitung koreksi kebutuhan luas daripada base isolation terlebih dahulu diambil data trial error dengan beban terbesar.

Data Perhitungan : Kolom AS 2-C

$$\text{Beban kolom} = 13980,2 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}\text{Inersia Kolom} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 1300 \times 1300^3 \\ &= 2,38 \times 10^{11} \text{mm}^4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Modulus elastisitas beton (E)} &= 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \times \sqrt{33,25} \\ &= 27101,52 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi kolom LRB (L)} = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya Gravitasi (g)} = 9810 \text{ mm/detik}^2$$

1. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh LRB tidak boleh kurang dari reaksi terbesar akibat beban kombinasi ultimate tanpa gempa sebesar 13980,2 kN.
2. Periode efektif bangunan *base isolation* dapat dihitung berdasarkan *AASHTO Guide Spesification 1999* dengan perumusan seperti berikut ini :

$$K_{kolom} = \frac{4EI}{L} = \frac{4 \times 27101,52 \times 2,38 \times 10^{11}}{1000}$$

$$K_{kolom} = 1,72 \times 10^{13} \frac{N}{mm} = 1,72 \times 10^{10} \frac{kN}{mm}$$

$$K_{eff} = \frac{K_{kolom} \times K_{LRB}}{K_{kolom} + K_{LRB}} = \frac{1,72 \times 10^{10} \times 4,02}{1,72 \times 10^{10} + 4,02} = 4,02 \frac{kN}{mm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_{eff} \times g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1980,2}{4,02 \times 9810}} = 3,74 \text{ detik}$$

Periode efektif bangunan dengan sistem isolasi dasar akan diambil sebesar 3,74 detik dengan asumsi bahwa perhitungan tersebut telah melibatkan kekakuan horizontal dari LRB dan kolom pendek.

3. Menentukan koefisien redaman sistem *base isolation*. Diketahui redaman efektif dari LRB adalah sebesar 25,5%. Sesuai dengan tabel 2-1 maka didapati besaran koefisien dari redaman sistem isolasi dasar adalah sebesar :

$$B_D \text{ atau } B_M = 1.5 - \left(\frac{25,5 - 20}{30 - 20} \times (1.5 - 1.7) \right) = 1.63$$

4. Menghitung perpindahan maksimum struktur sistem isolasi yaitu:

$$D_M = \frac{g S_M T_M}{4 \pi^2 B_M} = \frac{9810 \times 0,6 \times 3,74}{4 \pi^2 \times 1,63} = 341,94 \text{ mm}$$

5. Perhitungan diameter pakai dari *base isolator*. Parameter dari pada penentuan diameter *base isolator* seperti pada poin 1 – 3 serta total maksimum perpindahan LRB harus lebih besar dari perpindahan rencana sistem isolasi yaitu 341,94 mm. (Kelly, 2012)

$$A_{LRB} = \frac{K_{eff} t_r}{G} = \frac{4020 \times 200}{0,385} = 2088312 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2088312}{\pi}} = 1631,03 \text{ mm}$$

Maka dimensi base isolation LRB yang akan dipakai yaitu 1200 mm dengan tipe LH120G4A sesuai brosur Bridgestone

6. Perhitungan gaya lateral minimum yang harus didapatkan oleh struktur bangunan sistem isolasi dasar pada bagian sistem isolasi dan elemen – elemen dibawah sistem isolasi :

$$D_M = 341,94 \text{ (perpindahan maksimum base isolator)}$$

$$V_b = K_M \cdot D_M = 4,02 \frac{kN}{mm} \cdot 341,94 \text{ mm} = 1374,597 \text{ kN}$$

7. Perhitungan gaya lateral minimum yang harus didapatkan oleh struktur bangunan sistem isolasi dasar pada bagian sistem isolasi dan elemen – elemen diatas sistem isolasi :

$$V_{st} = V_b \left(\frac{W_s}{W} \right)^{(1-2,5\beta m)}$$

$$V_{st} = 1374,594 \left(\frac{152913,5}{185108,96} \right)^{0,3625} = 1282,611 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_1} = \frac{1282,611 \text{ kN}}{2} = 641,305 \text{ kN}$$

5.2 Perhitungan Respon Spektrum Komposit

Terdapat perbedaan pada grafik respons sprektrum komposit dan eksisting. Dimana nilai dari percepatan respons spectrum dibagi dengan koefisien numerik pada saat redaman efektif sistem isolasi dasar terjadi. Menurut AASHTO Chapter 11 mengenai bangunan dengan sistem isolasi, penurunan periode terjadi setelah 0,8 Teff. Dimana nilai dari percepatan respons spektrum dibagi dengan koefisien numerik pada saat redaman efektif sistem isolasi dasar terjadi. Sesuai dengan material isolasi dasar yang digunakan. Besaran redaman efektif yang dihasilkan adalah sebesar 25,5% menurut brosur sistem isolasi dasar terlampir. Percepatan pada gempa mengalami reduksi sebesar faktor βd yaitu 1,62. Berikut merupakan contoh perhitungan respon spektrum struktur dengan isolasi dasar :

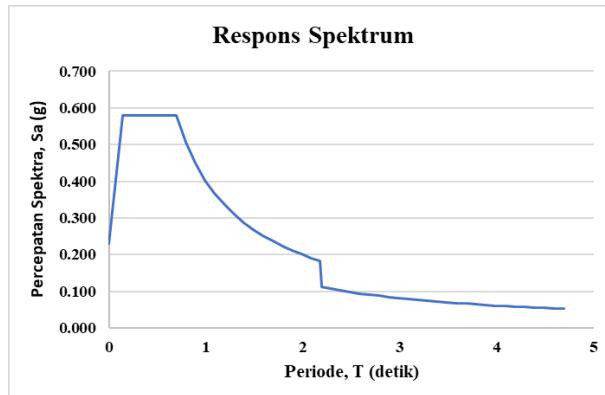
$$0,8Teff = 0,8 \times 2,72 = 2,18 \text{ detik}$$

- Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, nilai $S_a = S_{DS}$, pada kondisi tanpa base isolation :
 - $T_0 = 0,14$ maka $S_a = 0,58$
 - $T_s = 0,69$ maka $S_a = 0,58$
- Sedangkan ketika sistem isolasi dasar ditambahkan maka besaran dari $S_a = 0,58/1,62 = 0,358$

Berikut adalah rekapitulasi respons spectrum komposit dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5-5. Perhitungan Respon Spektrum Komposit

T (detik)	T (detik)	S_a (g)	T (detik)	T (detik)	S_a (g)
0	0	0.231	Ts+1.9	2.59	0.095
T0	0.14	0.579	Ts+2	2.69	0.091
Ts	0.69	0.579	Ts+2.1	2.79	0.088
Ts+0.1	0.79	0.506	Ts+2.2	2.89	0.085
Ts+0.2	0.89	0.449	Ts+2.3	2.99	0.082
Ts+0.3	0.99	0.404	Ts+2.4	3.09	0.079
Ts+0.4	1.09	0.367	Ts+2.5	3.19	0.077
Ts+0.5	1.19	0.336	Ts+2.6	3.29	0.074
Ts+0.6	1.29	0.310	Ts+2.7	3.39	0.072
Ts+0.7	1.39	0.288	Ts+2.8	3.49	0.070
Ts+0.8	1.49	0.268	Ts+2.9	3.59	0.068
Ts+0.9	1.59	0.251	Ts+3	3.69	0.066
Ts+1	1.69	0.237	Ts+3.1	3.79	0.065
Ts+1.1	1.79	0.223	Ts+3.2	3.89	0.063
Ts+1.2	1.89	0.212	Ts+3.3	3.99	0.061
Ts+1.3	1.99	0.201	Ts+3.4	4.09	0.060
Ts+1.4	2.09	0.191	Ts+3.5	4.19	0.058
0.8Teff	2.18	0.184	Ts+3.6	4.29	0.057
Ts+1.5	2.19	0.112	Ts+3.7	4.39	0.056
Ts+1.6	2.29	0.107	Ts+3.8	4.49	0.055
Ts+1.7	2.39	0.102	Ts+3.9	4.59	0.053
Ts+1.8	2.49	0.098	Ts+4	4.69	0.052

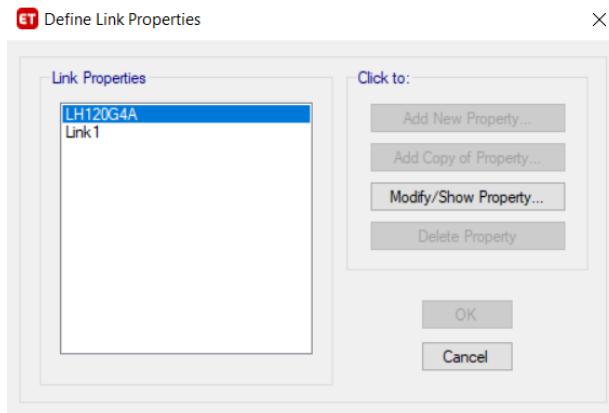
**Gambar 5-3.** Respon Spektrum Komposit

5.3 Permodelan Lead Rubber Bearing

Adapun langkah-langkah input base isolator pada struktur yang direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Modelkan perletakan base isolator :

Define – section properties – Link/Support properties

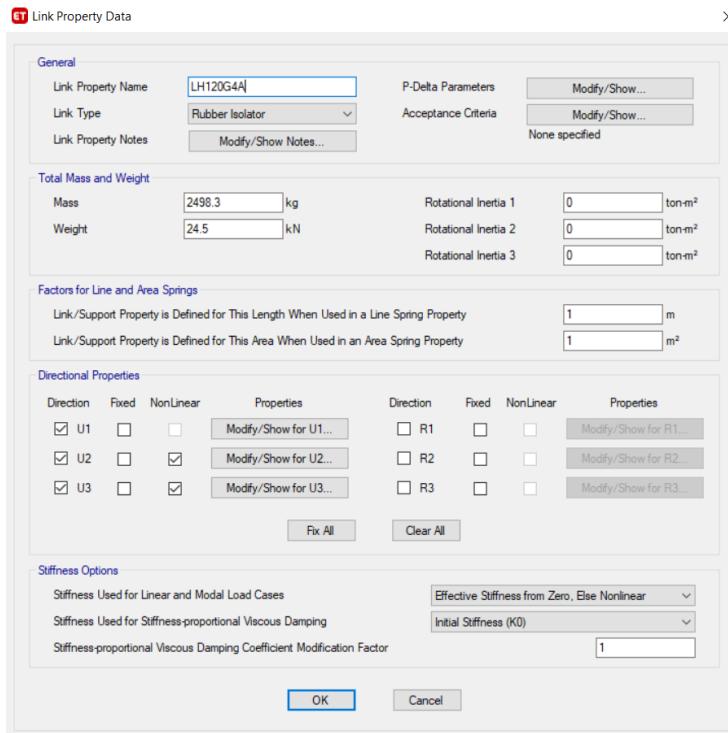


Gambar 5-4. Permodelan Base Isolator

Pada kolom “Click to” pilih “Add New Property” untuk menambah spesifikasi base isolator yang akan digunakan.

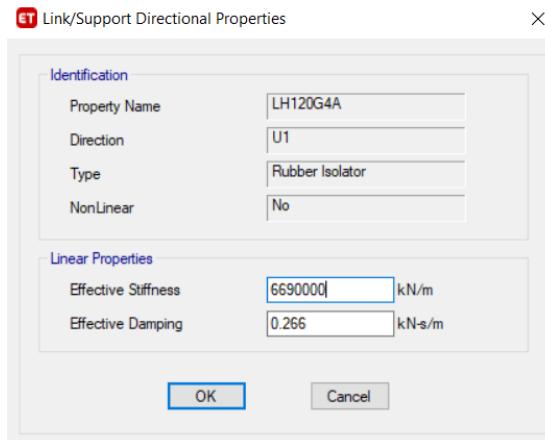
2. Input data spesifikasi base isolation

Pada kolom “Link/Support Type” pilih jenis rubber isolator. Lalu tambahkan nama spesifikasi LRB yang akan digunakan yaitu LH120G4A pada kolom “Property Name”. Kemudian pada kolom “Total Mass and Weight”, untuk nilai “Mass” didapat dari nilai weight dibagi dengan percepatan gravitasi, sedangkan untuk “Weight” masukkan nilai Weight pada brosur. Selanjutnya pada kolom “Factors For Line and Area Springs”, nilai untuk “Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property” dan “Property is Defined for This Area When Used in Area Spring



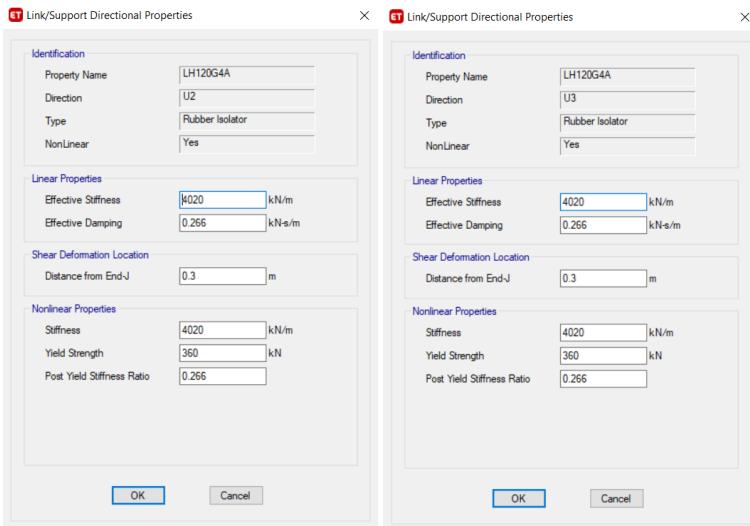
Gambar 5-5. Input Spesifikasi LRB

3. Kemudian dilakukan input data Directional properties yang meliputi UI dalam arah vertikal dan U2-U3 dalam arah horizontal permukaan seismic isolation. Pada langkah (3) gambar dibawah, pada kolom “Properties” pilih “Modify>Show for U1” akan terlihat seperti gambar dibawah. Kemudian pada kolom “Linear Properties”, untuk “Effective Stiffness” masukkan nilai Compressive Stiffness dan untuk “Effective Damping” masukkan nilai Damping Ratio sesuai spesifikasi pada brosur.



Gambar 5-6. Input Directional Properties U1 LRB

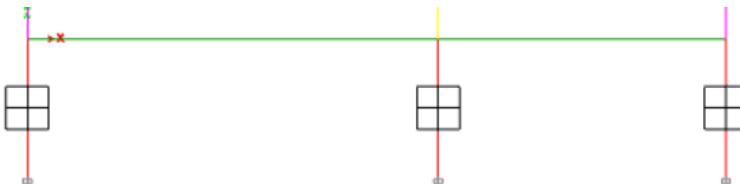
Selanjutnya , pada kolom “Properties” pilih “Modify>Show for U2 dan U3” akan terlihat seperti gambar 3.13 diatas. Kemudian pada kolom “Linear Properties”, untuk “Effective Stiffness” masukkan nilai Equivalent Shear Stiffness dan untuk “Effective Damping” masukkan nilai Damping Ratio. Selanjutnya pada kolom “Shear Deformation Location” untuk “Distance from End-J” masukkan nilai perpindahan LRB pada perhitungan. Terakhir untuk “Nonlinear Properties” untuk “Stiffness” masukkan nilai Equivalent Shear Stiffness, untuk “Yield Strength” masukkan nilai “Yield Strength” dan untuk “Post Yield Stiffness Ratio” masukkan nilai Damping Ratio.



Gambar 5-7. Input Directional Properties U2 dan U3 LRB

4. Penggambaran LRB sebagai perletakan

Klik menu draw – draw 1 joint link, asumsi sejarak 1 m dari joint kolom paling bawah dan sejarak 1 m dari joint jepit sebagai pile cap– pilih link properties yang telah dimodelkan – klik joint yang ingin diberikan base isolator. Maka permodelan base isolator terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5-8. Joint link dengan base isolator

BAB VI

ANALISA STRUKTUR

6.1 Analisa Tahap 1 (Dual sistem SRPMK+Shearwall)

6.1.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan

Menurut SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1 bahwa pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan :

C_t = koefisien yang didapat melalui tabel 18 SNI 1726 2019

h_n = ketinggian struktur

Tabel 6-1. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

Berdasarkan tabel di atas didapat nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$, sehingga nilai T_a sebesar :

$$T_{a \min} = 0,0466 \times 60,5^{0,9} = 1,87 \text{ detik}$$

Penentuan periode fundamental struktur (T) dilakukan dengan menghitung batasan antara nilai perioda dari program Analisa struktur

(Tc) dan perioda fundamental pendekatan (Ta) dengan nilai koefisien batas atas (Cu) berdasarkan Tabel 17 SNI 1726 2019 berikut :

Tabel 6-2. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

Karena nilai $S_{D1} = 0,4$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$

$$T_a \cdot C_u = 1,87 \times 1,4 = 2,619 \text{ detik}$$

Bangunan dilakukan permodelan dalam program bantu ETABS untuk mengetahui periode fundamental dari struktur eksisting. Menurut data yang ada pada saat proses ‘run’ , periode fundamental dari gedung didapatkan :

Tabel 6-3. Periode Fundamental Bangunan pada ETABS

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.804	0.554	3.4834	12.134
Modal	2	1.726	0.579	3.6403	13.252
Modal	3	1.277	0.783	4.9207	24.2129
Modal	4	0.535	1.868	11.7387	137.7963
Modal	5	0.455	2.2	13.8237	191.0939

$$T_{a \min} > T_a < T_{a \max}$$

$$1,87 \text{ detik} > 1,804 \text{ detik} < 2,619 \text{ detik}$$

Dari tabel di atas didapatkan hasil periode fundamental struktur $T = 1,804$. Karena periode fundamental struktur (T) kurang dari $C_u \cdot Ta$ maka nilai periode yang dipakai adalah 1,87 detik

6.1.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.1, partisipasi ragam terkombinasi minimum 100% dengan ragam. Untuk tujuan ini, itu harus diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05 s dalam mode tubuh kaku tunggal yang memiliki periode 0,05 s.

Tabel 6-4. Rasio Partisipasi Massa pada ETABS

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY
		sec		
Modal	91	0.035	0.9918	0.9945
Modal	92	0.034	0.9918	0.9945
Modal	93	0.034	0.9918	0.9945
Modal	94	0.034	0.9922	0.9945
Modal	95	0.034	0.9922	0.9945
Modal	96	0.034	0.9923	0.9945
Modal	97	0.033	0.9923	0.9945
Modal	98	0.033	0.9924	0.9945
Modal	99	0.033	0.9924	0.9946
Modal	100	0.033	0.9925	0.9946

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisiting memenuhi persyaratan partisipasi massa mencapai 100%.

6.1.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Berdasarkan berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.1. nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 100% nilai respon statik.

$$V \leq V_t$$

Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = Cs \cdot W_t$$

Dimana:

Cs = koefisien respon seismik

W_t = berat struktur

Perhitungan nilai Cs

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

$$Cs = \frac{0,58}{8/1}$$

$$Cs = 0,073$$

Nilai Cs diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari:

$$Cs_{min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$

$$Cs_{min} = 0,044 \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$Cs_{min} = 0,026$$

$$Cs_{max} = \frac{SD_1}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,4}{1,804 \times \frac{8}{1}} = 0,028$$

Dikarenakan nilai Cs melebihi nilai Cs_{max} , maka nilai $Cs = 0,028$.

Dari permodelan struktur menggunakan ETABS, didapatkan berat struktur Gedung :

Tabel 6-5. Berat Struktur pada ETABS

TABLE: Base Reactions			
Output Case	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
1D+1L	0	0	200537.6645

Dari tabel diatas didapatkan berat struktur sebesar

$$W_t = 200537.6645 \text{ kN}$$

Menurut SNI 1726 2019 pasal 7.9.1.4, nilai $V_{dinamik}$ minimal 100% nilai V_{statik} . Apabila syarat tersebut tidak terpenuhi maka faktor skala gempa X dan gempa Y harus dikalikan sebesar $\frac{V_{dinamik}}{V_{statik}}$.

$$V_{statik} = Cs \times W_t = 0,028 \times 200537.6645 \text{ kN} = 5558,139 \text{ kN}$$

Didapatkan gaya geser dasar dinamis dari ETABS sebagai berikut :

Tabel 6-6. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS

TABLE: Base Reactions		
Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
GEMPA X	3385.2675	1406.299
GEMPA Y	1256.9773	3983.3098

Kontrol:

- Gempa arah X
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $3385,2675 \text{ kN} \leq 5558,139 \text{ kN}$ (**Tidak Memenuhi**)
- Gempa arah Y
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $3983,3098 \text{ kN} \leq 5558,139 \text{ kN}$ (**Tidak Memenuhi**)

Karena Gaya Geser dasar (V_t) kurang dari gaya geser seismic (V) maka diperlukan faktor skala baru yang dihitung sebagai berikut :

- Faktor skala gempa X

$$FSx = \frac{V}{Vt} = \frac{5558,139 \text{ kN}}{3385,267 \text{ kN}} = 1,642$$

$$U_1 = 1,23 \times 1,642 = 2,019$$

$$U_2 = 0,369 \times 1,642 = 0,606$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	MALANG	2019
Acceleration	U2	MALANG	606

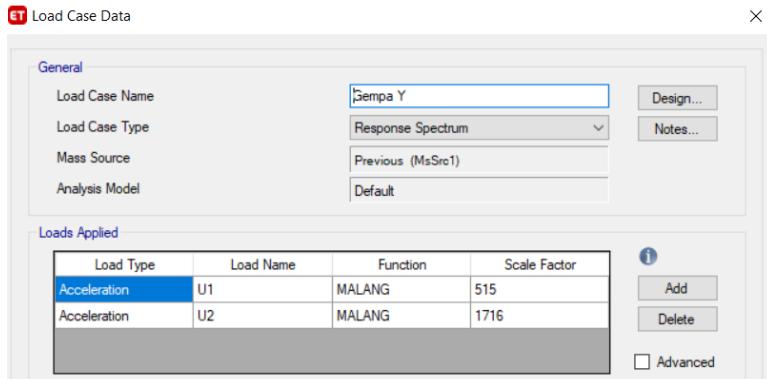
Gambar 6-1. Input Faktor Skala Baru pada Gempa X

- Faktor skala gempa Y

$$FSx = \frac{V}{Vt} = \frac{5558,139 \text{ kN}}{3983,309 \text{ kN}} = 1,395$$

$$U1 = 0,369 \times 1,395 = 0,515$$

$$U2 = 1,23 \times 1,395 = 1,716$$



Gambar 6-2. Input Faktor Skala Baru pada Gempa Y

Hasil gaya geser dasar dari faktor skala diatas atas diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6-7. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS

TABLE: Base Reactions		
Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
GEMPA X	5601.0416	2321.0151
GEMPA Y	1764.9373	5593.8691

Kontrol:

- Gempa arah X

Gempa Dinamis \geq Gempa Statik

5601,0416 kN \geq 5558,139 kN (**Memenuhi**)

- Gempa arah Y

Gempa Dinamis \geq Gempa Statik

5593,8691 kN \geq 5558,139 kN (**Memenuhi**)

6.1.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada Gedung (δ_x) tidak boleh melebihi simpangan yang diijinkan (Δ_{ijin}) berdasarkan SNI 1726:2019 tabel 20. simpangan antar lantai diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 persamaan 44 :

$$\begin{aligned}\delta_x &= \frac{C_d \times \delta_{ei}}{Ie} \\ \delta_x &= \frac{C_d \times (Lt.5 - Lt.4)}{Ie} \\ \delta_x &= \frac{5,5 \times (66,4 - 52,6)}{1} \\ \delta_x &= 25,47 \text{ mm}\end{aligned}$$

Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726:2019 tabel 12

Δ_{xe} = simpangan di tingkat-x

I_e = faktor keutamaan gempa

Nilai dari persamaan diatas tidak boleh melebihi simpangan ijin yang ditentukan sebagai berikut :

Tabel 6-8. Simpangan ijin antar lantai (Δ_{ijin})

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0.025 h_{sx}	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}

Struktur dinding geser kantilever batu bata	0.010 h_{sx}	0.010 h_{sx}	0.010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0.007 h_{sx}	0.007 h_{sx}	0.007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}	0.010 h_{sx}

Untuk kategori risiko I dengan sistem struktur SRPMK dihitung dengan persamaan :

$$\Delta_a = 0,020h_{sx}$$

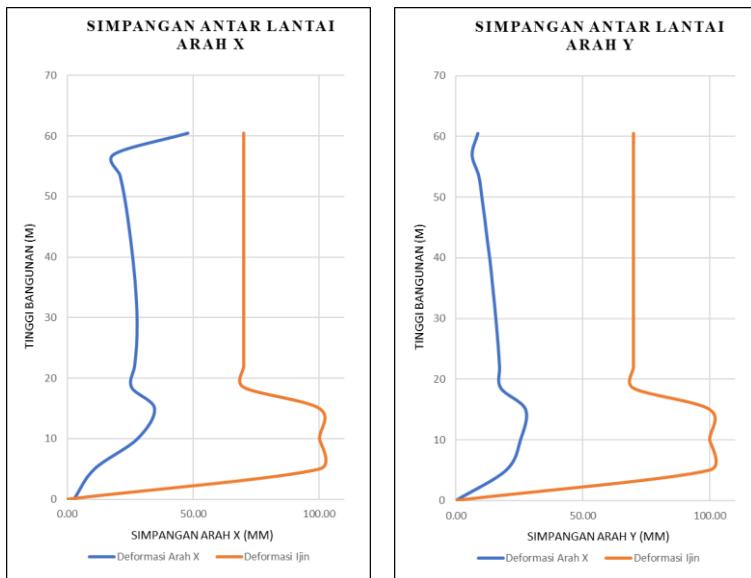
$$\Delta_a = 0,020 \times 3500 = 70 \text{ mm}$$

Tabel 6-9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

Story	Elevation	hsx	δe	δxe	Δx	$\Delta Ijin$	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	60.5	3.5	59.4	8.691	47.80	70	OK
16	57	3.5	68.1	3.360	18.48	70	OK
15	53.5	3.5	64.7	3.802	20.91	70	OK
14	50	3.5	60.9	4.118	22.65	70	OK
13	46.5	3.5	56.8	4.356	23.96	70	OK
12	43	3.5	52.5	4.560	25.08	70	OK
11	39.5	3.5	47.9	4.738	26.06	70	OK
10	36	3.5	43.2	4.885	26.87	70	OK
9	32.5	3.5	38.3	4.988	27.43	70	OK
8	29	3.5	33.3	5.032	27.68	70	OK
7	25.5	3.5	28.3	4.995	27.47	70	OK
6	22	3.5	23.3	4.850	26.68	70	OK
5	18.5	3.5	18.4	4.630	25.47	70	OK
4	15	5	13.8	6.290	34.60	100	OK
3	10	5	7.5	5.060	27.83	100	OK
2	5	5	2.4	1.960	10.78	100	OK
1	0	0	0	0	0	0	

Tabel 6-10 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Story	Elevation	hsx	δe	δxe	Δx	$\Delta Ijin$	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	60.5	3.5	43.7	1.566	8.61	70	OK
16	57	3.5	42.1	1.151	6.33	70	OK
15	53.5	3.5	41.0	1.630	8.97	70	OK
14	50	3.5	39.4	1.852	10.19	70	OK
13	46.5	3.5	37.5	2.055	11.30	70	OK
12	43	3.5	35.5	2.236	12.30	70	OK
11	39.5	3.5	33.2	2.436	13.40	70	OK
10	36	3.5	30.8	2.594	14.27	70	OK
9	32.5	3.5	28.2	2.750	15.13	70	OK
8	29	3.5	25.4	2.891	15.90	70	OK
7	25.5	3.5	22.6	3.019	16.60	70	OK
6	22	3.5	19.5	3.119	17.15	70	OK
5	18.5	3.5	16.4	3.211	17.66	70	OK
4	15	5	13.2	4.982	27.40	100	OK
3	10	5	8.2	4.622	25.42	100	OK
2	5	5	3.6	3.597	19.78	100	OK
1	0	0	0.0	0.000	0.00	0	



Gambar 6-3. Grafik simpangan arah X dan Y

6.2 Analisa Tahap 2 (SRPMB)

6.2.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan

Menurut SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1 bahwa pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan :

C_t = koefisien yang didapat melalui tabel 18 SNI 1726 2019

h_n = ketinggian struktur

Tabel 6-11. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

Berdasarkan tabel di atas didapat nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$, sehingga nilai Ta sebesar :

$$T_{a \min} = 0,0466 \times 60,5^{0,9} = 1,87 \text{ detik}$$

Penentuan periode fundamental struktur (T) dilakukan dengan menghitung batasan antara nilai perioda dari program Analisa struktur (T_c) dan perioda fundamental pendekatan (Ta) dengan nilai koefisien batas atas (C_u) berdasarkan Tabel 17 SNI 1726 2019 berikut :

Tabel 6-12. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S _{D1}	Koefisien Cu
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

Karena nilai $S_{D1} = 0,4$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$

$$T_a \cdot C_u = 1,87 \times 1,4 = 2,619 \text{ detik}$$

Bangunan dilakukan permodelan dalam program bantu ETABS untuk mengetahui periode fundamental dari struktur eksisting. Menurut

data yang ada pada saat proses ‘run’ , periode fundamental dari gedung didapatkan :

Tabel 6-13. Periode Fundamental Bangunan pada ETABS

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	2.544	0.393	2.4696	6.0988
Modal	2	2.382	0.42	2.6381	6.9594
Modal	3	2.267	0.441	2.7716	7.6815
Modal	4	0.783	1.277	8.0216	64.3461
Modal	5	0.746	1.34	8.419	70.8796

$$T_{a \min} < T_a < T_{a \max}$$

$$1,87 \text{ detik} < 2,544 \text{ detik} < 2,619 \text{ detik} \text{ (memenuhi)}$$

Dari tabel di atas didapatkan hasil periode fundamental struktur $T = 2,544$. Menurut persyaratan SNI 1726 2019 Pasal 7.8.2 mengenai kontrol waktu geser alami fundamental masih memenuhi persyaratan.

6.2.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.1, partisipasi ragam terkombinasi minimum 100% dengan ragam. Untuk tujuan ini, itu harus diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05 s dalam mode tubuh kaku tunggal yang memiliki periode 0,05 s.

Tabel 6-14. Rasio Partisipasi Massa pada ETABS

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY
		sec		
Modal	91	0.041	0.9954	0.9954
Modal	92	0.041	0.9954	0.9954
Modal	93	0.04	0.9954	0.9954

Modal	94	0.04	0.9954	0.9954
Modal	95	0.04	0.9954	0.9954
Modal	96	0.04	0.9954	0.9954
Modal	97	0.04	0.9954	0.9967
Modal	98	0.039	0.9954	0.9968
Modal	99	0.039	0.9954	0.9968
Modal	100	0.039	0.9954	0.9968

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisiting memenuhi persyaratan partisipasi massa mencapai 100%.

6.2.3 8Kontrol Gaya Geser Dasar

Berdasarkan berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.1. nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 100% nilai respons statik.

$$V \leq V_t$$

Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = Cs \cdot W_t$$

Dimana:

Cs = koefisien respon seismik

W_t = berat struktur

Perhitungan nilai Cs

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

$$Cs = \frac{0,58}{3/1}$$

$$Cs = 0,193$$

Nilai Cs diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari:

$$Cs_{min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$

$$Cs_{min} = 0,044 \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$Cs_{min} = 0,026$$

$$Cs_{max} = \frac{SD_1}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,4}{2,544 \times \frac{3}{1}} = 0,052$$

Dikarenakan nilai Cs melebihi nilai Cs_{max} , maka nilai $Cs = 0,052$.

Dari permodelan struktur menggunakan ETABS, didapatkan berat struktur Gedung :

Tabel 6-15. Berat Struktur pada ETABS

TABLE: Base Reactions			
Output Case	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
1D+1L	0	0	185108,9598

Dari tabel diatas didapatkan berat struktur sebesar
 $W_t = 185108,9598 \text{ Kn}$

Menurut SNI 1726 2019 pasal 7.9.1.4, nilai $V_{dinamik}$ minimal 100% nilai V_{statik} . Apabila syarat tersebut tidak terpenuhi maka faktor skala gempa X dan gempa Y harus dikalikan sebesar $\frac{V_{dinamik}}{V_{statik}}$.

$$V_{statik} = Cs \times W_t = 0,052 \times 185108,9598 \text{ kN} = 9701,727 \text{ kN}$$

Didapatkan gaya geser dasar dinamis dari ETABS sebagai berikut :

Tabel 6-16. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS

TABLE: Base Reactions		
Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
GEMPA X	7096,9825	2322,5277
GEMPA Y	2156,4751	7657,0914

Kontrol:

- Gempa arah X
 Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $7096,9825 \text{ kN} \leq 9701,727 \text{ kN}$ (**Tidak Memenuhi**)
- Gempa arah Y
 Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $7657,0914 \text{ kN} \leq 9701,727 \text{ kN}$ (**Tidak Memenuhi**)

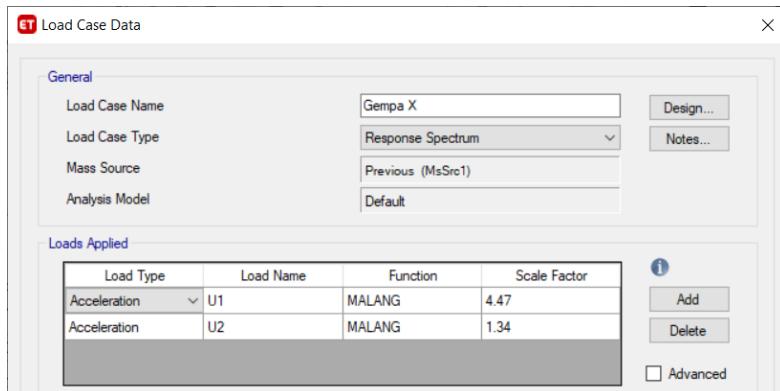
Karena Gaya Geser dasar (V_t) kurang dari gaya geser seismic (V) maka diperlukan faktor skala baru yang dihitung sebagai berikut :

- Faktor skala gempa X

$$FSx = \frac{V}{Vt} = \frac{9701,727 \text{ kN}}{7096,9825 \text{ kN}} = 1,367$$

$$U1 = 3,27 \times 1,367 = 4,47$$

$$U2 = 0,98 \times 1,367 = 1,34$$



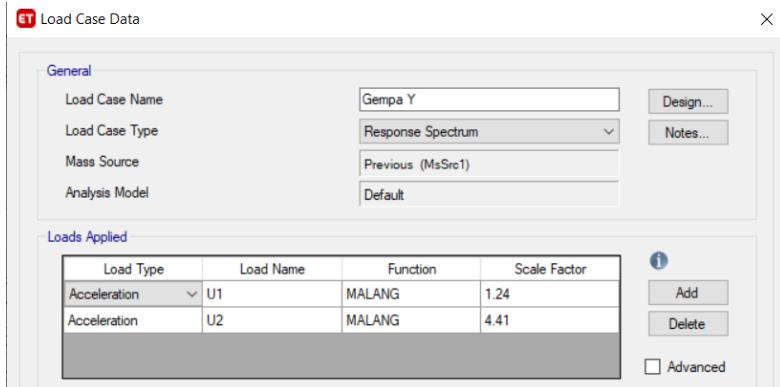
Gambar 6-4. Input Faktor Skala Baru pada Gempa X

- Faktor skala gempa Y

$$FSx = \frac{V}{Vt} = \frac{9701,727 \text{ kN}}{7657,0914 \text{ kN}} = 1,267$$

$$U1 = 0,98 \times 1,267 = 1,242$$

$$U2 = 3,27 \times 1,267 = 4,413$$



Gambar 6-5. Input Faktor Skala Baru pada Gempa X

Hasil gaya geser dasar dari faktor skala gempa diatas atas diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6-17. Hasil Analisa Geser Dasar pada ETABS

TABLE: Base Reactions		
Load Case/Combo	FX	FY
GEMPA X	9703,5481	3172,5314
GEMPA Y	2734,9429	10333,4485

Kontrol:

- Gempa arah X
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $9703,5481 \text{ kN} \geq 9701,727 \text{ kN}$ (**Memenuhi**)
- Gempa arah Y
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $10333,4485 \text{ kN} \geq 9701,727 \text{ kN}$ (**Memenuhi**)

6.2.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada Gedung (δ_x) tidak boleh melebihi simpangan yang diijinkan (Δ_{ijin}) berdasarkan SNI 1726:2019 tabel 20. simpangan antar lantai diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 persamaan 44 :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{Ie}$$

$$\delta_x = \frac{C_d \times (Lt.5 - Lt.4)}{Ie}$$

$$\delta_x = \frac{3 \times (66,4 - 52,6)}{1}$$

$$\delta_x = 41,24 \text{ mm}$$

Keterangan :

Cd = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726:2019
tabel 12

Δ_{xe} = simpangan di tingkat-x

Ie = faktor keutamaan gempa

Nilai dari persamaan diatas tidak boleh melebihi simpangan ijin yang ditentukan sebagai berikut :

Tabel 6-18. Simpangan ijin antar lantai (Δ_{ijin})

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0.025 h_{sx}	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0.010 h_{sx}	0.010 h_{sx}	0.010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0.007 h_{sx}	0.007 h_{sx}	0.007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}	0.010 h_{sx}

Untuk kategori risiko I dengan sistem struktur SRPMB dihitung dengan persamaan :

$$\Delta_a = 0,020h_{sx}$$

$$\Delta_a = 0,020 \times 3500 = 70 \text{ mm}$$

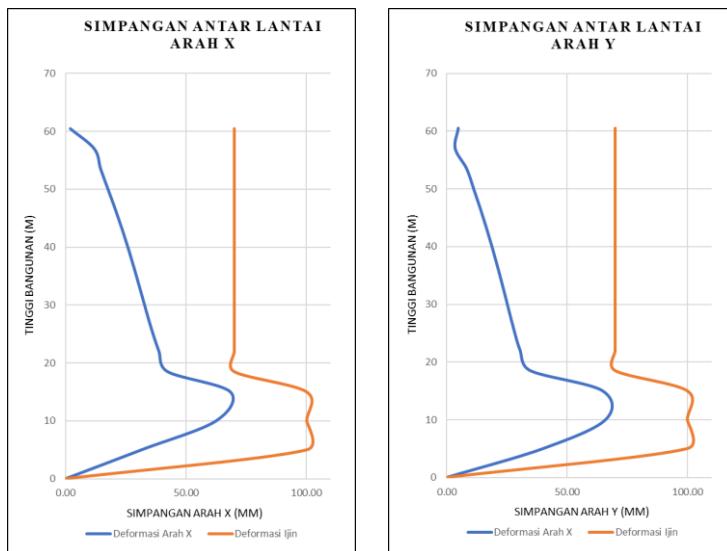
Tabel 6-19. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

Story	Elevation	hsx	δe	δxe	Δx	$\Delta Ijin$	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	60.5	3.5	157.9	0.721	2.16	70	OK
16	57	3.5	158.6	3.951	11.85	70	OK
15	53.5	3.5	154.6	4.802	14.41	70	OK
14	50	3.5	149.8	5.788	17.36	70	OK
13	46.5	3.5	144.0	6.769	20.31	70	OK
12	43	3.5	137.3	7.693	23.08	70	OK
11	39.5	3.5	129.6	8.549	25.65	70	OK
10	36	3.5	121.0	9.350	28.05	70	OK
9	32.5	3.5	111.7	10.116	30.35	70	OK
8	29	3.5	101.6	10.876	32.63	70	OK
7	25.5	3.5	93.1	9.615	24.04	70	OK
6	22	3.5	102.7	34.501	86.25	70	NOT OK
5	18.5	3.5	66.4	13.751	41.25	70	OK
4	15	5	52.7	22.194	66.58	100	OK
3	10	5	30.5	20.253	60.76	100	OK
2	5	5	10.2	9.869	29.61	100	OK
1	0	0	0	0	0	0	OK

Tabel 6-20. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Story	Elevation	hsx	δe	δxe	Δx	$\Delta Ijin$	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	60.5	3.5	127.4	1.517	4.55	70	OK
16	57	3.5	125.9	1.784	5.35	70	OK
15	53.5	3.5	124.1	2.572	7.72	70	OK
14	50	3.5	121.6	3.466	10.40	70	OK
13	46.5	3.5	118.1	4.329	12.99	70	OK

12	43	3.5	113.8	5.135	15.41	70	OK
11	39.5	3.5	108.6	5.887	17.66	70	OK
10	36	3.5	102.8	6.593	19.78	70	OK
9	32.5	3.5	96.2	7.265	21.80	70	OK
8	29	3.5	88.9	7.918	23.75	70	OK
7	25.5	3.5	81.0	8.583	25.75	70	OK
6	22	3.5	78.8	26.719	66.80	70	OK
5	18.5	3.5	105.5	48.486	121.22	70	NOT OK
4	15	5	52.4	19.877	59.63	100	OK
3	10	5	32.5	20.237	60.71	100	OK
2	5	5	12.3	11.829	35.49	100	OK
1	0	0	0	0	0	0	OK



Gambar 6-6. Grafik simpangan arah X dan Y

6.3 Analisa Tahap 3 (SRPMB dengan LRB)

6.3.1 Kontrol Gaya Geser Dasar

Tabel 6-21. Base Reactions Struktur dengan LRB

TABLE: Base Reactions		
Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
GEMPA X	4877,86	121.4996
GEMPA Y	121.4996	5421.529

Terdapat perbedaan dari pada gaya geser dasar yang dihasilkan akibat gaya gempa dengan metode respons spectrum setelah ditambahkan LRB pada bangunan. Nilai gaya geser dasar dengan sistem isolasi dasar lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur konvensional. Dikarenakan ketika struktur modifikasi dengan sistem isolasi pengaruh nilai redaman dari base isolator yang dapat mereduksi gempa. Besaran reduksi gaya gempa yang dihasilkan :

Reduksi dengan fixed based SRPMB

$$\text{Gempa Arah } X = \frac{9982,16 - 4877,86}{9982,16} \times 100\% = 49,73\%$$

$$\text{Gempa Arah } Y = \frac{10333,45 - 5421,53}{10333,45} \times 100\% = 47,53\%$$

6.3.1.1 Elemen struktural di bawah tingkat dasar

Sistem isolasi, fondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral minimum, V_b .

Sesuai pada SNI 1726 2019 pasal 12.6.4.1 menyatakan bahwa gaya gempa dinamis di bawah tingkat dasar tidak boleh diambil kurang dari 90 persen nilai V_b . Berdasarkan hasil analisis ETABS maka didapatkan gaya gempa yang terjadi yaitu :

$$K_M = 4,02 \text{ kN/mm}$$

$$D_M = 59,40 \text{ mm} \text{ (perpindahan maksimum pada As 1 - A)}$$

$$V_b = K_M \cdot D_M = 4,02 \frac{kN}{mm} \cdot 59,40 \text{ mm} = 238,768 \text{ kN}$$

$$0,9 V_b = 214,891 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$Vb \text{ ETABS} > 0,9 Vb$$

$$230,08 \text{ kN} > 214,891 \text{ kN} (\textbf{OK})$$

Tabel 6-22. Kontrol gaya gempa lateral struktur di bawah tingkat dasar

As Kolom	Dis. ETABS	Vb	Syarat 0,9Vb	Vb ETABS	CEK
	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	
1-A	59.40	238.77	214.89	230.08	OK
1-B	56.08	225.43	202.88	225.28	OK
1-C	57.00	229.12	206.21	223.91	OK
2-A	60.20	241.98	217.79	234.54	OK
2-B	59.90	240.81	216.73	237.85	OK
2-C	57.22	230.03	207.03	226.19	OK
3-A	56.60	227.53	204.78	219.20	OK
3-B	53.83	216.38	194.75	214.75	OK
3-C	54.22	217.96	196.16	216.19	OK
4-A	52.17	209.72	188.75	206.46	OK
4-B	54.91	220.73	198.65	219.93	OK
4-C	52.64	211.61	190.45	215.01	OK
5-A	50.88	204.55	184.10	219.74	OK
5-B	53.45	214.87	193.38	209.87	OK
5-C	51.28	206.13	185.52	215.12	OK
6-A	51.17	205.69	185.12	222.71	OK
6-B	53.98	216.98	195.28	213.17	OK
6-C	51.48	206.97	186.27	216.31	OK
7-A	49.07	197.26	177.54	222.50	OK

7-B	51.41	206.65	185.98	216.39	OK
7-C	49.25	197.97	178.18	217.60	OK
8-A	46.79	188.10	169.29	221.63	OK
8-B	49.29	198.14	178.32	204.55	OK
8-C	47.26	189.99	170.99	212.95	OK

6.3.1.2 Elemen struktural di atas tingkat dasar

Struktur di atas tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum, Vs. Gaya geser dinamis struktur isolasi pada SNI 1726 2019 pasal 12.6.4.2 menyatakan bahwa gaya gempa dinamis tidak boleh diambil kurang dari 80 persen nilai Vs.

$$V_{st} = V_b \left(\frac{W_s}{W} \right)^{(1-2,5\beta m)}$$

$$V_{st} = 238.77 \left(\frac{152913.5}{185108.96} \right)^{0,3625} = 222,79 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_1} = \frac{222.79 \text{ kN}}{2} = 111,39 \text{ kN}$$

$$0,8V_s = 89,11 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$Vs \text{ ETABS} > 0,8 Vs$$

$$210,52 \text{ kN} > 89,11 \text{ kN} (\textbf{OK})$$

Tabel 6-23. Kontrol gaya gempa lateral struktur di atas tingkat dasar

As Kolom	Vb	Vst	Vs	Syarat 0,8Vs	Vs ETABS	CEK
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
1-A	238.77	222.79	111.39	89,12	210.52	OK
1-B	225.43	210.34	105.17	84,14	223.07	OK
1-C	229.12	213.79	106.89	85,51	212.14	OK
2-A	241.98	225.79	112.90	90,32	214.17	OK

2-B	240.81	224.70	112.35	89,88	209.10	OK
2-C	230.03	214.64	107.32	85,86	201.52	OK
3-A	227.53	212.31	106.15	84,92	201.01	OK
3-B	216.38	201.90	100.95	80,76	201.18	OK
3-C	217.96	203.37	101.69	81,35	201.32	OK
4-A	209.72	195.69	97.84	78,28	197.65	OK
4-B	220.73	205.96	102.98	82,38	200.48	OK
4-C	211.61	197.45	98.72	78,98	199.94	OK
5-A	204.55	190.87	95.43	76,35	194.50	OK
5-B	214.87	200.49	100.25	80,20	198.05	OK
5-C	206.13	192.34	96.17	76,94	195.21	OK
6-A	205.69	191.93	95.96	76,77	195.43	OK
6-B	216.98	202.46	101.23	80,98	197.55	OK
6-C	206.97	193.12	96.56	77,25	196.15	OK
7-A	197.26	184.06	92.03	73,62	192.47	OK
7-B	206.65	192.82	96.41	77,13	194.60	OK
7-C	197.97	184.72	92.36	73,89	197.09	OK
8-A	188.10	175.51	87.76	70,20	194.05	OK
8-B	198.14	184.88	92.44	73,95	192.89	OK
8-C	189.99	177.27	88.64	70,91	194.63	OK

6.3.2 Kontrol Periode Fundamental Bangunan

Berikut adalah periode struktur bangunan dengan base isolation hasil output pada ETABS :

Tabel 6-24. Periode fundamental struktur

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	3.978	0.251	1.5794	2.4944
Modal	2	3.618	0.276	1.7366	3.0156

Modal	3	3.503	0.285	1.7937	3.2172
Modal	4	1.095	0.913	5.7367	32.9092
Modal	5	0.98	1.02	6.4083	41.0659

Struktur bangunan fixed based SRPMB memiliki periode struktur 2.544 detik sedangkan struktur bangunan dengan base isolation pada kondisi gempa yang sama menghasilkan periode struktur 3.978 detik. Hal ini dapat disimpulkan bahwa, struktur yang menggunakan base isolation akan memiliki periode yang lebih besar daripada struktur yang tidak memakai base isolation. Hal ini dikarenakan base isolation memperkecil kekakuan struktur dengan cara memperkecil kekakuan pada dasar struktur sehingga periode yang dimiliki oleh struktur tersebut akan membesar.

Pada SNI 1726 2019 pasal 12.4.1, periode struktur dengan sistem isolasi adalah kurang atau sama dengan 5 detik. Hasil output periode struktur pada ETABS adalah 3,978 detik. Maka periode struktur bangunan dengan sistem isolasi telah memenuhi persyaratan.

6.3.3 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.1, partisipasi ragam terkombinasi minimum 100% dengan ragam. Untuk tujuan ini, itu harus diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05 detik dalam mode tubuh kaku tunggal yang memiliki periode 0,05 detik.

Tabel 6-25. Rasio Partisipasi Massa pada ETABS

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY
		sec		
Modal	91	0.045	0.9957	0.9957
Modal	92	0.045	0.9957	0.9957
Modal	93	0.044	0.9957	0.9957
Modal	94	0.043	0.9957	0.9957
Modal	95	0.043	0.9957	0.9957
Modal	96	0.043	0.9957	0.9957

Modal	97	0.042	0.9957	0.9957
Modal	98	0.042	0.9957	0.9957
Modal	99	0.042	0.9957	0.9957
Modal	100	0.041	0.9957	0.9957

6.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726 2019 Pasal 12.5.6, simpangan antar lantai struktur di atas sistem isolasi tidak boleh melebihi $0,015h_x$.

Maksimum simpangan :

$$\Delta ijin = 0,015h_{sx}$$

$$\Delta ijin = 0,015 \cdot 3500 = 52,5 \text{ mm}$$

Simpangan antar lantai :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{Ie}$$

$$\delta_x = \frac{C_d \times (Lt. 5 - Lt. 4)}{Ie}$$

$$\delta_x = \frac{3 \times (119,2 - 112,2)}{1}$$

$$\delta_x = 20,84 \text{ mm}$$

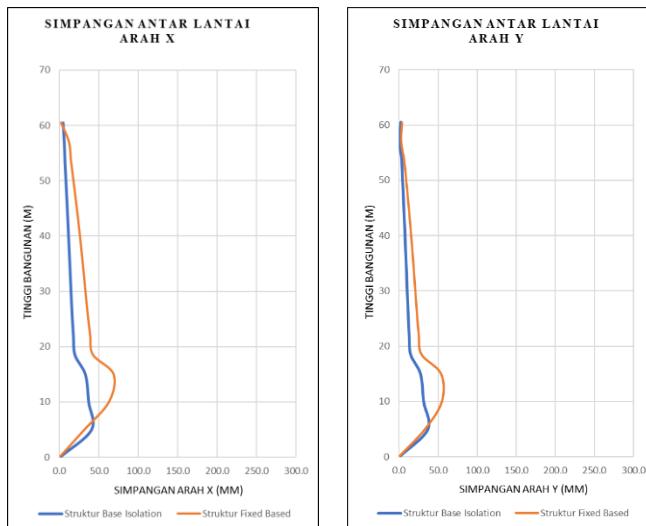
Tabel 6-26. Simpangan antar lantai arah X bangunan dengan base isolation

Story	Elevation	hsx	δe	δxe	Δx	$\Delta Ijin$	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	60.5	3500	147.0	1.450	4.35	52.5	OK
16	57	3500	148.4	1.927	5.78	52.5	OK
15	53.5	3500	146.5	2.252	6.76	52.5	OK
14	50	3500	144.3	2.647	7.94	52.5	OK
13	46.5	3500	141.6	3.053	9.16	52.5	OK
12	43	3500	138.6	3.449	10.35	52.5	OK
11	39.5	3500	135.1	3.830	11.49	52.5	OK
10	36	3500	131.3	4.196	12.59	52.5	OK
9	32.5	3500	127.1	4.554	13.66	52.5	OK

8	29	3500	122.5	4.924	14.77	52.5	OK
7	25.5	3500	117.6	5.330	15.99	52.5	OK
6	22	3500	112.3	5.831	17.49	52.5	OK
5	18.5	3500	106.4	6.522	19.57	52.5	OK
4	15	5000	99.9	10.978	32.93	75	OK
3	10	5000	88.9	12.371	37.11	75	OK
2	5	5000	76.6	13.560	40.68	75	OK
1	0	1500	63.0	63.016	0.00	22.5	OK

Tabel 6-27. Simpangan antar lantai arah Y bangunan dengan base isolation

Story	Elevation	hsx	δe	δxe	Δx	$\Delta Ijin$	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	60.5	3500	125.3	0.681	2.04	52.5	OK
16	57	3500	124.6	0.242	0.73	52.5	OK
15	53.5	3500	124.4	1.075	3.22	52.5	OK
14	50	3500	123.3	1.444	4.33	52.5	OK
13	46.5	3500	121.8	1.814	5.44	52.5	OK
12	43	3500	120.0	2.174	6.52	52.5	OK
11	39.5	3500	117.8	2.520	7.56	52.5	OK
10	36	3500	115.3	2.853	8.56	52.5	OK
9	32.5	3500	112.5	3.178	9.53	52.5	OK
8	29	3500	109.3	3.500	10.50	52.5	OK
7	25.5	3500	105.8	3.836	11.51	52.5	OK
6	22	3500	102.0	4.240	12.72	52.5	OK
5	18.5	3500	97.7	4.879	14.64	52.5	OK
4	15	5000	92.8	9.104	27.31	75	OK
3	10	5000	83.7	10.425	31.28	75	OK
2	5	5000	73.3	12.217	36.65	75	OK
1	0	1500	61.1	61.091	0.00	22.5	OK



Gambar 6-7. Grafik perbandingan simpangan arah X dan Y bangunan fixed based SRPMB dengan base isolation

6.3.5 Kontrol Gaya Pemulih Lateral

Berdasarkan SNI 1726 2019 pasal 12.2.4.4 disebutkan bahwa sistem isolasi harus dikonfigurasikan, untuk batas atas dan batas bawah properti sistem isolasi, menghasilkan suatu gaya pemulih sedemikian sehingga gaya lateral pada saat perpindahan maksimum terkait adalah sekurang-kurangnya 0,025W lebih besar dari gaya lateral yang terjadi pada 50 % dari perpindahan maksimum terkait.

Maka untuk menghitung gaya pemulih lateral digunakan konsep persamaan pada hukum hooke pada kolom dengan beban terbesar sebagai berikut :

$$-k = 100.5 \text{ kN/mm} \text{ (total kekakuan efektif sistem isolasi dasar)}$$

$$D_M = 341.94 \text{ mm (perpindahan maksimum total)}$$

$$W = 185108.959 \text{ kN (berat efektif bangunan)}$$

$$\sum k_{eff} = (n \times k_{eff})$$

$$\sum k_{eff} = (24 \times 4,02)$$

$$\sum k_{eff} = 100,5 \text{ kN/mm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{w}{k_{eff} \times g}} = 2\pi \sqrt{\frac{185108,959 \text{ kN}}{100,5 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \times 9810}} = 2,721 \text{ detik}$$

$$D_M = \frac{g S_M T_M}{4 \pi^2 B_M} = \frac{9810 \times 0,6 \times 3,74}{4 \pi^2 \times 1,63} = 341,94 \text{ mm}$$

$$F = -k \cdot \Delta x = -100,5 \text{ kNm} \cdot (341,95 \times 0,5) = 17182,98 \text{ kN}$$

Syarat : $F \geq 0,025 \cdot W = 17182,98 \text{ kN} > 4627,72 \text{ kN}$

BAB VII

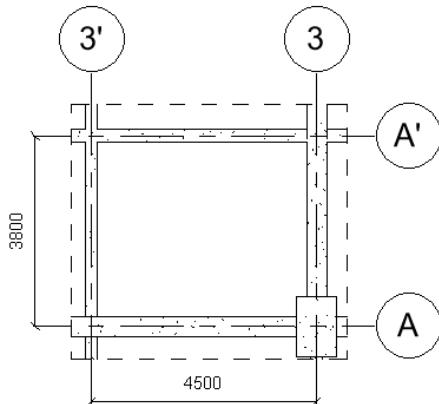
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS

7.1 Perhitungan Struktur Pelat Lantai

Struktur pelat lantai direncanakan sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) : 400 MPa
- Tebal selimut (t_s) : 20 mm

7.1.1 Perhitungan Pelat Lantai Ruang Pertemuan (Lantai 1-3)



Gambar 7-1. Pelat Lantai Ruang Pertemuan

$$L_x = 3800 \text{ mm}$$

$$L_y = 4500 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{4500}{3800} = 1,184 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Tabel 7-1. Momen pelat ruang pertemuan

Area	Momen Arah X		Momen Arah Y	
Tumpuan	15,6	kNm/m	11,48	kNm/m
Lapangan	6,45	kNm/m	5,47	kNm/m

a. Perencanaan tulangan tumpuan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 15,6 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 13$
 $= 93,5 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{15,6 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 2,231$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (2,31)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00584$$

$\rho_{min} = 0,002$ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00584, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As\ perlu = 0,00584 \times 1000\ mm \times 93,5\ mm$$

$$As\ perlu = 546,437\ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

D13 – 150 (As = 884,88 mm²)

b. Perencanaan tulangan lapangan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 6,45 kNm/m
- Mutu beton, (fc) = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (fy) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 13$
 $= 93,5\ mm$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400\ MPa}{0,85 \times 30\ MPa} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{6,45 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 0,922$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30\ MPa}{400\ MPa} \left(\frac{600}{600 + 400\ MPa} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0253$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (0,922)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00235$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00235, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00235 \times 1000 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 219,621 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah lapangan arah X :

$$\mathbf{D13 - 150} \text{ (As} = 884,88 \text{ mm}^2\text{)}$$

c. Perencanaan tulangan tumpuan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 11,48 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 13$
 $= 93,5 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{11,48 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 1,641$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,641)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00424$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00435, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As \ perlu = 0,00424 \times 1000 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm}$$

$$As \ perlu = 396,904 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah Y :

$$\mathbf{D13 - 150} \text{ (As} = 884,88 \text{ mm}^2\text{)}$$

d. Perencanaan tulangan lapangan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 5,47 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa

- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 13$
 $= 93,5 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{5,47 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 0,782$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (0,782)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00199$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,002, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

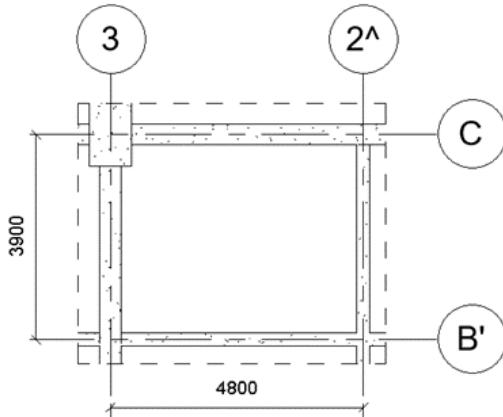
$$As \text{ perlu} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 187 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah lapangan arah Y :

$$\mathbf{D13 - 150} \text{ (As} = 884,88 \text{ mm}^2\text{)}$$

7.1.2 Perhitungan Pelat Ruang Kamar Hotel (Lantai 4-16)



Gambar 7-2. Pelat Lantai Ruang Kamar Hotel

$$L_x = 3900 \text{ mm}$$

$$L_y = 4800 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{4800}{3900} = 1,23 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Tabel 7-2. Momen pelat ruang kamar

Area	Momen Arah X	Momen Arah Y
Tumpuan	14.32 kNm/m	12.22 kNm/m
Lapangan	6.18 kNm/m	5.32 kNm/m

a. Perencanaan tulangan tumpuan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 14,32 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm

- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 $= 93,5 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{14,32 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 2,048$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (2,048)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00517$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00517, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

As perlu = $\rho \times b \times d$

As perlu = $0,00223 \times 1000 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm}$

As perlu = $499,542 \text{ mm}^2$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

D13 – 150 (As = 884,88 mm²)

b. Perencanaan tulangan lapangan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 6,18 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (d_x) = $t - ts - 0,5D$
= $120 - 20 - 0,5 \cdot 10$
= 93,5 mm

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{6,18 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 0,884$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (0,884)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00225$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00225, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As \ perlu = 0,00225 \times 1000 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm}$$

$$As \ perlu = 210,259 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah lapangan arah X :

$$\mathbf{D13 - 150} (\text{As} = 884,88 \text{ mm}^2)$$

c. Perencanaan tulangan tumpuan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 12,22 kNm/m
- Mutu beton, ($f_{c'}$) = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (d_x) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 $= 93,5 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{12,22 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 1,747$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,00244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,747)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00453$$

$\rho_{min} = 0,002$ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00453, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As\ perlu = 0,00453 \times 1000\ mm \times 93,5\ mm$$

$$As\ perlu = 423,465\ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah Y :

D13 – 150 (As = 884,88 mm²)

d. Perencanaan tulangan lapangan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 5,32 kNm/m
- Mutu beton, (fc) = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (fy) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 120 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 $= 93,5\ mm$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400\ MPa}{0,85 \times 30\ MPa} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{5,32 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 0,761$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (0,761)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00193$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,002, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

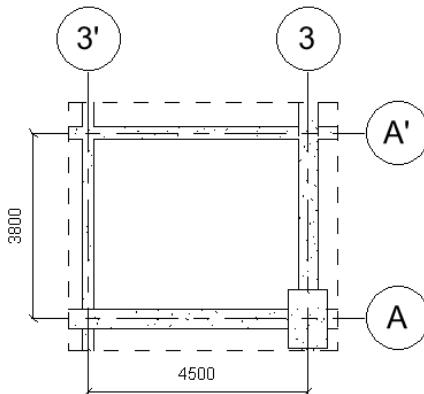
$$As \text{ perlu} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 187 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah lapangan arah Y :

D13 – 150 (As = 884,88 mm²)

7.1.3 Perhitungan Pelat Atap



Gambar 7-3. Pelat Atap

$$L_x = 3800 \text{ mm}$$

$$L_y = 4500 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{4500}{3800} = 1,184 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Tabel 7-3. Momen pelat atap

Area	Momen Arah X	Momen Arah Y
Tumpuan	5.84 kNm/m	5.16 kNm/m
Lapangan	2.25 kNm/m	2.08 kNm/m

a. Perencanaan tulangan tumpuan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 5,84 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 100 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 100 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 $= 75 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{5,84 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 1,298$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,298)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00333$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00333, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00333 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 249,862 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

$$\mathbf{D10 - 200} \text{ (As} = 392,7 \text{ mm}^2\text{)}$$

b. Perencanaan tulangan lapangan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 2,25 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx)
 - = $t - ts - 0,5D$
 - = $100 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 - = 75 mm

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{2,25 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,5$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (0,5)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00126$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,002, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As \text{ perlu} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 150 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah lapangan arah X :

$$\mathbf{D10 - 200} \text{ (As} = 392,7 \text{ mm}^2\text{)}$$

c. Perencanaan tulangan tumpuan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 5,16 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx)
 - = $t - ts - 0,5D$
 - = $100 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 - = 75 mm

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{5,16 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 1,147$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,00244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,147)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00293$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00293, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00293 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 220,064 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah Y :

$$\textbf{D10 - 200} \text{ (As} = 392,7 \text{ mm}^2\text{)}$$

d. Perencanaan tulangan lapangan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 2,08 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa

- Tebal pelat lantai, (t) = 120 mm
- Diamter tulangan, (D) = 10 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 100 - 20 - 0,5 \cdot 10$
 $= 75 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{2,08 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,462$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (0,462)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0012$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,002, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

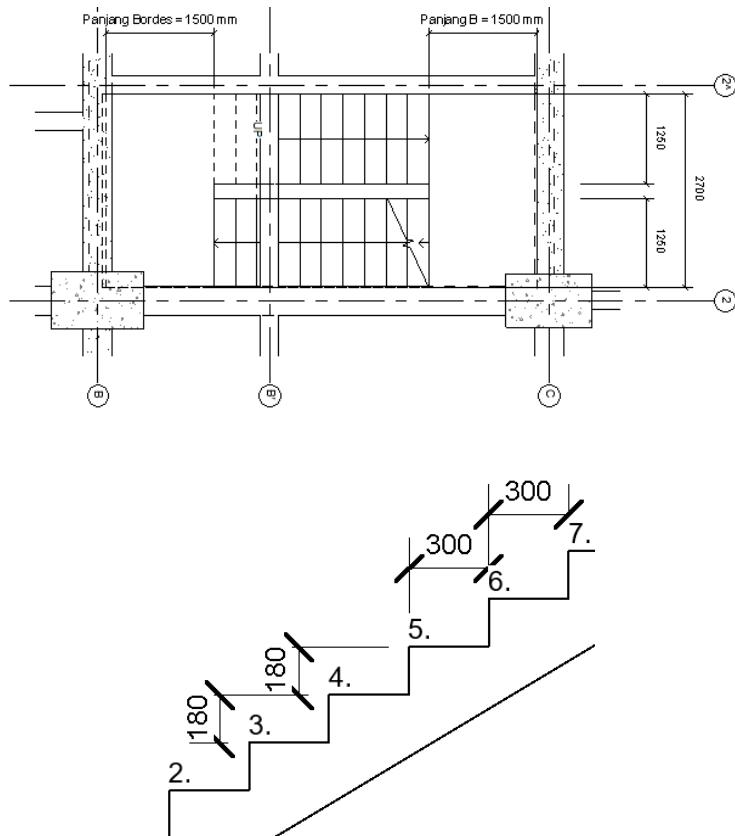
$$As \text{ perlu} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 150 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah lapangan arah Y :

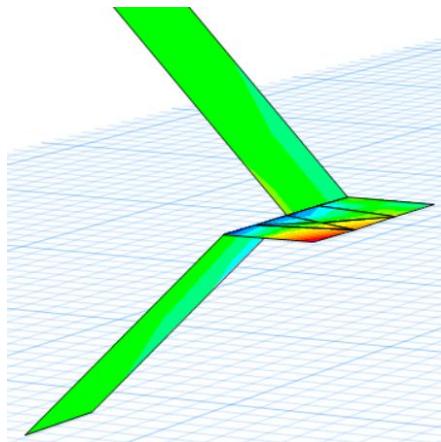
$$\textbf{D10 - 200} \text{ (As} = 392,7 \text{ mm}^2\text{)}$$

7.1.4 Perhitungan Pelat Tangga



Gambar 7-4. Denah dan detail tangga

Gaya dalam yang akan dihitung sebagai dasaran kebutuhan tulangan pada pelat akan diambil momen yang terbesar dan momen yang terjadi dari analisis menggunakan ETABS. Berikut permodelan pelat tangga dan bordes pada program ETABS :



Gambar 7-5. Diagram momen pelat tangga

Tabel 7-4. Momen pelat tangga pada ETABS

Momen Arah X	Momen Arah Y
18.642 kNm/m	25.634 kNm/m

a. Perencanaan tulangan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 18,642 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 150 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx)

$$= t - ts - 0,5D$$

$$= 150 - 20 - 0,5 \cdot 13$$

$$= 103,5 \text{ mm}$$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{18,642 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 1,358$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,358)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

$\rho_{min} = 0,002$ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,0035, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

As perlu = $\rho \times b \times d$

As perlu = $0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 103,5 \text{ mm}$

As perlu = $431,1 \text{ mm}^2$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

D13 – 150 (As = $884,88 \text{ mm}^2$)

b. Perencanaan tulangan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = $25,634 \text{ kNm/m}$
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (fy) = 400 MPa

- Tebal pelat lantai, (t) = 150 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
= $150 - 20 - 0,5 \cdot 13$
= 103,5 mm

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{25,634 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 2,659$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (2,659)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0070$$

$\rho_{min} = 0,002$ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,0070 sehingga luas tulangan yang diperlukan :

As perlu = $\rho \times b \times d$

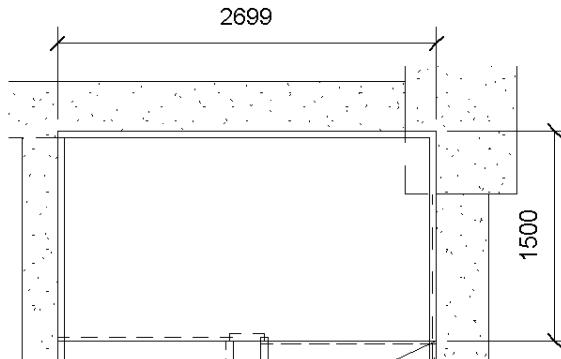
As perlu = $0,0070 \times 1000 \text{ mm} \times 103,5 \text{ mm}$

As perlu = $728,2 \text{ mm}^2$

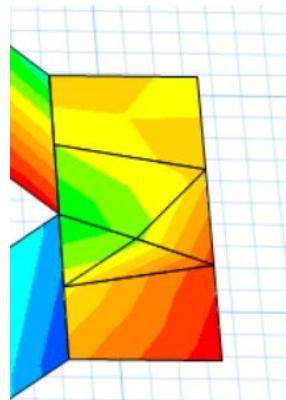
Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

D13 – 150 (As = 884,88 mm²)

7.1.5 Perhitungan Pelat Bordes



Gambar 7-6. Dimensi pelat bordes



Gambar 7-7. Diagram momen pelat bordes

Tabel 7-5. Momen pelat bordes pada ETABS

Momen Arah X	Momen Arah Y
27.725 kNm/m	29.192 kNm/m

a. Perencanaan tulangan arah X

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 27,725 kNm/m
- Mutu beton, (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (f_y) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 150 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = $t - ts - 0,5D$
 $= 150 - 20 - 0,5 \cdot 13$
 $= 123,5 \text{ mm}$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{27,725 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 2,876$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (2,876)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0076$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,0076, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As \text{ perlu} = 0,0076 \times 1000 \text{ mm} \times 103,5 \text{ mm}$$

$$As \ perlu = 791,6 \ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :
D13 – 150 (As = 884,88 mm²)

b. Perencanaan tulangan arah Y

Data perencanaan pelat ruang pertemuan sebagai berikut :

- Momen ultimate = 29,192 kNm/m
- Mutu beton, (fc') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan, (fy) = 400 MPa
- Tebal pelat lantai, (t) = 150 mm
- Diamter tulangan, (D) = 13 mm
- Tebal selimut, (ts) = 20 mm
- Tebal efektif, (dx) = t – ts – 0,5D
 $= 150 - 20 - 0,5 \cdot 13$
 $= 103,5 \ mm$

Perhitungan penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}'} = \frac{400 \ MPa}{0,85 \times 30 \ MPa} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot dx} = \frac{25,634 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 3,028$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \ MPa}{400 \ MPa} \left(\frac{600}{600 + 400 \ MPa} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0244$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (3,028)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0081$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ (SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,0083 sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As \ perlu = 0,0081 \times 1000 \text{ mm} \times 103,5 \text{ mm}$$

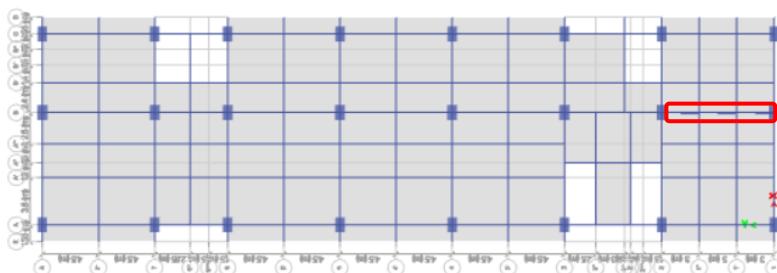
$$As \ perlu = 836,5 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah Y :

$$\mathbf{D13 - 150} \text{ (As} = 884,88 \text{ mm}^2\text{)}$$

7.2 Perhitungan Struktur Balok

Pada perhitungan penulangan struktur balok, balok yang ditinjau adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil analisa dengan program bantu ETABS. Namun untuk balok yang lain, hasil perhitungan akan dirangkum dalam bentuk tabel. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMB.

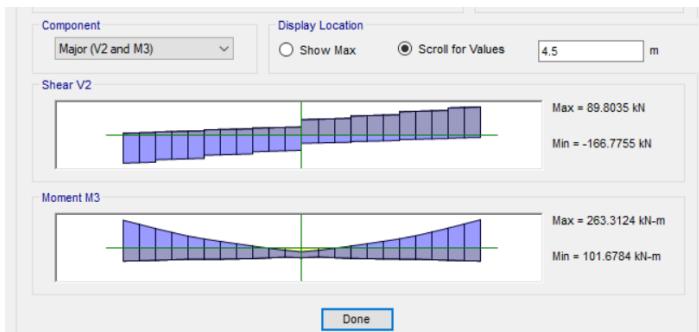


Gambar 7-8. Balok B1 yang ditinjau

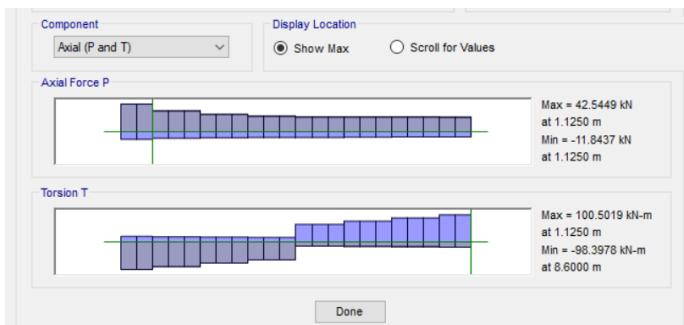
Analisa struktur dilakukan dengan bantuan program aplikasi ETABS 2016 dengan menggunakan kombinasi beban Envelope. Dari hasil Analisa program ETABS 2016 diperoleh gaya dalam sebagai berikut:



Gambar 7-9. Ouput gaya momen dan geser area tumpuan



Gambar 7-10. Ouput gaya momen dan geser area lapangan



Gambar 7-11. Ouput gaya torsi

Dari hasil analisa program ETABS didapatkan hasil gaya dalam maksimal sebagai berikut :

Tabel 7-6. Rekapitulasi Output Gaya Dalam

Gaya Dalam	Area	
	Tumpuan	Lapangan
Momen	749.749	263.312
Geser	311.326	166.775
Torsi		100.502

7.2.1 Data Perencanaan

- Tipe balok : B1
- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_{yl}) : 400 MPa
- Mutu baja tulangan (f_{yt}) : 240 MPa
- Panjang balok (L) : 9 m
- Tinggi balok (h) : 800 mm
- Lebar balok (b) : 400 mm
- Diameter tulangan lentur : 22 mm
- Diameter tulangan geser : 13 mm
- Tebal selimut (ts) : 40 mm
- Tebal efektif (d) : $h - ts - D.lentur/2 - D.geser$
: $800 - 40 - 22/2 - 13$
: 736 mm
- Faktor reduksi lentur : 0,9
- Faktor reduksi geser : 0,75

7.2.2 Perhitungan Tulangan Lentur

- **Area tumpuan**

- Garis Netral Dalam Kondisi Balance

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

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 736$$

$$X_b = 441,6 \text{ mm}$$

- Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 441,6 \\ &= 331,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ X_{\min} &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 200 \text{ mm}$$

- Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C_c' = 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 400 \text{ mm} \times 0,8 \times 200 \text{ mm}$$

$$C_c' = 1632000 \text{ N}$$

- Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Tunggal

$$As = \frac{Cc'}{f_y}$$

$$As = \frac{1632000 \text{ N}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$As = 4080 \text{ mm}^2$$

- Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 4080 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(736 \text{ mm} - \frac{0,8 \times 200}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1070592000 \text{ Nmm}$$

- Momen Lentur Nominal

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{749749000}{0,9} = 833054444 \text{ Nmm}$$

Cek Penulangan Rangkap

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap dengan syarat sebagai berikut :

- $M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan
- $M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

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

$$M_{ns} = 833054444 - 1070592000$$

$$M_{ns} = -237537556 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga **tidak perlu** dihitung tulangan lentur tekan, akan tetapi tetap diperhitungkan.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{833054444}{0,9 \cdot 400 \cdot 736^2} = 4,27$$

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0236$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (4,27)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0118$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,0118, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As \text{ perlu} = 0,0118 \times 400 \text{ mm} \times 736 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 3476,6132 \text{ mm}^2$$

Sehingga tulangan tarik yang digunakan :

10D22 ($As = 3801,327 \text{ mm}^2$)

Maka luas tulangan tekan minimum yang digunakan :

$$As \text{ perlu} = 50\% As$$

$$As \text{ perlu} = 50\% \times 3476,6132 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ perlu} = 1738,3066 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan tekan pada daerah tumpuan :

5D22 ($As = 1900,663 \text{ mm}^2$)

- **Kontrol spasi tulangan**

Tulangan tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{ geser}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (9 \times 22)}{10 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 8,22 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

$$8,22 \text{ mm} < 25 \text{ mm} (\mathbf{DUA LAPIS})$$

Tulangan tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{ geser}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 68 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

$$68 \text{ mm} > 25 \text{ mm} (\mathbf{SATU LAPIS})$$

- **Area lapangan**

- Garis Netral Dalam Kondisi Balance

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

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 736$$

$$X_b = 441,6 \text{ mm}$$

- Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 441,6 \\ &= 331,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis Netral Minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$X_{\min} = 64 \text{ mm}$$

- Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 200 \text{ mm}$$

- Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C_c' = 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 400 \text{ mm} \times 0,8 \times 200 \text{ mm}$$

$$C_c' = 1632000 \text{ N}$$

- Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Tunggal

$$As = \frac{Cc'}{f_y}$$

$$As = \frac{1632000 \text{ N}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$As = 4080 \text{ mm}^2$$

- Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = As_c \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 4080 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(736 \text{ mm} - \frac{0,8 \times 200}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1070592000 \text{ Nmm}$$

- Momen Lentur Nominal

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{263312000}{0,9} = 292568889 \text{ Nmm}$$

Cek Penulangan Rangkap

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap dengan syarat sebagai berikut :

- $M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan
- $M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

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

$$M_{ns} = 292568889 - 1070592000$$

$$M_{ns} = -778023111 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga **tidak perlu** dihitung tulangan lentur tekan, akan tetapi tetap diperhitungkan.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot dx} = \frac{292568889}{0,9 \cdot 400 \cdot 736^2} = 1,5$$

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,0236$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,5)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00387$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00387, sehingga luas tulangan yang diperlukan:

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As\ perlu = 0,00387 \times 400\ mm \times 736\ mm$$

$$As\ perlu = 1139,952\ mm^2$$

Sehingga tulangan tarik yang digunakan :

3 D22 ($As = 1140,398\ mm^2$)

Maka luas tulangan tekan minimum yang digunakan :

$$As\ perlu = 50\% As$$

$$As\ perlu = 50\% \times 1140,398\ mm^2$$

$$As\ perlu = 528,41\ mm^2$$

Direncanakan tulangan tekan pada daerah tumpuan :

3D22 ($As = 1140,398\ mm^2$)

- **Kontrol spasi tulangan**

Tulangan tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (3 \times 22)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 114\ mm$$

Syarat :

$$S_{maks} > S_{sejajar}$$

$$114\ mm < 25\ mm (\textbf{SATU LAPIS})$$

Tulangan tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 114 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

$$68 \text{ mm} > 25 \text{ mm} (\text{SATU LAPIS})$$

- **Panjang penyaluran**

Panjang penyaluran batang ulir dalam kondisi Tarik di desain sesuai dengan SNI 2847 2019 pasal 25.4.2.

Panjang penyaluran Ld untuk batang ulir dalam kondisi Tarik harus yang terbesar dari :

a. 300 mm

b. $Ld = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$

Dengan :

$$F_y = 400$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$\sqrt{fc'} = 5,47$$

$$Ldh = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 22 = 960,419 \text{ mm} \approx 970 \text{ mm}$$

- **Panjang penyaluran kait**

Panjang penyaluran kait direncanakan sesuai SNI 2847:2019 pasal 25.4.3.

Panjang penyaluran Tarik batang ulir Ldh batang ulir yang diakhiri dengan suatu kait harus diambil yang terbesar dari :

a. $Ldh = 8 \cdot db = 176 \text{ mm}$

b. $Ldh = 150 \text{ mm}$

c. $Ldh = \left(\frac{0,24 \cdot f_y \cdot \psi_e \cdot \psi_c \cdot \psi_r}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$

Dengan :

$$F_y = 400$$

$$\psi_e = 1$$

$$\begin{aligned}
 \Psi_c &= 1 \\
 \Psi_r &= 1 \\
 \lambda &= 1 \\
 \sqrt{fc'} &= 5,47 \\
 Ldh &= \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 22 = 382,055 \text{ mm} \approx 390 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

7.2.3 Perhitungan Tulangan Geser

Area tumpuan

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 22.5 perhitungan kebutuhan tulangan geser pada wilayah tumpuan dan lapangan balok SRPMB sebagai berikut :

$$V_u ETABS = 311326 \text{ N}$$

$$S_{paku} = 100 \text{ mm}$$

Direncanakan 2 kaki D13, $A_v = 265,465 \text{ mm}^2$

$$V_n = V_s + V_c$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'}$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 736 \cdot \sqrt{30} = 274124,19 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot fyt \cdot d}{s} = \frac{264,465 \cdot 400 \cdot 736}{100} = 781527,72 \text{ N}$$

$$V_n = V_s + V_c = 274124,19 + 781527,72 = 1051276,69 \text{ N}$$

$$V_u kap = V_n \cdot \phi = 1051276,69 \cdot 0,75 = 788457,52 \text{ N}$$

Maka,

$$V_u ETABS = 311326 \text{ N} < V_u kap = 788457,2 \text{ N} (\text{OK})$$

- **Persyaratan jarak antar tulangan geser**

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 9.7.6

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{736}{2} = 368 \text{ mm}$$

$$S_{paku} = 100 \text{ mm} < 368 \text{ mm} (\text{OK})$$

- **Persyaratan luas tulangan minimum**

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 9.6.3 bahwa minimal luas tulangan geser yang digunakan sebagai berikut :

$$A_{v1} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 100}{400}$$

$$A_{v1} = 33,417 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,35 \cdot 400 \cdot 100}{400} = 35 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terbesar = 35 mm²

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2 > 35 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Area Lapangan

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 22.5 perhitungan kebutuhan tulangan geser pada wilayah tumpuan dan lapangan balok SRPMB sebagai berikut :

$$V_u \text{ ETABS} = 166775 \text{ N}$$

$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Direncanakan 2 kaki D13, } Av = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$V_n = V_s + V_c$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'}$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 736 \cdot \sqrt{30} = 274124,19 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot fyt \cdot d}{s} = \frac{265,465 \cdot 400 \cdot 736}{150} = 521018,48 \text{ N}$$

$$V_n = V_s + V_c = 521018,48 + 274129,19 = 790767,45 \text{ N}$$

$$V_u \text{ kap} = V_n \cdot \phi = 790767,45 \cdot 0,75 = 593075,588 \text{ N}$$

Maka,

$$V_u \text{ ETABS} = 166775 \text{ N} < V_u \text{ kap} = 593075,588 \text{ N} (\text{OK})$$

- **Persyaratan jarak antar tulangan geser**

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 9.7.6

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{736}{2} = 368 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 150 \text{ mm} < 368 \text{ mm} (\text{OK})$$

- **Persyaratan luas tulangan minimum**

Mengacu pada SNI 2847 2013 pasal 9.6.3 bahwa minimal luas tulangan geser yang digunakan sebagai berikut :

$$A_{v1} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 150}{400}$$

$$A_{v1} = 50,125 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,35 \cdot 400 \cdot 150}{400} = 52,5 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terbesar = 52,5 mm²

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2 > 52,5 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

7.2.4 Perhitungan Tulangan Torsi

- a. Periksa batasan penampang menahan torsi berdasarkan SNI 2847 2019 pasal 22.7.7.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_U}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_U \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0.66\sqrt{f_c'} \right)$$

Gaya yang terjadi :

$$T_U = 100,52 \text{ kNm} = 100520000 \text{ Nmm}$$

$$V_U = 311,326 \text{ kNm} = 311326000 \text{ Nmm}$$

$$V_c = 274124,19 \text{ kN}$$

$$b_h = b - 2 \cdot \text{decking} - d \cdot \text{sengkang}$$

$$b_h = 400 - 80 - 13 = 307 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot \text{decking} - d \cdot \text{sengkang}$$

$$h_h = 800 - 80 - 13 = 707 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 \cdot (b_h + h_h) = 2 \cdot (307 + 707) = 2028 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = b_h \cdot h_h = 307 \cdot 707 = 217049 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{311,326}{400 \cdot 736}\right)^2 + \left(\frac{100,52 \cdot 2028}{1.7 \cdot 217049^2}\right)^2} = 0,00106$$

$$0,75 \cdot \left(\frac{274124,19}{400 \cdot 736} + 0,66\sqrt{30}\right) = 3,41 \text{ (**memenuhi**)}$$

Dari hasil tersebut disimpulkan dimensi penampang cukup untuk menahan torsi.

- b. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847 2019 Pasal 22.7.4.1 yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$T_u \leq T_u min$$

$$T_u \leq 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(\frac{A_{cp}}{P_{cp}}\right)$$

$$A_{cp} = b \cdot h = 400 \cdot 800 = 320000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (400 + 800) = 2400 \text{ mm}^2$$

Maka nilai $T_u min$:

$$T_u min = 0,083 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{320000^2}{2400}\right) = 14547511 \text{ Nmm}$$

$$T_u = 100502000 \text{ Nmm} \leq T_u min = 14547511 \text{ Nmm}$$

(diperlukan tulangan torsi)

Berdasarkan pasal 22.7.5.1, nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi :

$$T_u max = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(\frac{A_{cp}}{P_{cp}}\right)$$

$$T_u max = 0,33 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{32000^2}{2400}\right) = 57839502 \text{ Nmm}$$

$$T_u = 100502000 \text{ Nmm} > T_u max = 57839502 \text{ Nmm}$$

Maka nilai T_u yang digunakan adalah 57839502 Nmm

- c. Periksa kebutuhan tulangan torsi transversal berdasarkan SNI 2847 2019 Pasal 22.7.6.1 a

$$T_n = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyt}{s} \cot 45$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tu}{\emptyset \cdot 2 \cdot Ao \cdot fyt \cdot \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{57839502}{\emptyset \cdot 2 \cdot 184492 \cdot 400 \cdot \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 0,5142 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{761989,53}{400 \cdot 736} = 2,655 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan geser torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{At}{s} + \frac{Av}{2s} = 2,645 \text{ mm}^2$$

$$Av = 2,645 \cdot 100 = 264,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan sengkang yang terpasang sebelum torsi adalah 2D13-100 mm ($Av=265,46 \text{ mm}^2$), maka tulangan sengkang cukup menahan torsi.

- d. Periksa kebutuhan tulangan torsi longitudinal berdasarkan SNI 2847 2019 Pasal 22.7.6.1 b

$$T_n = \frac{2 \cdot Ao \cdot Al \cdot fyt}{Ph} \cot 45$$

$$Al = \frac{Tu \cdot Ph}{\emptyset \cdot 2 \cdot Ao \cdot fyt \cdot \cot 45}$$

$$Al = \frac{57839502 \cdot 2028}{\emptyset \cdot 2 \cdot 184492 \cdot 400 \cdot \cot 45}$$

$$Al = 1042,742 \text{ mm}^2$$

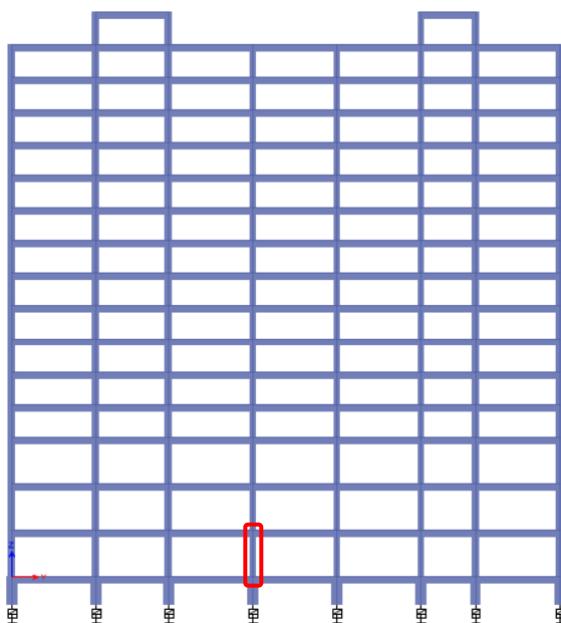
Tulangan torsi dibagi menjadi 4 sisi yaitu :

$$\frac{Al}{4} = \frac{1042,742}{4} = 260,686 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **2D16** ($As=402,124 \text{ mm}^2$) yang dipasang pada sisi kanan kiri balok

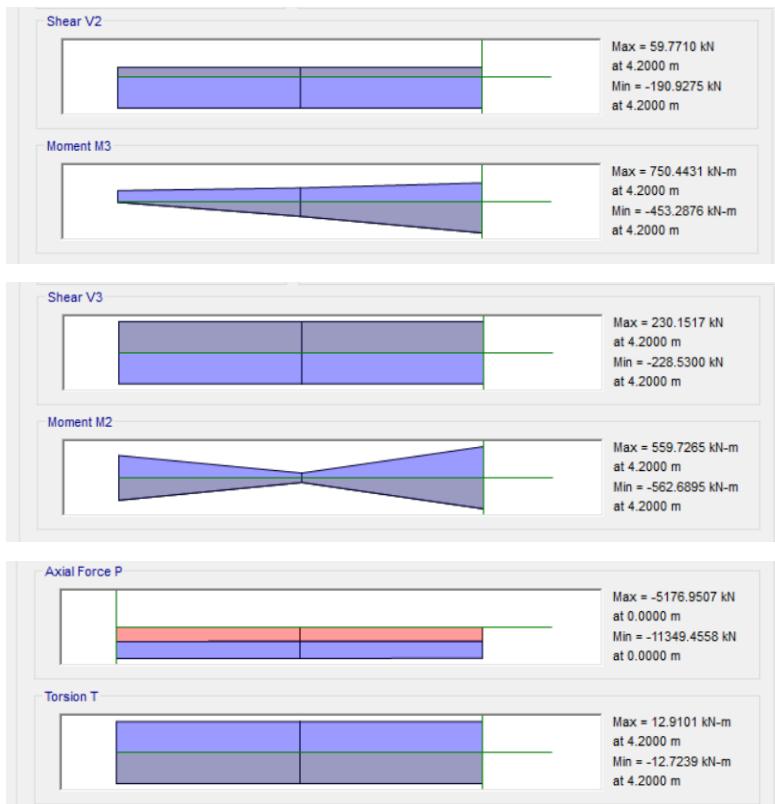
7.3 Perhitungan Struktur Kolom

Pada perhitungan penulangan struktur kolom, kolom yang dihitung secara manual adalah kolom yang mengalami gaya aksial momen terbesar dari hasil analisa dengan program bantu ETABS. Selebihnya, akan dirangkum dalam tabel. Ketentuan syarat penulangan menggunakan SRPMB.



Gambar 7-12. Kolom K1 yang ditinjau pada As A-5

Analisa dilakukan menggunakan program ETABS dengan kombinasi beban ENVELOPE. Sehingga didapatkan gaya dalam sebagai berikut :



Gambar 7-13. Gaya dalam kolom pada ETABS

Tabel 7-7. Gaya dalam yang terjadi pada kolom

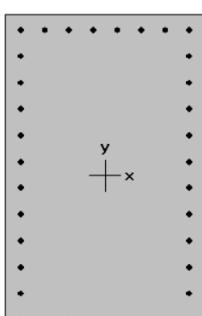
Gaya Aksial (P)	11349.356
Gaya Geser arah X (V2)	190.928
Gaya Geser arah Y (V3)	230.152
Momen arah X (M2)	562.689
Momen arah Y (M3)	750.443
Torsi	12.91

7.3.1 Data Perencanaan

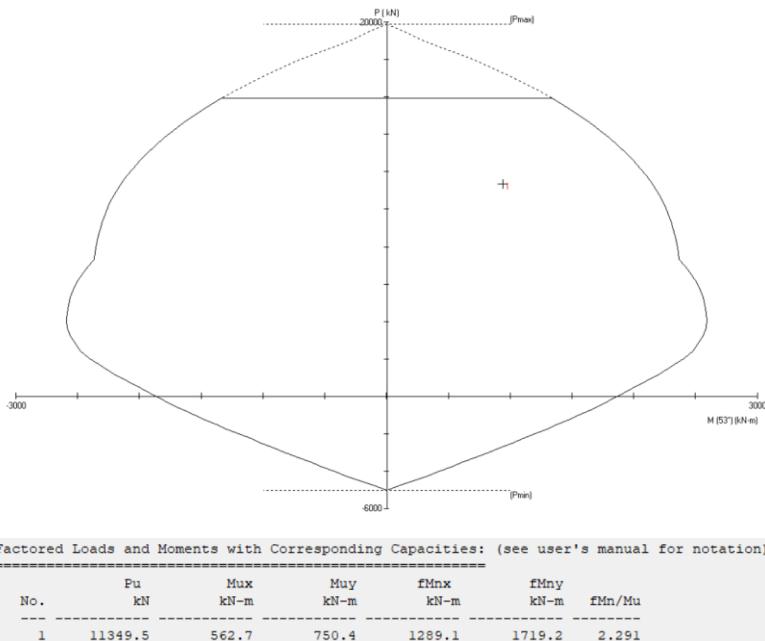
- Mutu beton (f_c') : 33,25 MPa
- Mutu tulangan ulir (f_y) : 400 MPa
- Lebar kolom (b) : 750 mm
- Panjang kolom (h) : 1200 mm
- Tebal selimut (t_s) : 40 mm

7.3.2 Perhitungan Tulangan Lentur

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 10.6.1 luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,08 Ag. K1 1200 x 750 akan direncanakan dipasang 36 D22. Perhitungan penulangan kolom akan dilakukan dengan menggunakan program bantu pcaColumn. Berikut adalah hasil analisa kolom dengan pcaColumn :

 $750 \times 1200 \text{ mm}$ 1.55% reinfr.	MATERIAL:	REINFORCEMENT:
	$f'_c = 33.25 \text{ MPa}$	$36 \#22 \text{ bars} @ 1.548\%$
	$E_c = 27101.5 \text{ MPa}$	$A_s = 13932 \text{ mm}^2$
	$f_c = 28.2625 \text{ MPa}$	Confinement: Tied
	$\beta_{t1} = 0.808883$	$\text{Clear Cover} = 49.5011 \text{ mm}$
	$f_y = 400 \text{ MPa}$	$\text{Min Spacing} = 67.6307 \text{ mm}$
	$E_s = 199955 \text{ MPa}$	
	SECTION:	SLENDERNESS:
	$A_g = 900000 \text{ mm}^2$	$I_x = 1.08e+011 \text{ mm}^4$
	$I_y = 4.21875e+010 \text{ mm}^4$	$X_o = 0 \text{ mm}$
	$Y_o = 0 \text{ mm}$	N/A

Gambar 7-14. Input material dan penulangan kolom pada pcaColumn



Gambar 7-15. Hasil perhitungan dengan pcaColumn

Dari hasil analisa perhitungan kapasitas dari K1 1200 x 750 dengan tulangan 36 D22 melebihi dari pada beban yang ada pada kolom.

- **Kontrol Rasio Tulangan**

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 10.6.1. luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,08 Ag.

Rasio tulangan terpasang = $1,55\% = 0,015$

Maka, $\rho_{min} = 0,01 < \rho_{pakai} = 0,015 < \rho_{maks} = 0,08$ (OK)

- **Panjang Penyaluran Tulangan**

Mengacu pada SNI 2847 2019 Pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan (Ldc) dan panjang kait diambil terbesar menggunakan persamaan berikut :

$$a. \quad Ldc = \left(\frac{0,24 \cdot fy \cdot \Psi_r}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$$

Dengan :

$$Fy = 400$$

$$\Psi_r = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$Ldh = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1}{1.576} \right) \cdot 22 = 366,267 \text{ mm} \approx 367 \text{ mm}$$

$$b. \quad Ldc = 0,043 \cdot fy \cdot \Psi_r \cdot db$$

$$Ldc = 0,043 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 22$$

$$Ldc = 378,4 \text{ mm} \approx 379 \text{ mm}$$

7.3.3 Perhitungan Tulangan Geser

Mengacu pada SNI 2847 2019 Pasal 22.5. perhitungan kebutuhan tulangan geser pada wilayah tumpuan dan lapangan balok SRPMB sebagai berikut :

$$Vu \text{ ETABS} = 230,152 \text{ kN} = 230152 \text{ N}$$

$$Nu \text{ ETABS} = 11349,356 \text{ kN} = 11349356 \text{ N}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Direncanakan 3 kaki D13, } Av = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$V_n = V_s + V_c$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right)$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot 750 \cdot 686 \cdot \sqrt{33,25} \cdot \left(1 + \frac{11349356}{14 \cdot Ag} \right)$$

$$V_c = 958635,31 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot fyt \cdot d}{s} = \frac{265,465 \cdot 400 \cdot 686}{200} = 546326,10 \text{ N}$$

$$V_n = V_s + V_c = 958635,31 + 546326,10 = 1504961,41 \text{ N}$$

$$V_u \text{ kap} = V_n \cdot \phi = 1504961,41 \cdot 0,75 = 1128721,06 \text{ N}$$

Maka,

$$V_u \text{ ETABS} = 230152 \text{ N} < V_u \text{ kap} = 1128721,06 \text{ N} (\text{OK})$$

- **Persyaratan Jarak Antar Tulangan**

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 9.7.6 bahwa maksimal jarak daripada tulangan geser sebagai berikut :

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{686}{2} = 343 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 250 \text{ mm} < 343 \text{ mm (OK)}$$

- **Persyaratan Luas Tulangan Minimum**

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 9.6.3 bahwa minimal luas tulangan geser yang digunakan sebagai berikut :

$$A_{v1} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{30} \cdot 750 \cdot 250}{400}$$

$$A_{v1} = 167,583 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,35 \cdot 750 \cdot 250}{400} = 164,1 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terbesar = 167,583 mm²

$$A_v = 398,197 \text{ mm}^2 > 182,512 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

7.3.4 Persyaratan Ketahanan Terhadap Torsi

Tu ETABS = 12910 N

S pakai = 250 mm

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$A_t = \pi \cdot 0,25 \cdot D_{geser} = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$A_{oh} = (h - (2 \cdot ts) - D_{geser}) \times (b - (2 \cdot ts) - D_{geser})$$

$$A_{oh} = 727299 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 618204,15 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot (A_t + A_v) \cdot fy}{s} \cot 45$$

$$T_n = \frac{2 \cdot 618204,15 \cdot 398,197 \cdot 400}{250} \cot 45$$

$$T_n = 1050312349 \text{ N}$$

$$T_u \text{ kap} = 0,85 \cdot T_n = 892765496,8 \text{ N}$$

Maka,

$$T_u \text{ ETABS} = 12910 \text{ N} < T_u \text{ kap} = 892765496,8 \text{ N} (\textbf{OK})$$

BAB VIII

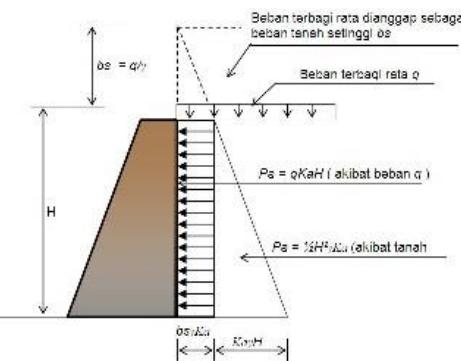
PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

8.1 Retaining Wall

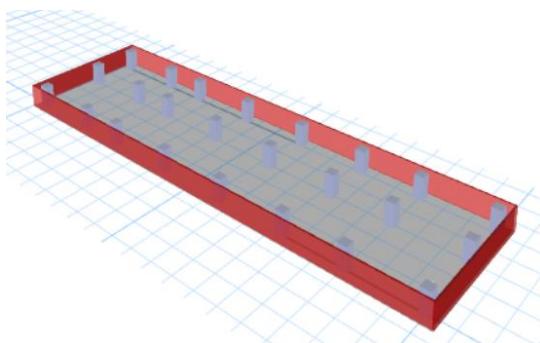
Pada prinsipnya retaining wall pada sekeliling basemen didesain mampu menahan tekanan tanah aktif yang bekerja di sisi luarnya agar tidak mengalami keruntuhan. Sehingga dihitung gaya-gaya yang bekerja berdasarkan teori Rankine (1857).

Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \quad (2.70)$$



Gambar 8-1. Skema tekanan tanah pada retaining wall



Gambar 8-2. Posisi retaining wall pada gedung

8.1.1 Data Perencanaan

- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu tulangan (f_y) = 400 MPa
- Mutu tulangan polos (f_{yt}) = 240 MPa
- Tinggi dinding (h) = 3000 mm
- Tebal dinding (t) = 250 mm
- Diameter tulangan lentur = 13 mm
- Diameter tulangan geser = 13 mm
- Tebal selimut (d) = 75 mm
- β_1 = 0,85
- θ = 23°

8.1.2 Perhitungan Tekanan Tanah

- Koefisien tekanan tanah :

$$K_a = \frac{1 - \sin 23^\circ}{1 + \sin 23^\circ}$$

$$K_a = 0,44$$

- Tekanan tanah aktif

$$Pa_1 = h \cdot Q \cdot K_a = 3 \cdot 9,81 \cdot 0,44 = 12,89 \text{ kN/m}^2$$

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$Pa = \frac{1}{2} 16,5 \cdot 3^2 \cdot 0,44 - 2 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{0,44} = 32,33 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan struktur dan stabilitas dinding penahan tanah dilakukan dengan bantuan program bantu ETABS. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut sebagai representative beban lateral tanah dengan menggunakan menu joint pattern pada ETABS.

Dengan menggunakan persamaan

$$Ax + By + Cz + D = Pa$$

Persamaan 1 :

$$C \cdot 3 + D = 12,89$$

Persamaan 2 :

$$C \cdot 0 + D = 32,33$$

Substitusi nilai :

$$\begin{aligned} C \cdot 3 &= -19,437 \\ C &= -6,479 ; D = 38,809 \end{aligned}$$

Input koefisien C dan D pada menu non-uniform shell loads di ETABS dengan jenis atau nama beban P.AKTIF.

8.1.3 Perhitungan Tulangan Retaining Wall

Tabel 8-1. Ouput momen retaining wall

Momen Arah X	Momen Arah Y
110,457 kNm/m	102,516 kNm/m

- Tulangan Arah X**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{110,457 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 167^2} = 3,96$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,29 \times (3,96)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0108$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ (SNI 2847 2019 pasal 11.6.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,01082, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As\ perlu = 0,01082 \times 1000\ mm \times 167\ mm$$

$$As\ perlu = 1806,881\ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

$$\mathbf{D16 - 100} \text{ (As} = 2010,619\ mm^2)$$

- **Tulangan Arah Y**

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400\ MPa}{0,85 \times 30\ MPa} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{102,516 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 3,67$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30\ MPa}{400\ MPa} \left(\frac{600}{600 + 400\ MPa} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (3,67)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00997$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ (SNI 2847 2019 pasal 11.6.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00997, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As \ perlu = 0,00997 \times 1000 \ mm \times 167 \ mm$$

$$As \ perlu = 1664,843 \ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

D16 – 100 (As = 2010,619 mm²)

- **Tulangan Susut**

Berdasarkan SNI 2847 2019 pasal 24.4.3.2 maka digunakan $\rho = 0,002$

$$As \ susut = \rho \cdot b \cdot h$$

$$As \ susut = 0,002 \cdot 1000 \cdot 167 = 334 \ mm^2$$

Digunakan tulangan **D13-200** (As pakai = 663,7 mm²)

8.2 Pelat Basement

Pelat basement memiliki tahapan perencanaan yang sama dengan pelat gedung, namun yang membedakan ialah beban yang terjadi. Dimana pelat basement harus mampu menampung tekanan hidrostatis oleh air tanah. Dimana elevasi air tanah diasumsikan pada keadaan kritis yaitu sama dengan permukaan tanah.

8.2.1 Data Perencanaan

- Mutu beton (fc') = 30 MPa
- Mutu tulangan (fyl) = 400 MPa
- Mutu tulangan polos (fyt) = 240 MPa
- Tebal dinding (t) = 250 mm
- Diameter tulangan lentur = 13 mm
- Diameter tulangan geser = 13 mm
- Tebal selimut (d) = 75 mm

8.2.2 Pembebanan Pelat Basement

- Tekanan hidrostatis air tanah

$$\sigma_h = \gamma_w \cdot H_{basement}$$

$$\sigma_h = 1000 \cdot 3 = 3000 \ kg/m^2$$

- Beban pelat lantai basement

$$Q_d = t_{pelat} \cdot \gamma_{beton}$$

$$Q_d = 0,25 \cdot 2400 = 600 \ kg/m^2$$

$$Q_d \ total = \sigma_h \cdot Q_d$$

$$Q_d \text{ total} = 3000 - 600 = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_l = 96 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_u = 1,2Q_d + 1,6Q_l$$

$$Q_u = 1,2 \cdot 2400 + 1,6 \cdot 96 = 3033,6 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga didapatkan beban untuk perencanaan pelat basement adalah 3033,6 kg/m²

8.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat Basement

Tabel 8-2. Ouput momen pelat basement

Momen Arah X	Momen Arah Y
62,053 kNm/m	50,724 kNm/m

- **Tulangan Arah X**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{62,053 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 167^2} = 2,22$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (2,22)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,00598$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ (SNI 2847 2019 pasal 11.6.1)}$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,00598, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As\ perlu = 0,00598 \times 1000\ mm \times 167\ mm$$

$$As\ perlu = 998,4\ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :

$$\mathbf{D16 - 200} \ (\text{As} = 1005,3\ mm^2)$$

- **Tulangan Arah Y**

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}'} = \frac{400\ MPa}{0,85 \times 30\ MPa} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot dx} = \frac{150,724 \cdot 1000000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 167^2} = 1,82$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 30\ MPa}{400\ MPa} \left(\frac{600}{600 + 400\ MPa} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times (1,82)}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0048$$

$$\rho_{min} = 0,002 \ (\text{SNI 1726 2019 Tabel 8.6.1.1})$$

Karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ maka nilai ρ yang dipakai adalah 0,0048, sehingga luas tulangan yang diperlukan :

$$As\ perlu = \rho \times b \times d$$

$$As\ perlu = 0,0048 \times 1000\ mm \times 167\ mm$$

$$As\ perlu = 808,763\ mm^2$$

Sehingga digunakan tulangan pada daerah tumpuan arah X :
D16 – 200 ($A_s = 1005,3 \text{ mm}^2$)

- **Tulangan Susut**

Berdasarkan SNI 2847 2019 pasal 24.4.3.2 maka digunakan $\rho = 0,002$

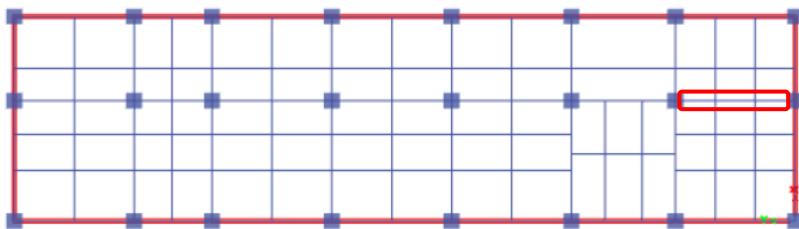
$$As_{susut} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As_{susut} = 0,002 \cdot 1000 \cdot 167 = 334 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13-200** (A_s pakai = $663,7 \text{ mm}^2$)

8.3 Sloof

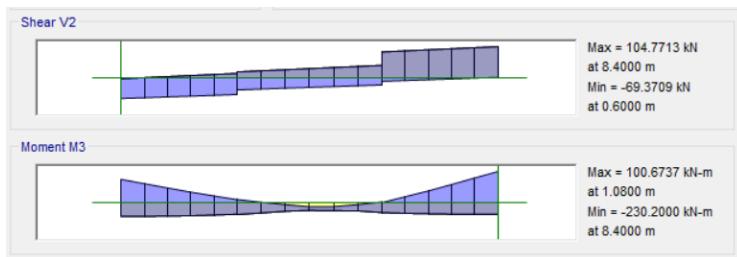
Sloof direncanakan untuk menahan gaya aksial, lentur serta geser, gaya aksial yang dibebankan pada sloof adalah gaya 10% aksial yang terjadi pada kolom diatasnya. Penulangan dianalisa dengan program bantu PcaColumn.



Gambar 8-3. Sloof S1 yang ditinjau

Analisa dilakukan menggunakan program ETABS dengan kombinasi beban ENVELOPE. Sehingga didapatkan gaya dalam sebagai berikut :





Gambar 8-4. Output gaya dalam sloof pada ETABS

Tabel 8-3. Gaya yang terjadi pada sloof

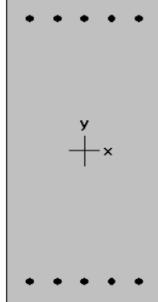
Gaya Dalam	Output ETABS	
Aksial	2070.882	kN
Geser	104.771	kN
Momen	230.2	kNm
Torsi	41.21	kN

8.3.1 Data Perencanaan

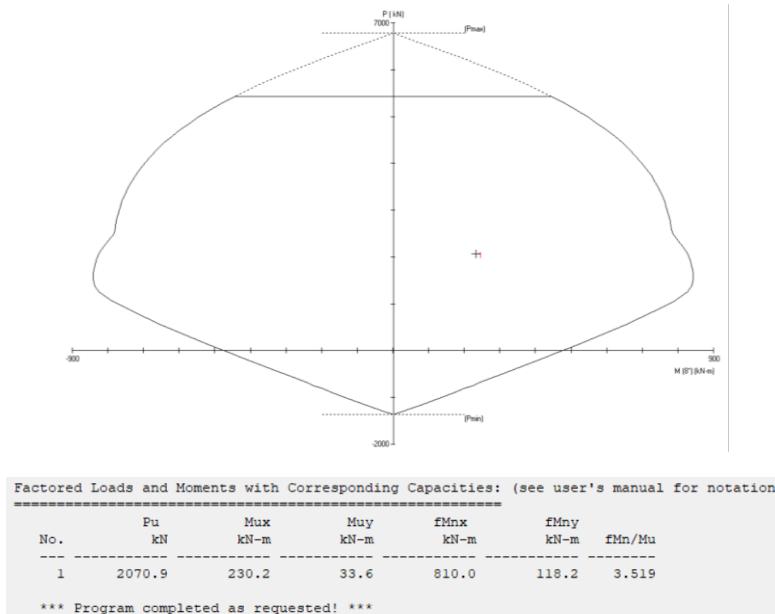
- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu tulangan ulir (f_y) : 400 MPa
- Lebar sloof (b) : 400 mm
- Panjang sloof (h) : 800 mm
- Tebal selimut (t_s) : 40 mm

8.3.2 Perhitungan Tulangan Lentur

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 10.6.1 luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,08 A_g . K1 1200 x 750 akan direncanakan dipasang 36 D22. Perhitungan penulangan kolom akan dilakukan dengan menggunakan program bantu pcaColumn. Berikut adalah hasil analisa kolom dengan pcaColumn :

 <p>400 x 800 mm 1.21% reinf.</p>	MATERIAL:	REINFORCEMENT:
	$f'c = 30 \text{ MPa}$ $E_c = 25743 \text{ MPa}$ $f_c = 25.5 \text{ MPa}$ $\Beta_1 = 0.83245$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $E_s = 199955 \text{ MPa}$	$10 \#22 \text{ bars} @ 1.209\%$ $A_s = 3870 \text{ mm}^2$ Confinement: Tied Clear Cover = 49.5011 mm Min Spacing = 47.5022 mm
SECTION:	SLENDERNESS:	
$A_g = 320000 \text{ mm}^2$ $I_x = 1.70667e+010 \text{ mm}^4$ $I_y = 4.26667e+009 \text{ mm}^4$ $X_o = 0 \text{ mm}$ $Y_o = 0 \text{ mm}$		N/A

Gambar 8-5. Input material dan penulangan sloof pada pcaColumn



Gambar 8-6. Hasil perhitungan dengan pcaColumn

Dari hasil analisa perhitungan kapasitas dari S1 400 X 800 dengan tulangan 10 D22 melebihi dari pada beban yang ada pada kolom.

- **Kontrol Rasio Tulangan**

Mengacu pada SNI 2847 2019 pasal 10.6.1. luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,08 Ag.

$$\text{Rasio tulangan terpasang} = 1,209\% = 0,01209$$

$$\text{Maka, } \rho_{min} = 0,01 < \rho_{pakai} = 0,0012 < \rho_{maks} = 0,08 (\text{OK})$$

- **Panjang Penyaluran Tulangan**

Mengacu pada SNI 2847 2019 Pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan (Ldc) dan panjang kait diambil terbesar menggunakan persamaan berikut :

$$\text{a. } Ldc = \left(\frac{0,24 \cdot fy \cdot \Psi_r}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot db$$

Dengan :

$$fy = 400$$

$$\Psi_r = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$Ldh = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1}{1 \cdot 5,47} \right) \cdot 22 = 385,597 \text{ mm} \approx 386 \text{ mm}$$

$$\text{b. } Ldc = 0,043 \cdot fy \cdot \Psi_r \cdot db$$

$$Ldc = 0,043 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 22$$

$$Ldc = 378,4 \text{ mm} \approx 379 \text{ mm}$$

8.3.3 Perhitungan Tulangan Geser

Mengacu pada SNI 2847 2019 Pasal 22.5. perhitungan kebutuhan tulangan geser pada wilayah tumpuan dan lapangan balok SRPMB sebagai berikut :

$$Vu \text{ ETABS} = 104,771 \text{ kN} = 104771 \text{ N}$$

$$Nu \text{ ETABS} = 2070,882 \text{ kN} = 2070882 \text{ N}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Direncanakan 2 kaki D13, } Av = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$V_n = V_s + V_c$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right)$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 336 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(1 + \frac{2070882}{14 \cdot Ag} \right)$$

$$V_c = 182991,36 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot fyt \cdot d}{s} = \frac{265,465 \cdot 400 \cdot 336}{150} = 237856,26 \text{ N}$$

$$V_n = V_s + V_c = 237856,26 + 182991,36 = 420847,62 \text{ N}$$

$$V_u \text{ kap} = V_n \cdot \phi = 420847,62 \cdot 0,75 = 315635,716 \text{ N}$$

Maka,

$$V_u \text{ ETABS} = 104771 \text{ N} < V_u \text{ kap} = 315635,716 (\text{OK})$$

- **Persyaratan Jarak Antar Tulangan**

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 9.7.6 bahwa maksimal jarak daripada tulangan geser sebagai berikut :

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{336}{2} = 168 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 150 \text{ mm} < 168 \text{ mm} (\text{OK})$$

- **Persyaratan Luas Tulangan Minimum**

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 9.6.3 bahwa minimal luas tulangan geser yang digunakan sebagai berikut :

$$A_{v1} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,062 \cdot \sqrt{30} \cdot 800 \cdot 150}{400}$$

$$A_{v1} = 50,938 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{fy} = \frac{0,35 \cdot 400 \cdot 150}{400} = 52,5 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terbesar = 52,5 mm²

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2 > 52,5 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

8.3.4 Persyaratan Ketahanan Terhadap Torsi

Tu ETABS = 41210 Nmm

S pakai = 150 mm

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$A_t = \pi \cdot 0,25 \cdot D_{geser} = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$A_{oh} = (h - (2 \cdot ts) - D_{geser}) \times (b - (2 \cdot ts) - D_{geser})$$

$$A_{oh} = 217049 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85A_{oh} = 184491,7 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot (A_t + A_v) \cdot fy}{s} \cot 45$$

$$T_n = \frac{2 \cdot 184491,7 \cdot 398,197 \cdot 400}{150} \cot 45$$

$$T_n = 391807986 \text{ N}$$

$$T_u \text{ kap} = 0,85 \cdot T_n = 333036788 \text{ N}$$

Maka,

$$T_u \text{ ETABS} = 41210 \text{ N} < T_u \text{ kap} = 333036788 \text{ N} (\text{OK})$$

8.4 Pondasi

8.4.1 Data Tanah

Sesuai dengan data tanah dari Testana Engineering yang terletak di Kota Malang,

Tabel 8-4. Data tanah lokasi yang ditinjau

Lapisan ke	Tebal Lapisan(di)	Deskripsi Tanah	N-SPT (ni)
1	1.8	Silt and clay, dark greayish brown,trace sand, medium	6
2	1.6	Silt and clay, dark brown,trace sand, medium	4.5
3	2	Silt and sand, brown, little clay, very loose	7
4	0.5	Silt and clay, brown, trace sand	18

5	1.8	Sand, brown, some silt, contains gravel, very dense	50
6	1.7	Silt and sand, brown, little clay, contains gravel	48
7	2.4	Silt and sand, grey, little clay, medium	20
8	0.5	Sand and gravel, grey	15
9	2.4	Silt and sand, dark grey, loose to medium	6
10	0.8	Sand, dark grey, loose	9
11	1.8	Silt and clay, grey, inorganic, some sand	21
12	2	Sand, brown, some silt, cement, dense	37
13	3	Sand, brownish grey, trace gravel, medium	34
14	1.5	Silt and clay, brown, inorganic, trace sand, hard	42
15	1	Silt and clay, greenish brown, inorganic, some sand	49
16	3.6	Sand, grey, trace to some silt, contains gravel, dense to very dense	27
17	1.6	Sand and silt, greenish grey, little clay, medium	25

8.4.2 Data Perencanaan

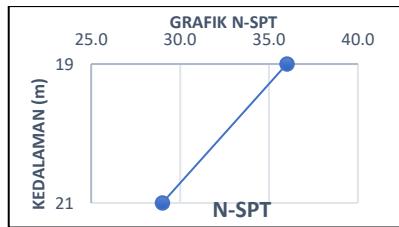
Diameter pile rencana (D) : 0,5 m
 Kedalaman rencana : 21 m
 Luas tiang (A) : 0,196 m²
 Keliling selimut tiang (U) : 1,57 m
 Mutu beton (fc') : 33,25 MPa
 Faktor keamanan (n) : 2

8.4.3 Daya Dukung Ijin Tiang

Perhitungan daya dukung tiang :

$$N_1 = 29$$

4D = 4 x 0,5 m = 2 m, sehingga diambil nilai N rata-rata 4D dari ujung tiang



Gambar 8-7. Penentuan \bar{N}

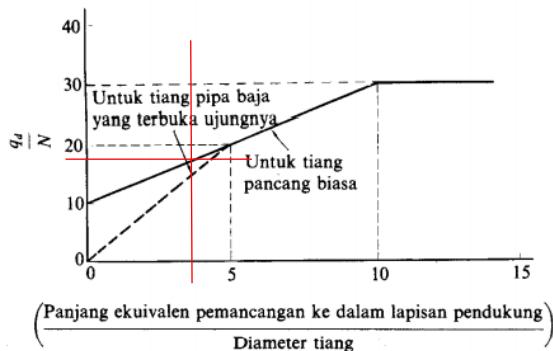
$$\bar{N}_2 = \frac{29 + 36}{2} = 32,5$$

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} = \frac{29 + 32,5}{2} = 30,75$$

Panjang ekivalen dari penetrasi (L) adalah 2 m, karena tiang merupakan tiang pancang biasa maka didapatkan :

$$\frac{L}{D} = \frac{2}{0,5} = 4$$

Setelah didapatkan L/D dicari nilai qd/N didapat dari diagram intensitas di bawah ini



Gambar 8-8. Menentukan nilai q_d/N

Dengan nilai $L/D = 4$, maka dari grafik pada gambar 8-2 didapatkan nilai $\frac{q_d}{N} = 17$ sehingga nilai q_d :

$$q_d = 14 \cdot \bar{N} = 17 \cdot 29 = 493 \text{ ton/m}^2$$

$$R_p = q_d \cdot A = 493 \cdot 0,196 = 96,8 \text{ ton}$$

Untuk menentukan kapasitas gesek maksimum dinding tiang yaitu harga rata-rata N dibagi lapisan-lapisan tanah didapat dari data tanah dan f_s yang sesuai dengan harga rata-rata N dapat diperoleh dengan melihat pada Tabel 8-2, Dari Tabel 8.1, li dan f_i dapat diketahui.

8.4.4 Gaya Gesek Dinding Tiang

Gaya gesek dinding tiang R_f dihitung di tiap lapisan, pada kedalaman 21 m R_f didapatkan :

$$R_f = U \cdot l_i \cdot f_s = 1,57 \cdot 1 \cdot 17 = 26,69 \text{ ton}$$

Sedangkan R_f total pada kedalaman 18 m didapatkan sebesar,

$$\sum R_f = 439,82 \text{ ton}$$

8.4.5 Kapasitas Daya Dukung Tiang

Daya dukung ultimate (R_u) :

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_s$$

$$R_u = 79,72 + 439,82 = 519,54 \text{ ton}$$

Daya dukung yang diijinkan (R_a) :

$$R_a = \frac{R_u}{N} = \frac{519,54}{2} = 259,77 \text{ ton}$$

Daya cabut yang diijinkan (R_{cabut}) :

$$R_{cabut} = \frac{R_f}{ncabut} = \frac{439,82}{4} = 109,95 \text{ ton}$$

Dari perhitungan di atas dibuat tabel hasil rekap daya dukung di setiap kedalaman seperti pada tabel berikut :

Tabel 8-5. Daya dukung tanah pada setiap kedalaman

Kedalaman	Tebal Lapisan	Jenis Tanah	N-SPT	N-SPT di 4D	(N1)	(N2)	Nrata2	Rp = $f_x N_x A$	Rf = $(l x f_s) x O$	Ra = $1/n(R_p + R_f)$	Ru	Gaya Cabut Ijin
1	0	Lempung	7.0	0.0	7.0	3.5	5.3	23.37	0.00	11.68	23.37	0.00
2	1	Lempung	6.5	0.0	6.5	3.3	4.9	21.70	26.70	24.20	48.40	6.68
3	1	Lempung	5.0	5.8	5.0	5.4	5.2	16.69	53.41	35.05	70.10	13.35
4	1	Pasir	4.5	4.8	4.5	4.6	4.6	15.02	80.11	47.57	95.13	20.03
5	1	Pasir	2.5	3.5	2.5	3.0	2.8	8.34	106.81	57.58	115.16	26.70
6	1	Pasir	18.0	10.3	18.0	14.1	16.1	60.08	133.52	96.80	193.60	33.38
7	1	Pasir	46.0	32.0	46.0	39.0	42.5	153.55	160.22	156.88	313.77	40.06
8	1	Pasir	50.0	48.0	50.0	49.0	49.5	166.90	186.92	176.91	353.82	46.73
9	1	Pasir	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	166.90	213.63	190.26	380.53	53.41
10	1	Lanau	40.0	45.0	40.0	42.5	41.3	133.52	240.33	186.92	373.85	60.08
11	1	Lanau	28.0	34.0	28.0	31.0	29.5	93.46	267.04	180.25	360.50	66.76
12	1	Lanau	19.5	23.8	19.5	21.6	20.6	65.09	293.74	179.41	358.83	73.43
13	1	Lanau	12.0	15.8	12.0	13.9	12.9	40.06	320.44	180.25	360.50	80.11
14	1	Pasir	8.0	10.0	8.0	9.0	8.5	26.70	347.15	186.92	373.85	86.79
15	1	Pasir	6.0	7.0	6.0	6.5	6.3	20.03	373.85	196.94	393.88	93.46
16	1	Pasir	10.0	8.0	10.0	9.0	9.5	33.38	400.55	216.97	433.93	100.14
17	1	Pasir	19.0	14.5	19.0	16.8	17.9	63.42	427.26	245.34	490.68	106.81
18	1	Pasir	18.0	18.5	18.0	18.3	18.1	60.08	453.96	257.02	514.04	113.49
19	1	Pasir	36.0	27.0	36.0	31.5	33.8	120.17	480.66	300.41	600.83	120.17
20	1	Pasir	34.0	35.0	34.0	34.5	34.3	113.49	507.37	310.43	620.86	126.84
21	1	Pasir	29.0	31.5	29.0	30.3	29.6	96.80	534.07	315.44	630.87	133.52
22	1	Pasir	32.0	30.5	32.0	31.3	31.6	106.81	560.77	333.79	667.59	140.19
23	1	Pasir	37.0	34.5	37.0	35.8	36.4	123.50	587.48	355.49	710.98	146.87
24	1	Pasir	42.0	39.5	42.0	40.8	41.4	140.19	614.18	377.19	754.37	153.55
25	1	Pasir	49.0	45.5	49.0	47.3	48.1	163.56	640.88	402.22	804.44	160.22
26	1	Pasir	44.0	46.5	44.0	45.3	44.6	146.87	667.59	407.23	814.46	166.90
27	1	Pasir	34.0	39.0	34.0	36.5	35.3	113.49	694.29	403.89	807.78	173.57
28	1	Pasir	29.0	31.5	29.0	30.3	29.6	96.80	721.00	408.90	817.80	180.25
29	1	Pasir	27.0	28.0	27.0	27.5	27.3	90.12	747.70	418.91	837.82	186.92
30	1	Pasir	25.0	26.0	25.0	25.5	25.3	83.45	774.40	428.93	857.85	193.60

8.4.6 Perencanaan Tipe Pondasi

Tipe pondasi ditentukan berdasarkan gaya aksial yang terjadi dan kapasitas daya dukung yang dimiliki. Berikut tipe pondasi berdasarkan gaya yang bekerja.

Tabel 8-6. Daya dukung tanah pada setiap kedalaman

Tipe	b (mm)	h (mm)	Tinggi (mm)	Kedalaman (m)	Jumlah Tiang	Diameter (mm)
P1	3300	3300	1500	21	9	500
P2	3300	3175	1500	21	7	500

8.4.7 Pondasi P1

8.4.7.1 Data Perencanaan

- Diameter pile rencana (D) : 0,50 m
Kedalaman Rencana : 21 m
Daya dukung ultimate (Ru) : 630,87 ton (Tabel 6.5)
Daya dukung ijin tiang (Ra) : 315,44 ton (Tabel 6.5)
Daya cabut ijin tiang (Rcabut) : 133,52 ton (Tabel 6.5)
P ijin tiang bahan : 185,3 ton (brosur ECP terlampir)

8.4.7.2 Kebutuhan Jumlah Tiang

Dipakai 9 tiang pancang dalam 1 pile cap, dengan 3 tiang di bagian baris dan 3 tiang di bagian kolom

8.4.7.3 Cek Kemampuan Bahan (Pile)

Dipakai tiang pancang dengan diameter 50 cm kelas A1 dengan kedalaman 21 m. Berikut adalah tabel spesifikasi spun pile dari PT. WIKA BETON.

Tabel 8-7. Brosur Tiang Pancang WIKA

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)	
						Crack*	Break (ton.m)				
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12	
						A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
						B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
						C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13	
						A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
						B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
						C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14	
						A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
						B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
						C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14	
						A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
						A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
						B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18	
						A2	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
						A3	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
						B	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
						C	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16	
						A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
						A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
						B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
						C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20	
						A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
						A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
						B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
						C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22	
						A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
						A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
						B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
						C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24	
						A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
						A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
						B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
						C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

P_{ijin} tiang > Ra tanah

370,6 ton > 315,4 ton

8.4.7.4 Perencanaan Pile Cap

Data Perencanaan :

b/h kolom : 1300/1300 mm

D tiang : 500 mm

Perencanaan Dimensi Poer

Pada perhitungan jarak antar tiang pancang (S) menurut Principles of Foundation Engineering VII sebagai berikut :

Jarak antar tiang pancang (S)

$$\begin{array}{lcl} 2D & \leq & S \\ 100 \text{ cm} & \leq & S \end{array} \leq \quad 3D \quad 150 \text{ cm}$$

Dipakai $S = 120 \text{ cm}$

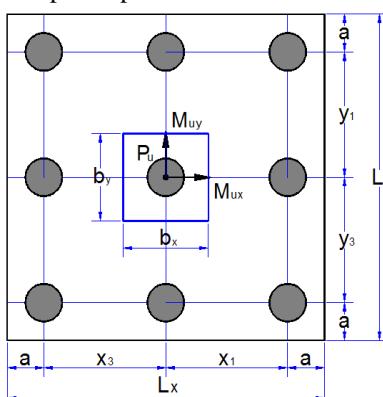
Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$\begin{array}{lcl} 1D & \leq & S' \\ 50 \text{ cm} & \leq & S' \end{array} \leq \quad 2D \quad 100 \text{ cm}$$

Dipakai $S = 50 \text{ cm}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal 150 cm = 1500 mm

Maka didapat dimensi pile cap :



Gambar 8-9. Perencanaan dimensi pile cap

$$bx = 1300 \text{ mm}$$

$$by = 1300 \text{ mm}$$

$$X_1 = X_2 = 1200 \text{ mm}$$

$$a = 500 \text{ mm}$$

$$Lx = Ly = 3400 \text{ mm}$$

8.4.7.5 Gaya yang terjadi pada pondasi

Dari program bantu ETABS didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada joint 442 yakni sebagai berikut :

- Akibat Beban Tetap (1DL + 1LL)

P	= 1156,59 Ton
Mx	= 3,47 Ton.m
My	= 21,95 Ton.m
Vx	= 0,07 Ton
Vy	= 0,012 Ton
ΣM_x	= $M_x + V_y \cdot d = 3,49$ Ton.m
ΣM_y	= $M_y + V_x \cdot d = 22,06$ Ton.m
- Akibat Beban Ultimit (1,2DL + 1,6LL)

P	= 1510,89 Ton
Mx	= 27,88 Ton.m
My	= 37,33 Ton.m
Vx	= 0,12 Ton
Vy	= 0,09 Ton
ΣM_x	= $M_x + V_y \cdot d = 28,22$ Ton.m
ΣM_y	= $M_y + V_x \cdot d = 37,52$ Ton.m
- Akibat Beban Sementara Arah X (1DL + 1LL + 1EX)

P	= 52,77 Ton
Mx	= - 1,28 Ton.m
My	= -2,62 Ton.m
Vx	= -2,60 Ton
Vy	= 2,36 Ton
ΣM_x	= $M_x + V_y \cdot d = -0,11$ Ton.m
ΣM_y	= $M_y + V_x \cdot d = -3,92$ Ton.m
- Akibat Beban Sementara Arah Y (1DL + 1LL + 1EY)

P	= 55,46 Ton
Mx	= - 3,28 Ton.m
My	= -1,01 Ton.m
Vx	= -1,15 Ton
Vy	= 4,93 Ton
ΣM_x	= $M_x + V_y \cdot d = -0,82$ Ton.m
ΣM_y	= $M_y + V_x \cdot d = -1,58$ Ton.m

8.4.7.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$(Efisiensi) \eta = 1 - \arctan \frac{D}{s} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$

Dimana:

m = banyaknya tiang dalam kolom = 3 buah

n = banyaknya tiang dalam baris = 3 buah

D = diameter tiang pancang = 0,5 m

S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,2 m

Sehingga:

$$(Efisiensi) \eta = 1 - \arctan \frac{0,5}{1,2} \left[\frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \right] = 0,665$$

P ijin kelompok = $0,665 \cdot 315,44$ Ton = 209,73 Ton

8.4.7.7 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah :

Tabel 8-8. Jarak pancang terhadap titik berat pile cap

No	x	x^2	y	y^2
1	1.2	1.44	-1.2	1.44
2	0	0	-1.2	1.44
3	-1.2	1.44	-1.2	1.44
4	1.2	1.44	0	0
5	0	0	0	0
6	-1.2	1.44	0	0
7	1.2	1.44	1.2	1.44
8	0	0	1.2	1.44
9	-1.2	1.44	1.2	1.44
	$\Sigma x^2 =$	8.64	$\Sigma y^2 =$	8.64

Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x \max}{\sum x^2}$$

- Perhitungan akibat beban tetap: (1DL + 1LL)

P1 = 128,51 - 0,4037 + 2,553
 = 130,66 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P2 = 128,51 - 0,4037 - 2,553
 = 125,55 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P3 = 128,51 + 0,4037 + 2,553
 = 131,47 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P4 = 128,51 + 0,4037 - 2,553
 = 126,36 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

- Perhitungan akibat beban tetap: (1,2DL + 1,6LL)

P1 = 167,88 - 3,243 + 4,342
 = 168,98 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P2 = 167,88 - 3,243 - 4,342
 = 160,29 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P3 = 167,88 + 3,243 + 4,342
 = 175,46 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P4 = 167,88 + 3,243 - 4,342
 = 166,78 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

- Perhitungan akibat sementara arah X: (1 DL + 1LL + 1EX)

P1 = 125,86 + 2,546 + 24,62
 = 153,02 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P2 = 125,86 + 2,546 - 24,62
 = 103,78 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P3 = 125,85 - 2,546 + 24,62
 = 147,93 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

P4 = 125,85 - 2,546 - 24,62
 = 98,69 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

- Perhitungan akibat sementara arah Y: (1 DL + 1LL + 1EY)

P1 = 117,45 + 25,315 + 2,773
 = 145,54 T < P ijin = 209,73 Ton **(OK)**

$$\begin{aligned}
 P2 &= 117,45 + 25,315 - 2,773 \\
 &= 140 \text{ T} < P \text{ ijin} = 209,73 \text{ Ton} && \text{(OK)} \\
 P3 &= 117,45 + 25,315 + 2,773 \\
 &= 94,91 < P \text{ ijin} = 209,73 \text{ Ton} && \text{(OK)} \\
 P4 &= 117,45 - 25,315 - 2,773 \\
 &= 89,37 < P \text{ ijin} = 209,73 \text{ Ton} && \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

8.4.7.8 Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom

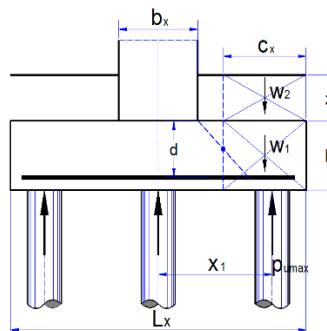
Geser satu arah dihitung untuk mengetahui apakah tebal pile cap cukup kuat untuk menahan geser yang terjadi.

Beban yang dipakai pada perhitungan geser satu arah ini digunakan kombinasi ultimate karena perhitungan geser menggunakan rumus ultimate :

P_u maks = 1510,89 Ton

$$Q_u = \frac{P_u \text{ maks}}{b \cdot h} = 138,74 \text{ T/m}^2$$

a) Geser Satu Arah (Arah X)



Gambar 8-10. Skema geser satu arah (Arah X)

$$\begin{aligned}
 d &= \text{tpile} - \text{tdecking} - D - D/2 = 887,5 \text{ mm} \\
 L' &= (0,5 \cdot b_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d \\
 &= (0,5 \cdot 3300) - (0,5 \cdot 1300) - 887,5 = 112,5 \text{ mm} \\
 V_u &= Q_u \cdot b \cdot L'
 \end{aligned}$$

$$= 1,387 \cdot 3300 \cdot 112,5 = 515075,3 \text{ N}$$

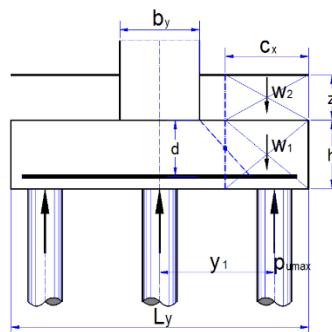
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$V_c = 0,17 \cdot \phi \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{33,25} \cdot 3300 \cdot 887,5$$

$$V_c = 2153219,53 > V_u = 515075,3 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

b) Geser Satu Arah (Arah Y)



Gambar 8-11. Skema geser satu arah (Arah X)

$$d = t_{\text{pile}} - t_{\text{decking}} - D - D/2 = 887,5 \text{ mm}$$

$$L' = (0,5 \cdot b_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d$$

$$= (0,5 \cdot 3300) - (0,5 \cdot 1300) - 887,5 = 112,5 \text{ mm}$$

$$V_u = Q_u \cdot b \cdot L'$$

$$= 1,387 \cdot 3300 \cdot 112,5 = 515075,3 \text{ N}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$V_c = 0,17 \cdot \phi \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{33,25} \cdot 3300 \cdot 887,5$$

$$V_c = 2153219,53 > V_u = 515075,3 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

8.4.7.9 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

Menghitung Gaya Geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} At &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - [(b_{\text{kolom}} + d) \cdot (h_{\text{kolom}} + d)] \\ &= 6104843,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t = 8469909,55 \text{ N}$$

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yaitu :

$$P_u = 1510,89 \text{ Ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = 138,74 \text{ T/m}^2$$

Menghitung Gaya Geser dua arah yang terjadi pada poer, Vu:

$$A_t = (b_{poer} \cdot h_{poer}) - [n \cdot A_{tiang}] = 9122854,132 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t = 12657121,54 \text{ N}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, Vc diambil nilai terkecil dari persamaan berikut:

- Persamaan Vc1

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d$$

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom = 1

$$b_o = 2 \cdot (b_{kolom} + h_{kolom}) + 4d = 8750 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1$$

$$V_{c1} = 22837176,9 \text{ N}$$

- Persamaan Vc2

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

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

$$V_{c2} = 22512210,9 \text{ N}$$

- Persamaan Vc3

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c3} = 14776996,8 \text{ N}$$

Maka digunakan $V_c = 14776996,8 \text{ N}$

$$V_n = \phi \cdot V_c = 1606430 \text{ N} > V_u = 504721,31 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

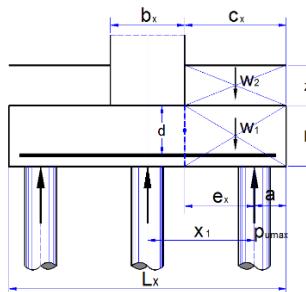
8.4.7.10 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur poer, poer diasumsikan sebagai balok kantilever sengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui :

- b poer = 3300 mm
- h poer = 3300 mm
- t poer = 1000 mm
- t decking = 75 mm
- Diameter tulangan = 25 mm
- $dx = 1000 \text{ mm} - t\text{decking} - D/2 = 912,5 \text{ mm}$
- $dy = 1000 \text{ mm} - t\text{decking} - D - D/2 = 887,5 \text{ mm}$

a. Penulangan Pile Cap Arah X



Gambar 8-12. Skema penulangan pilecap (Arah X)

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

- b_1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom = 1450 mm
- b_2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom = 500 mm
- qu = $b_{poer} \cdot t_{poer} \cdot BJ \text{ Beton} \cdot b_1 = 11484 \text{ kg}$

Gaya tahan maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

Pu maks = 209,73 Ton

Maka momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mq = 0,5 \cdot qu \cdot b_1^2 = 12072,55 \text{ kg.m}$$

$$Mp = P \cdot b_2 = 104865,11 \text{ kg.m}$$

$$Mu = Mp - Mq = 92792,55 \text{ kg.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = 927925525,4 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d} = 1,393 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 33,25} = 14,153$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = 0,00357$$

Karena $\rho < \rho_{min}$, maka dipakai $\rho = 0,004$

Sehingga:

$$A_{s,perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 3343,85 \text{ mm}^2$$

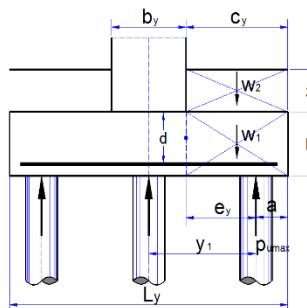
$$\text{Luas 1 tulangan D-25} \rightarrow A_s = 490,88 \text{ mm}^2$$

Dicoba memakai jarak tulangan, $s = 100 \text{ mm}$

$$A_{s,pasang} = A_s \cdot 1000 \text{ mm} / s = 4908,74 \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan yang dipakai D25-100

b. Penulangan Pile Cap Arah Y



Gambar 8-13. Skema penulangan pilecap (Arah Y)

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

- b_1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom = 1450 mm
- b_2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom = 500 mm
- q_u = $b_{poer} \cdot t_{poer} \cdot B.J \text{ Beton} \cdot b_1 = 11484 \text{ kg}$

Gaya tahan maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$P_u \text{ maks} = 209,73 \text{ Ton}$

Maka momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 M_q &= 0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2 = 12072,55 \text{ kg.m} \\
 M_p &= P \cdot b_2 = 104865,11 \text{ kg.m} \\
 M_u &= M_p - M_q = 92792,55 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = 927925525,4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d} = 1,473 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 33,25} = 14,153$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0038$$

Karena $\rho < \rho_{min}$, maka dipakai $\rho = 0,004$

Sehingga:

$$A_s \text{perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 3443,85 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas 1 tulangan D-25} \rightarrow A_s = 490,88 \text{ mm}^2$$

Dicoba memakai jarak tulangan, $s = 100 \text{ mm}$

$$A_s \text{pasang} = A_s \cdot 1000 \text{ mm} / s = 4908,74 \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan yang dipakai D25-100

8.4.7.11 Tulangan Susut dan Suhu

Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan tulangan susut atau suhu. Digunakan tulangan ulir dengan $f_y = 400 \text{ MPa}$, berdasarkan SNI 2847 2019 pasal 24.4.3.2 maka digunakan $\rho = 0,002$

$$A_s \text{ susut} = \rho \cdot b \cdot h$$

$$A_s \text{ susut} = 0,002 \cdot 1000 \cdot 1000 = 2000 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan :

D16-100 ($A_s = 2010,6 \text{ mm}^2$)

8.5 Perencanaan Tangga Basement

Tangga basement direncanakan menggunakan tangga baja yang dipasang menggantung pada balok lantai dasar. Produksi Mitra Abadi menggunakan baja ringan untuk mengurangi beban sendiri pada tangga.



Gambar 8-14. Tangga Portable Untuk Transportasi Menuju Basement

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR FIXED BASED DENGAN STRUKTUR BASE ISOLATION

Penggunaan sistem isolasi dasar berupa LRB dapat mengurangi beban gempa yang diterima oleh gedung sehingga akan berkaitan dengan kapasitas masing – masing elemen struktural. Dari hasil analisis perencanaan struktur menggunakan LRB, terdapat reduksi gaya dalam sehingga kebutuhan tulangan pada elemen struktur semakin berkurang. Berikut merupakan rekapitulasi reduksi gaya dalam.

9.1 Rekapitulasi Gaya Dalam Elemen Struktur

Tabel 9-1. Rekapitulasi Gaya Aksial Elemen

No	Elemen	Dimensi		Gaya Aksial		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kN)	LRB (kN)	
1	Balok (B1)	800	400	1022	155.043	84.83%
2	Balok (B2)	750	400	957.55	181.428	81.05%
3	Balok (B2')	650	300	215.603	249.47	-13.58%
4	Balok (B3)	600	250	307.52	176.42	42.63%
5	Balok (B4)	500	200	15.29	21.35	-28.38%
6	Kolom (K1) Lt.dasar-4	750	1200	14995.54	11391.39	24.03%
7	Kolom (K1) Lt.5-atap	750	1100	7572.04	8279.41	-8.54%
8	Kolom (K2) Lt.dasar-4	800	1300	14121.11	14453.71	-2.30%
9	Kolom (K2) Lt.5-atap	800	1200	9607.91	9976.69	-3.70%
10	Sloof (S1)	800	400	313.91	195.135	37.84%
11	Sloof (S2)	700	400	714.58	281.39	60.62%
12	Sloof (S3)	600	250	314.36	81.48	74.08%
Rata-rata reduksi gaya aksial						29.05%

Tabel 9-2. Rekapitulasi Gaya Geser Elemen

No	Elemen	Dimensi		Gaya Geser		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kN)	LRB (kN)	
1	Balok (B1)	800	400	811.373	451.199	44.39%
2	Balok (B2)	750	400	533.038	488.734	8.31%
3	Balok (B2')	650	300	252.22	409.05	-38.34%
4	Balok (B3)	600	250	315.25	180.21	42.84%
5	Balok (B4)	500	200	299.177	358.06	-16.45%
6	Kolom (K1) Lt.dasar-4	750	1200	794.216	313.33	60.55%
7	Kolom (K1) Lt.5-atap	750	1100	242.89	304.11	-25.20%
8	Kolom (K2) Lt.dasar-4	800	1300	694.344	380.09	45.26%
9	Kolom (K2) Lt.5-atap	800	1200	280.45	335.68	-16.45%
10	Sloof (S1)	800	400	654.256	235.28	64.04%
11	Sloof (S2)	700	400	333.07	396.07	-15.91%
12	Sloof (S3)	600	250	206.72	58.74	71.58%
Rata-rata reduksi gaya geser						18.72%

Tabel 9-3. Rekapitulasi Gaya Momen Elemen

No	Elemen	Dimensi		Gaya Momen		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kNm)	LRB (kNm)	
1	Balok (B1)	800	400	1118.55	926.66	17.16%
2	Balok (B2)	750	400	850.063	918.89	-8.10%
3	Balok (B2')	650	300	223.75	477.501	-53.14%
4	Balok (B3)	600	250	422.69	293.43	30.58%
5	Balok (B4)	500	200	230.77	253.145	-8.84%
6	Kolom (K1) Lt.dasar-4	750	1200	1619.12	800.15	50.58%

7	Kolom (K1) Lt.5-atap	750	1100	463.12	546.81	-15.31%
8	Kolom (K2) Lt.dasar-4	800	1300	1551.78	956.66	38.35%
9	Kolom (K2) Lt.5-atap	800	1200	423.55	516.41	-17.98%
10	Sloof (S1)	800	400	810.66	428.77	47.11%
11	Sloof (S2)	700	400	693.94	475.76	31.44%
12	Sloof (S3)	600	250	294.48	107.48	63.50%
Rata-rata reduksi gaya momen						14.61%

Tabel 9-4. Rekapitulasi Gaya Torsi Elemen

No	Elemen	Dimensi		Gaya Torsi		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kNm)	LRB (kNm)	
1	Balok (B1)	800	400	82.36	251.59	-67.26%
2	Balok (B2)	750	400	102.586	131.45	-21.96%
3	Balok (B2')	650	300	40.38	77.01	-47.57%
4	Balok (B3)	600	250	103.35	20.88	79.80%
5	Balok (B4)	500	200	5.26	11.67	-54.93%
6	Kolom (K1) Lt.dasar-4	750	1200	65.21	55.66	14.64%
7	Kolom (K1) Lt.5-atap	750	1100	50.78	32.74	35.53%
8	Kolom (K2) Lt.dasar-4	800	1300	80.36	40.28	49.88%
9	Kolom (K2) Lt.5-atap	800	1200	65.4	28.86	55.87%
10	Sloof (S1)	800	400	45.59	77.01	-40.80%
11	Sloof (S2)	700	400	55.66	32.24	42.08%
12	Sloof (S3)	600	250	16.72	8.12	51.44%
Rata-rata reduksi gaya torsi						8.06%

9.2 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Struktur

9.2.1 Balok

Tabel 9-5. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Lentur

Nama Balok	Jumlah Elemen		Luas		Total Luas	
	Eksisting	LRB	Eksisting	LRB	Eksisting	LRB
B1	124	124	14064.9	13684.8	1744049	1696912
B2	124	124	13684.8	14064.9	1696912	1744049
B2'	321	321	9883.5	11404.0	3172588	3660678
B3	502	502	5103.5	4825.5	2561966	2422394
B4	275	275	5954.1	14064.9	1637378	3867850
S1	21	21	12924.5	11404.0	271414.8	239483.6
S2	14	14	13684.8	14064.9	191586.9	196908.7
S3	24	24	5026.5	6804.7	120637.2	163312.6
Total Luas Tulangan Lentur					11396532	13991589

Tabel 9-6. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Torsi

Nama Balok	Jumlah Elemen		Luas		Total Luas	
	Eksisting	LRB	Eksisting	LRB	Eksisting	LRB
B1	124	124	265.5	402.1	32917.61	49863.36
B2	124	124	265.5	402.1	32917.61	49863.36
B2'	321	321	265.5	157.1	85214.13	50422.56
B3	502	502	157.1	157.1	78853.98	78853.98
B4	275	275	157.1	157.1	43196.9	43196.9
S1	21	21	157.1	0.0	3298.672	0
S2	14	14	265.5	0.0	3716.504	0
S3	24	24	265.5	0.0	6371.15	0
Total Luas Tulangan Torsi					286486.5	272200.2

Tabel 9-7. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser

Nama Balok	Bentang (m)	Jumlah Elemen		Luas		Total Luas	
		Eksisting	LRB	Eksisting	LRB	Eksisting	LRB
B1	9300	124	124	40350.6	20175.31	5003476	2501738
B2	6300	124	124	19909.8	13273.23	2468821	1645880
B2'	10200	321	321	44067.1	22033.56	14145546	7072773
B3	7800	502	502	10367.3	10367.26	5204362	5204362
B4	9300	275	275	7941.9	7941.946	2184035	2184035
S1	10200	21	21	44067.1	22033.56	925409.5	462704.8
S2	10200	14	14	34244.9	20175.31	479429	282454.3
S3	9300	24	24	11309.7	11309.73	271433.6	271433.6
Total Luas Tulangan Geser						30682512	19625382

Tabel 9-8. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Balok

Jenis Tulangan	Kebutuhan Tulangan	
	Eksisting (mm ²)	LRB (mm ²)
Tulangan Lentur	80326.60	77814.11
Tulangan Torsi	286486.55	272200.15
Tulangan Geser	30682512.31	19625381.65
Jumlah	31049325.45	19975395.91

Perhitungan reduksi tulangan balok :

$$r = \frac{(Tul. eksisting - Tul. LRB)}{Tul. eksisting} \times 100\%$$

$$r = \frac{(31049325,45 - 19975395,91)}{31049325,45} \times 100\%$$

$$r = 35,67\%$$

Dari hasil rekapitulasi di atas, diketahui bahwa terdapat reduksi total luas tulangan balok struktur fixed based terhadap total luasan tulangan balok struktur LRB sebesar 35,67%.

9.2.2 Kolom

Tabel 9-9. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Utama Kolom Eksisting

Nama Kolom	Dimensi Kolom		Tulangan Lentur		Jumlah	Luas		
	b (mm)	h (mm)	n	Diameter		As (mm ²)	Total (mm ²)	
K1	750	1200	48	D	22	18246.37	380.13	6936042.1
K1 LT.5-ATAP	750	1100	44	D	22	16725.839	380.13	6358038.6
K2	800	1300	54	D	22	20527.166	380.13	7803047.4
K2 LT.5-ATAP	800	1200	50	D	22	19006.636	380.13	7225043.9
Total Kebutuhan Tulangan Utama Kolom Eksisting							28322172	

Tabel 9-10. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Utama Kolom LRB

Nama Kolom	Perhitungan Tulangan Utama Kolom LRB				Jumlah	Luas		
	b (mm)	h (mm)	n	Diameter (mm)		As (mm ²)	Total (mm ²)	
K1	750	1200	36	D	22	13684.77	380.13	5202031.6

K1 LT.5- ATAP	750	1100	32	D	22	12164.24	380.13	4624028.1
K2	800	1300	40	D	22	15205.30	380.13	5780035.1
K2 LT.5- ATAP	800	1200	36	D	22	13684.77	380.13	5202031.6
Total Kebutuhan Tulangan Utama Kolom LRB							20808126	

Tabel 9-11. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Kolom Eksisting

Perhitungan Tulangan Geser Kolom Eksisting									
Nama Kolom	Tulangan Geser			Tinggi (mm)	n	Jumlah	Luas		
	n Kaki	Diameter (mm)	Spasi (mm)				As (mm ²)	Total (mm ²)	
K1	5	D	10	100	18600	186	80	78.54	1168672.5
		D	10	200	18600	93	80	78.54	584336.23
K1 LT.5- ATAP	5	D	10	100	18600	186	80	78.54	1168672.5
		D	10	200	18600	93	80	78.54	584336.23
K2	5	D	10	100	18600	186	40	78.54	584336.23
		D	10	200	18600	93	40	78.54	292168.12
	5	D	10	100	18600	186	80	78.54	1168672.5

K2 LT.5- ATAP		D	10	200	18600	93	80	78.54	584336.23
Total Kebutuhan Tulangan Geser Kolom Eksisting								6135530.5	

Tabel 9-12. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Kolom LRB

Perhitungan Tulangan Geser Kolom LRB									
Nama Kolom	Tulangan Geser			Tinggi (mm)	n	Jumlah	Luas		
	n Kaki	Diameter (mm)	Spasi (mm)				As (mm²)	Total (mm²)	
K1	3	D	13	200	18600	93	80	132.73	987528.23
		D	13	200	18600	93	80	132.73	987528.23
K1 LT.5- ATAP	3	D	13	200	18600	93	80	132.73	987528.23
		D	13	200	18600	93	80	132.73	987528.23
K2	3	D	13	200	18600	93	40	132.73	493764.12
		D	13	200	18600	93	40	132.73	493764.12
K2 LT.5- ATAP	3	D	13	200	18600	93	80	132.73	987528.23
		D	13	200	18600	93	80	132.73	987528.23
Total Kebutuhan Tulangan Geser Kolom LRB								6912697.6	

Tabel 9-13. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Kolom LRB

Jenis Tulangan	Kebutuhan Tulangan	
	Eksisting (mm ²)	LRB (mm ²)
Tulangan Lentur	28322172.1	20808126.44
Tulangan Geser	6135530.452	6912697.643
Jumlah	34457702.55	27720824.08

Perhitungan reduksi tulangan kolom :

$$r = \frac{(Tul. eksisting - Tul. LRB)}{Tul. eksisting} \times 100\%$$

$$r = \frac{(34457702.55 - 27720824.08)}{34457702.55} \times 100\%$$

$$r = 19.55 \%$$

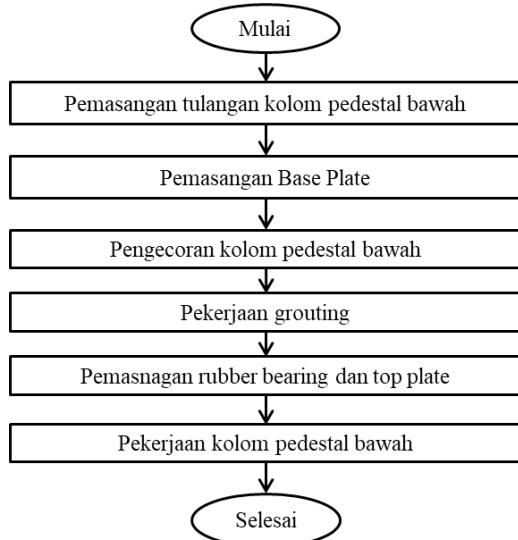
Dari hasil rekapitulasi di atas, diketahui bahwa terdapat reduksi total luas tulangan balok struktur fixed based terhadap total luasan tulangan balok struktur LRB sebesar 19.55 %.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X

METODE PELAKSANAAN DAN PEMELIHARAAN LEAD RUBBER BEARING

10.1 Metode Pelaksanaan Pemasangan LRB



Gambar 10-1. Diagram Alir Metode Pemasangan LRB

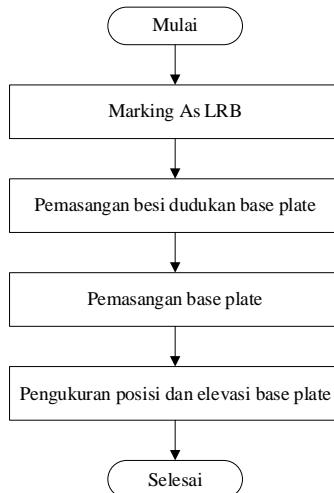
10.1.1 Pemasangan Tulangan Kolom Pendestal Bawah

Setelah pekerjaan pemancangan dan pile cap selesai, langkah selanjutnya adalah penulangan kolom pedestal bawah sesuai dengan *shop drawing*. Kolom ini sebagai dudukan base plate LRB bagian bawah. Tulangan kolom pedestal diangkut menggunakan tower crane ke titik yang dituju, kemudian dipasang tulangan stek pada pile cap dengan menggunakan las atau bendrat.



Gambar 10-2. Tulangan Kolom Pendekat Bawah

10.1.2 Pemasangan Base Plate



Gambar 10-3. Diagram Alir Pemasangan Base Plate

- **Marking As Base Plate**

Garis As dimarking di atas permukaan slab. Garis As berada pada tengah - tengah besi tulangan pedestal menggunakan benangan untuk garis petunjuk , dikarenakan garis marking as tidak bisa dilihat dengan jelas akibat tertutup kotoran dan terhapus air hujan

- **Pemasangan Besi Dudukan Base Plate**

Pertama dilakukan pembersihan area yang akan di pasang base plate dari material penghalang yang akan menghalangi masuknya baut. Apabila terdapat tulangan stek harus dilakukan pembengkokan agar elevasi base plate sesuai perencanaan. Setelah itu dilakukan pemasangan dudukan base plate yang terbuat dari besi dengan diameter 12 mm.

Dudukan dipasang pada semua sudut dan dilas ke besi tambahan yang diikat ke besi kolom pedestal bawah. Tinggi dudukan harus melebihi elevasi base plate untuk memberikan ruang penyetelan elevasi dan tebal selimut kolom pedestal. Kemudian dilakukan penandaan elevasi besi dudukan dan pemotongan sesuai rencana.



Gambar 10-4. Pemotongan Besi Dudukan Base Plate

- **Pemasangan Base Plate**

Pemasangan base plate berada pada garis as yang telah ditentukan pada sumbu X dan sumbu Y.



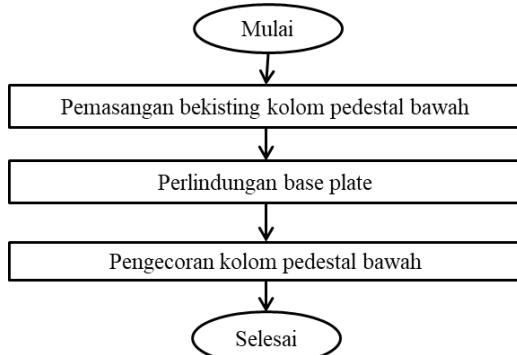
Gambar 10-5. Pemasangan Base Plate

- **Pengukuran posisi dan elevasi base Plate**

Setelah dilakukan pemasangan *base plate*, posisi *base plate* di cek ulang dengan menggunakan alat *total station* agar posisi *base plate* terletak sesuai dengan yang diinginkan. Apabila posisi *base plate* tidak seperti yang diharapkan, maka dapat dilakukan *levelling* pada *base plate* kembali.

10.1.3 Pengecoran Kolom Pedestal

Setelah dipastikan *base plate* terpasang sesuai elevasi rencana, maka tahap selanjutnya adalah pengecoran kolom pedestal bawah. Berikut merupakan diagram alir pekerjaan pengecoran kolom pedestal bawah :



Gambar 10-6. Diagram Alir Pengecoran Kolom Pedestal

- **Pemasangan Bekisting Kolom Pendestal Bawah**



Gambar 10-7. Pemasangan Bekisiting Kolom Pendestal Bawah

Sebelum pengecoran perlu dipasang bekisting kolom pedestal bawah. Adapun langkah-langkah pemasangan bekisting :

1. Melakukan marking area kolom pedestal bawah
2. Pasang bekisting sesuai marking tersebut
3. Melakukan pengukuran posisi bekisting menggunakan alat total station atau waterpass

- **Perlindungan Base Plate**

Base plate dilindungi dengan lembaran plastik dan lubang dengan isolatip sebelum dilakukan pengecoran.

- **Pengecoran Kolom Pedestal Bawah**

Setelah dipastikan base plate terlindungi, maka tahap selanjutnya adalah pekerjaan pengecoran kolom pedestal bawah.



Gambar 10-8. Pengecoran Kolom Pedestal Bawah

10.1.4 Grouting



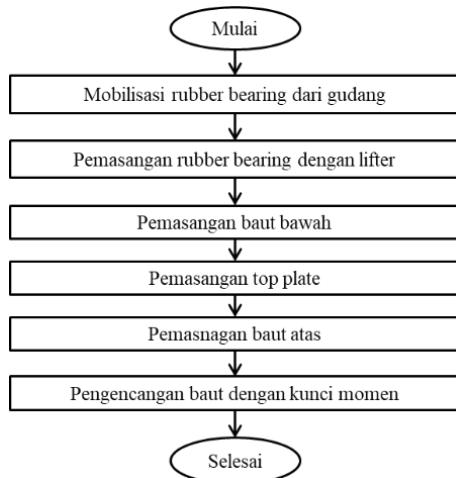
Gambar 10-9. Grouting Base Plate

Tahapan selanjutnya adalah pekerjaan *grouting base plate*. Berikut merupakan langkah-langkah *grouting base plate* :

1. Memasang busa di bawah base plate untuk menutup celah antara kayu dengan lantai
2. Memasang bekisting di sekeliling base plate
3. Grouting dapat dilakukan

10.1.5 Pemasangan Rubber bearing dan Top Plate

Langkah selanjutnya adalah pemasangan rubber dan top plate. Berikut merupakan diagram alir pemasangan rubber bearing dan top plate.



Gambar 10-10. Diagram Alir Pemasangan Rubber Bearing dan Top Plate

- **Mobilisasi Rubber bearing dari Gudang**

Pertama rubber bearing digulungkan ke benda lunak seperti ban mobil sebelum diangkat. Kemudian rubber bearing diangkat menggunakan lifter.



Gambar 10-11. Mobilisasi LRB

- **Pemasangan Rubber Bearing dengan Lifter**

Lifter memindahkan rubber bearing tepat di atas base plate di posisi center perpotongan garis as base plate.



Gambar 10-12. Pemasangan Rubber Bearing

- **Pemasangan Baut Bawah**



Gambar 10-13. Pemasangan Baut Bawah

- **Pemasangan Top Plate**

Langkah selanjutnya adalah pemasangan top plate. Top plate dipasang di atas rubber bearing menyesuaikan posisi marking base plate sebelumnya.



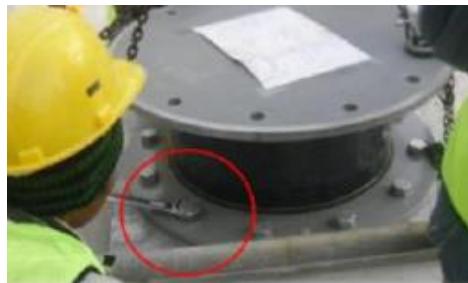
Gambar 10-14. Pemasangan Top Plate

- **Pemasangan Baut Atas**

Setelah itu dilakukan pemasangan baut atas untuk menghubungkan rubber dengan top plate LRB.

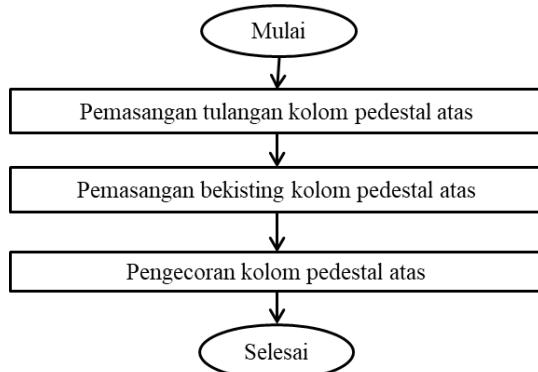
- **Pengencangan baut dengan kunci momen**

Tahap selanjutnya adalah mengencangkan baut atas menggunakan kunci momen.



Gambar 10-15. Pengencangan baut dengan kunci momen

10.1.6 Pekerjaan Kolom Pendestal Atas



Gambar 10-16. Diagram Alir Pekerjaan Kolom Pendestal Atas

- **Pemasangan Tulangan Kolom Pendestal Atas**

Pemasangan tulangan kolom pedestal atas dilakukan sesuai shop drawing. Tulangan diangkut menggunakan tower crane ke titik as yang dituju.

- **Pemasangan Bekisting Kolom Pendestal Atas**

1. Melakukan marking area kolom pedestal atas
2. Pasang bekisting sesuai marking tersebut
3. Melakukan pengukuran posisi bekisting menggunakan alat total station atau waterpass

- **Pengecoran Kolom Pendestal Atas**

Setelah bekisting terpasang sesuai rencana, maka selanjutnya dilakukan pengecoran kolom pedestal atas menggunakan concrete bucket pada tower crane.

10.2 Metode Pemeliharaan LRB



Gambar 10-17. Inspeksi Pemeliharaan LRB

Pada bangunan sistem isolasi dasar, perlu dilakukan pemeliharaan terhadap *device* yang digunakan yaitu LRB untuk memastikan apakah fungsi LRB sesuai dengan standar perencanaan. Pemeliharaan dilakukan selama masa operasional bangunan dengan interval waktu tertentu. Kegiatan ini dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *regular inspection* dan *temporary inspection*. Regular inspection dilakukan setelah 5 tahun pemasangan device dan setiap 10 tahun sekali. Sedangkan temporary inspection dilakukan ketika kondisi cuaca memungkinkan terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, angin tornado, banjir dan lainnya. Berikut merupakan tahapan inspeksi pemeliharaan LRB :

- **Pengecekan Terhadap Karat dan Kelonggaran Baut**



Gambar 10-18. Pengecekan Karat dan Baut

- Pengecekan perpindahan horizontal LRB



Gambar 10-19. Pengecekan Perpindahan Horizontal

- Pengecekan Perpindahan Vertikal LRB



Gambar 10-20. Pengecekan Perpindahan Vertikal

- Pengecekan Terhadap Ketahanan cover LRB



Gambar 10-21. Cover LRB

10.3 Rencana Anggaran Biaya

Berikut adalah rincian biaya pemasangan base isolation Lead Rubber Bearing pada Gedung Hotel :

10.3.1 Volume Pekerjaan Pemasangan *Lead Rubber Bearing*

Tabel 10-1. Volume Pekerjaan Pemasangan *Lead Rubber Bearing*

No	URAIAN PEKERJAAN	VOL.	SAT.	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Mobilisasi & Demobilisasi Alat	1.00	ls	Rp 10,000,000	Rp 10,000,000
2	Peralatan dan Perlengkapan K3	1.00	ls	Rp 15,000,000	Rp 15,000,000
				Jumlah :	Rp 25,000,000
B PEKERJAAN STRUKTUR					
1	Pemasangan Tulangan Kolom Pedestal Bawah				
-	Besi D22	5437.44	kg	Rp 9,469	Rp 51,487,119
-	Besi D13	183.12	kg	Rp 8,813	Rp 1,613,837
				Jumlah :	Rp 53,100,955,92
2	Pemasangan Base Plate				
-	Base Plat t=25 mm	6782.4	kg	Rp 47,605	Rp 322,876,152
				Jumlah :	Rp 322,876,152
3	Pekerjaan Bekisting Kolom Pedestal Bawah				
-	Kayu Meranti Bekisting	6.49	m3	Rp 4,281,300.00	Rp 27,783,924
-	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	2.43	m3	Rp 4,292,800.00	Rp 10,446,958
-	Paku Usuk	64.9	kg	Rp 12,000.00	Rp 778,752
-	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	56.78	lbr	Rp 113,000.00	Rp 6,416,592
-	Minyak bekisting	24.336	ltr	Rp 7,500.00	Rp 182,520
				Jumlah :	Rp 45,608,747
4	Pengecoran Kolom Pedestal Bawah				
-	Beton Ready Mix K-400	40.56	m3	Rp 1,450,000	Rp 58,812,000
				Jumlah :	Rp 58,812,000
5	Pekerjaan Grouting				
-	Semen Grouting SIKA	10	zak	Rp 140,000.00	Rp 1,400,000
				Jumlah :	Rp 1,400,000
6	Pemasangan Base Isolation LRB				
-	Bridgestone LH120G4A	24	buah	Rp 95,000,000	Rp 2,280,000,000
-	Baut Angkur M36	192	buah	Rp 150,000	Rp 28,800,000
				Jumlah :	Rp 2,308,800,000
7	Pemasangan Tulangan Kolom Pedestal Atas				
-	Besi D22	5879.44	kg	Rp 9,469	Rp 55,672,417
-	Besi D13	183.12	kg	Rp 8,813	Rp 1,613,837
				Jumlah :	Rp 57,286,253,92
8	Pekerjaan Bekisting Kolom Pedestal Atas				
-	Kayu Meranti Bekisting	6.49	m3	Rp 4,281,300.00	Rp 27,783,924
-	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	2.43	m3	Rp 4,292,800.00	Rp 10,446,958
-	Paku Usuk	64.9	kg	Rp 12,000.00	Rp 778,752
-	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	56.78	lbr	Rp 113,000.00	Rp 6,416,592
-	Minyak bekisting	24.336	ltr	Rp 7,500.00	Rp 182,520
				Jumlah :	Rp 45,608,747
9	Pengecoran Kolom Pedestal Atas				
-	Beton Ready Mix K-400	40.56	m3	Rp 1,450,000	Rp 58,812,000
				Jumlah :	Rp 58,812,000

10.3.2 Total Biaya Pemasangan Lead Rubber Bearing

Berikut adalah rekapitulasi total biaya kebutuhan pemasangan *Lead Rubber Bearing*:

Tabel 10-2. Rekapitulasi total biaya kebutuhan pemasangan *Lead Rubber Bearing*

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SUB TOTAL BIAYA (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 25,000,000.00
B	PEKERJAAN STRUKTUR	
1	PEMASANGAN TULANGAN KOLOM PEDESTAL BAWAH	Rp 53,100,955.92
2	PEMASANGAN BASE PLATE	Rp 322,876,152.00
3	PEKERJAAN BEKISTING KOLOM PEDESTAL BAWAH	Rp 45,608,746.56
4	PENGECORAN KOLOM PEDESTAL BAWAH	Rp 58,812,000.00
5	PEKERJAAN GROUTING	Rp 1,400,000.00
6	PEMASANGAN BASE ISOLATION LRB	Rp 2,308,800,000.00
7	PEMASANGAN TULANGAN KOLOM PEDESTAL ATAS	Rp 57,286,253.92
8	PEKERJAAN BEKISTING KOLOM PEDESTAL ATAS	Rp 45,608,746.56
9	PENGECORAN KOLOM PEDESTAL ATAS	Rp 58,812,000.00
	JUMLAH :	Rp 2,977,304,854.96
	PPN 10% :	Rp 297,730,485.50
	JUMLAH TOTAL :	Rp 3,275,035,340.46
	PEMBULATAN :	Rp 3,275,036,000.00

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB XI

KESIMPULAN DAN SARAN

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perencanaan struktur gedung Hotel di Malang yang direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dengan menggunakan sistem isolasi dasar yaitu *Lead Rubber Bearing* (LRB). Maka dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan sistem Base Isolation pada bangunan gedung hotel ini akan membuat karakteristik bangunan lebih tahan gempa dikarenakan beban gempa yang diidentifikasi melalui gaya geser dasar bangunan tereduksi. Beban gempa yang terduksi pada arah X adalah sebesar 49,73% dimana ketika bangunan dalam kondisi SRPMB fixed based besaran gaya gempa adalah sebesar 9982,16 kN sedangkan ketika digunakan sistem base isolation besaran gaya gempa adalah 4877,86 kN. Sedangkan Beban gempa yang terduksi pada arah Y adalah sebesar 47,53% dimana ketika bangunan dalam kondisi SRPMB fixed based besaran gaya gempa adalah sebesar 10333,45 kN sedangkan ketika digunakan sistem base isolation besaran gaya gempa adalah 5421,53 kN.
2. Jenis base isolation yang digunakan adalah *Lead Rubber Bearing* merk bridgestone jenis LH120G4A yang memiliki diameter 1200 mm.
3. Berdasarkan hasil analisa perbandingan gaya dalam yang terjadi pada struktur dengan Base Isolator terdapat rata – rata reduksi gaya aksial sebesar 29,05%, gaya geser sebesar 18,72%, gaya momen sebesar 14,61% dan gaya torsi sebesar 8,06%.
4. Total kebutuhan biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan *base isolator Lead Rubber Bearing* yaitu sebesar Rp 3,275,036,000.

11.2 Saran

Penulisan Proyek Akhir Terapan ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan di dalamnya. Saran dari

penulis untuk peningkatan penulisan Proyek Akhir Terapan berikutnya adalah :

1. Diperlukan studi literatur yang lebih lanjut untuk sistem isolasi dasar dengan *Lead Rubber Bearing (LRB)* terutama mengenai standar perencanaan.
2. Proyek Akhir ini hanya membandingkan struktur dengan satu jenis seismic isolation, sehingga diharapkan selanjutnya dapat menggunakan beberapa jenis seismic isolation agar dapat mengetahui kekurangan serta kelebihan setiap jenisnya.
3. Proses running statik nonlinear membutuhkan waktu yang lama, maka diperlukan perangkat yang lebih canggih.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, 8, 254.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847: 2013. Badan Standarisasi Nasional, 8, 1–695.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain
- Bridgestone. (2017). Bridgestone. *Carbon Management Technology Conference, CMTC 2017: Global CCUS Innovation Nexus*, 2, 920–924. <https://doi.org/10.1145/1400468.1400483>
- Buckle, I. G., Constantinou, M. C., Dicleli, M., & Ghasemi, H. (2006). *Seismic Isolation of Highway Bridges*. https://doi.org/10.5610/jaee.4.3_283
- Efiloglu, M. (2013). *Understanding and Using Structural Concepts UNDERSTANDING THE CONCEPT OF BASE ISOLATION*. Manchester University1824, 1(July 2013), 1–5. <http://www.mace.manchester.ac.uk/project/teaching/civil/structuralconcepts/StudentCoursework/contents/30.pdf>
- Kelly, T. E. (2001). *Base Isolation of Structures*. July.
- Lestari, D. S. (2012). PERBANDINGAN KINERJA PENGGUNAAN BERBAGAI BASE ISOLATOR PADA GEDUNG TSUNAMI REFUGE CENTER KANTOR GUBERNUR SUMATERA BARAT. 1–21.
- Mustofa, A. (2010). Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya. *Jurnal Geografi*, 7(1). <https://doi.org/10.15294/jg.v7i1.92>
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*. *Earthquake Spectra*, 16(3), 709–710.

<https://doi.org/10.1193/1.1586135>

- Nakazawa, K. (2000). Mekanika Tanah & Teknik Pondasi.
- Pratiwi, E. D., & Teruna, D. R. (2013). Kajian pengaruh karakteristik mekanik damper leleh baja terhadap respon bangunan akibat gaya gempa dengan menggunakan analisis riwayat waktu. 1.
- Teruna, D. R. (2005). Analisis Respon Bangunan dengan Base Isolator Akibat Gaya Gempa Daniel Rumbi Teruna.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Khilmi Aziz Lahir di Sidoarjo, 4 Mei 1999, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis juga pernah menempuh Pendidikan formal di SD Kemala Bhayangkari, dan juga pernah bersekolah di SMP Negeri 1 Sidoarjo dan SMA Negeri 3 Sidoarjo. Setelah lulus SMA pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan di D4 Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saat menjadi mahasiswa penulis juga pernah aktif di organisasi kemahasiswaan JMMI (Jama'ah Masjid Manarul Ilmi) selama 1 tahun, sebagai staff FSLDK, juga pernah menjadi anggota kepanitiaan D'Village sebagai Sie Konsumsi serta panitia GRADASI sebagai Sie Perlengkapan. Selain itu penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Proyek Mekanika Tanah. Penulis dapat dihubungi melalui email : khilmi45@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

➤ Data tanah dari Testana Engineering

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.1.1. BORING LOG						BOREHOLE #: DB-1																			
DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS																			
		1	10	20	30	40	TYPE	C/C	ø / ø'	30	40	50	60	80	100	γ	Gs	e0	Sr								
0	Silt and clay, dark greyish brown, trace sand, medium.																										
1																											
2	Silt and clay, dark brown, trace sand, medium.																										
3																											
4	Silt and sand, brown, little clay, very loose.																										
5																											
6	Silt and clay, brown, trace sand.																										
7	Sand, brown, some silt, contains gravel, very dense.																										
8																											
9	Silt and sand, brown, little clay, contains gravel, very dense.																										
10																											
11	Silt and sand, grey, little clay, medium.																										
12																											
13	Sand and gravel, grey																										
14	Silt and sand, dark grey, loose to medium.																										
15																											
16	Sand, dark grey, loose																										
17	Silt and clay, grey, inorganic, some sand, very stiff.																										
18																											
19	Sand, brown, some silt, cemented, dense.																										
20																											
21	Sand, brownish grey, trace gravel, medium.																										
22																											
23	Silt and clay, brown, inorganic, trace sand, hard.																										
24																											
25	Silt and clay, greenish brown, inorganic, some sand.																										
26																											
27	Sand, grey, trace to some silt, contains gravel, dense to very dense.																										
28																											
29																											
30	Sand and silt, greenish grey, little clay, medium.																										
End of Boring																											
NOTE:		<table> <tbody> <tr> <td>0 to 10 % = Trace</td><td>EPT = Standard penetration test (blows/ft)</td><td>○ = Wn = Moisture content, %</td> </tr> <tr> <td>10 to 20 % = Little</td><td>SPT = SPT</td><td>● = Wp = Plastic limit, %</td> </tr> <tr> <td>20 to 35 % = Some</td><td>UU = Triaxial, Unconsolidated unstrained</td><td>△ = Wt = Liquid limit, %</td> </tr> <tr> <td>35 to 50 % = And</td><td>CU = Triaxial, Consolidated unstrained</td><td>γ = Bulk density, t/m³</td> </tr> <tr> <td></td><td>Vane = Vane shear test</td><td>Gs = Specific gravity</td> </tr> <tr> <td></td><td>qc = Cohesion intercept, kg/cm²</td><td>eo = Void ratio</td> </tr> <tr> <td></td><td>φ = Internal friction angle, deg</td><td>QI = Unconfined compression strength, kg/cm²</td> </tr> <tr> <td></td><td>QT = Direct shear, quick test</td><td></td> </tr> </tbody> </table>		0 to 10 % = Trace	EPT = Standard penetration test (blows/ft)	○ = Wn = Moisture content, %	10 to 20 % = Little	SPT = SPT	● = Wp = Plastic limit, %	20 to 35 % = Some	UU = Triaxial, Unconsolidated unstrained	△ = Wt = Liquid limit, %	35 to 50 % = And	CU = Triaxial, Consolidated unstrained	γ = Bulk density, t/m³		Vane = Vane shear test	Gs = Specific gravity		qc = Cohesion intercept, kg/cm²	eo = Void ratio		φ = Internal friction angle, deg	QI = Unconfined compression strength, kg/cm²		QT = Direct shear, quick test	
0 to 10 % = Trace	EPT = Standard penetration test (blows/ft)	○ = Wn = Moisture content, %																									
10 to 20 % = Little	SPT = SPT	● = Wp = Plastic limit, %																									
20 to 35 % = Some	UU = Triaxial, Unconsolidated unstrained	△ = Wt = Liquid limit, %																									
35 to 50 % = And	CU = Triaxial, Consolidated unstrained	γ = Bulk density, t/m³																									
	Vane = Vane shear test	Gs = Specific gravity																									
	qc = Cohesion intercept, kg/cm²	eo = Void ratio																									
	φ = Internal friction angle, deg	QI = Unconfined compression strength, kg/cm²																									
	QT = Direct shear, quick test																										

➤ Rekapitulasi Perhitungan Tulangan

Kolom

TIPE	DIMENSI (mm)			PENULANGAN			
	b	h	tselimut	Longitudinal		Sengkang	
K1	1200	750	40	36	D22	3 kaki	D13-200
K1 LT.5-ATAP	1100	750	40	32	D22	3 kaki	D13-200
K2	1300	800	40	40	D22	3 kaki	D13-200
K2 LT.5-ATAP	1200	800	40	36	D22	3 kaki	D13-200
K3	1800	1800	40	44	D25	3 kaki	D13-200

Balok

TIPE	DIMENSI			PENULANGAN						Torsi
	b mm	h mm	tselimut mm	Tumpuan			Lapangan			
				atas	bawah	sengkang	atas	bawah	sengkang	
B1	400	800	40	10D22	5D22	D13-100	3D22	3D22	D13-150	2D16
B2	400	750	40	10D22	5D22	D13-100	3D22	4D22	D13-150	2D16
B2'	300	650	40	8D22	4D22	D13-100	3D22	3D22	D13-150	2D10
B3	250	600	40	6D16	3D16	D13-100	3D16	3D16	D13-150	2D10
B4	200	500	40	5D16	3D16	D13-100	2D16	3D16	D13-150	2D10
S1	400	800	40	5D22	5D22	D13-150	5D22	5D22	D13-150	-
S2	400	700	40	5D22	5D22	D13-150	5D22	5D22	D13-150	-
S3	250	600	40	4D19	4D19	D13-150	4D19	4D19	D13-150	-

Pelat

TIPE	DIMENSI (mm)			PENULANGAN						Jumlah Tiang
	b	h	tselimut	Tumpuan X		Lapangan X		Tumpuan Y		
				D13	150	D13	150	D13	150	
A	4500	3800	20	D13	150	D13	150	D13	150	150
B	4500	3800	75	D16	200	D16	200	D16	200	200
C	4500	3800	20	D10	200	D10	200	D10	200	200

Pilecap

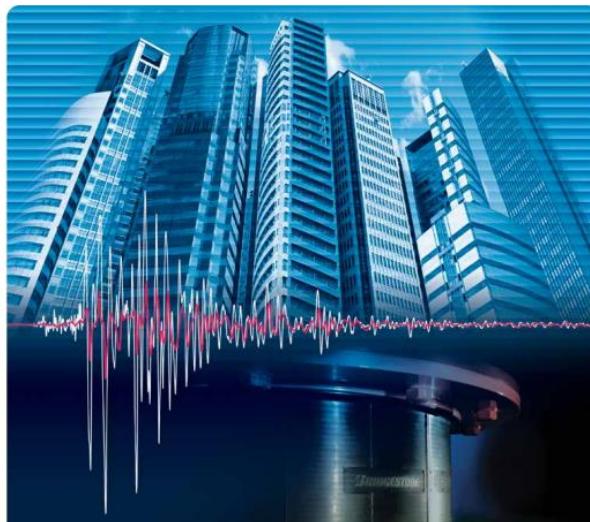
TIPE	DIMENSI (mm)			PENULANGAN				Jumlah Tiang
	b	h	tselimut	Arah X		Arah Y		
P1	3400	3400	75	D25	100	D25	100	9
P2	3400	3400	75	D25	100	D25	100	7

- Brosur Catalog Bridgestone untuk Spesifikasi LRB



Seismic Isolation Product Line-up

High Damping Rubber Bearing Lead Rubber Bearing
 Natural Rubber Bearing Elastic Sliding Bearing



Lead Rubber Bearing (LRB)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan
MVBR-0517 Acquired in December 2014

Product Dimension

Characteristics		Sectional View
Outer diameter	: D_o (mm)	
Lead plug diameter	: D (mm)	
Number of inner diameter	: $A_i \times 10^3$ (mm 2)	
Effective plane area	: A_e (mm 2)	
Thickness of one rubber layer	: t (mm)	
Thickness of one steel plate	: t_s (mm)	
Number of rubber layers	: $n = n + t$ (mm)	
First shape factor: $S_1 = (D_o) / (4 \cdot t)$		
Second shape factor: $S_2 = D_o / (n \cdot t)$		
Physical Dimensions		
Diameter of flange	: D (mm)	
Thickness of flange: edge / center	: t_s (mm)	
Connecting bolt PCD	: PCD (mm)	
Diameter of connecting bolt hole \times qy	: d_s (mm) \times qy	
Bolt size (assumption)	: M ($d_s - 3$)	
Thickness of each reinforced steel plate	: t_s (mm)	
Total height	: H (mm)	
Total weight: 1 (kN) = 1/9.80665 (tonf)		

Integrated Type Flange

Assembled Type Flange

● LH Series (Total Rubber Thickness 20cm)

Characteristics		LH12004												
Physical Dimensions	Outer diameter [mm]	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
	Lead plug diameter [mm]	11055	11026	10996	10963	10930	10894	10857	10819	10779	10737	10694	10649	10603
	Effective plane area ($\times 10^3$ mm 2)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	Thickness of one rubber layer [mm]	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Number of rubber layers [-]	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	First shape factor [-]	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
	Second shape factor [-]	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	Diameter of flange [mm]	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
	Thickness of flange**1 (edge/center) [mm]	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40	32 / 40
	Connecting bolt PCD [mm]	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
	Diameter of connecting bolt hole x qty [mm]	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12	Ø 39 x 12
	Bolt size (assumption) [-]	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36	M36
	Thickness of each reinforced steel plate [mm]	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Total height [mm]	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6	385.6
	Total weight (tonf)	2.45	2.46	2.47	2.47	2.48	2.49	2.50	2.51	2.52	2.53	2.55	2.56	2.57
	Total weight (kN)	24.0	24.1	24.2	24.3	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	25.0	25.1	25.2
Compression Properties	Critical stress (N/mm 2)	σ_w when $\gamma = 0$	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
	Ultimate compressive stress (N/mm 2)	(γ_u, σ_u)	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]	[0.00, 60]
	Compressive stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	(γ_s, σ_s)	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]	[2.58, 60]
	Nominal long term compressive stress (N/mm 2)		6690	6690	6690	6690	6690	6690	6690	6690	6690	6690	6690	6690
	Nominal long term column load (kN)	16600	16500	16500	16400	16400	16300	16300	16200	16200	16100	16000	16000	15900
Shear Properties ($\gamma = 100\%$)	Allowable tensile stress (N/mm 2)	$(\gamma = 100\%)$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Initial stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	28.6	28.7	28.7	28.7	28.8	28.8	28.9	28.9	29.0	29.0	29.1	29.2	29.2
	Post yield stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	2.20	2.21	2.21	2.21	2.21	2.22	2.22	2.23	2.23	2.23	2.24	2.24	2.25
	Characteristic Strength (kN)	203	226	250	276	303	331	360	391	423	456	491	526	563
	Equivalent shear stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	3.22	3.33	3.46	3.59	3.73	3.87	4.02	4.18	4.34	4.51	4.69	4.87	5.06
Shear Properties ($\gamma = 100\%$)	Equivalent damping ratio [-]	0.193	0.206	0.219	0.232	0.244	0.255	0.266	0.276	0.285	0.294	0.302	0.310	0.317

* : Special thickness for flange is available. Please refer to the table on the next page [upper top table] for more details.

- Brosur bata ringan citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L [mm]	: 600
Tinggi, H [mm]	: 200 ; 400
Tebal, T [mm]	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

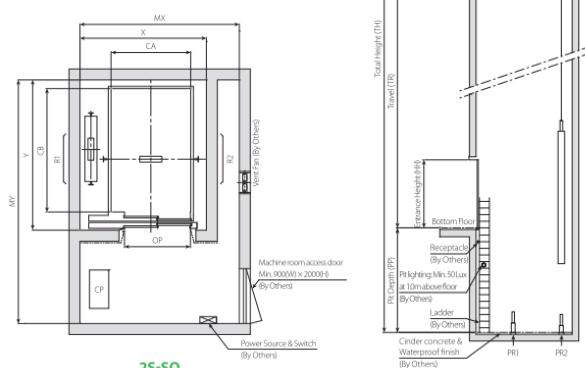
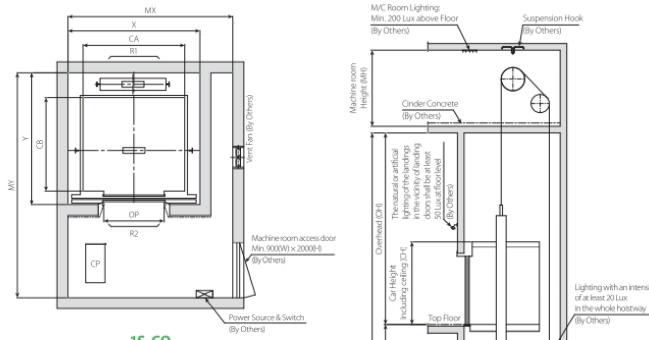
Berat jenis kering, [ρ]	: 530 kg/m ³
Berat jenis normal, [ρ]	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, [σ]	: $\geq 4,0 \text{ N/m}^2$
Konduktifitas termis, [λ]	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

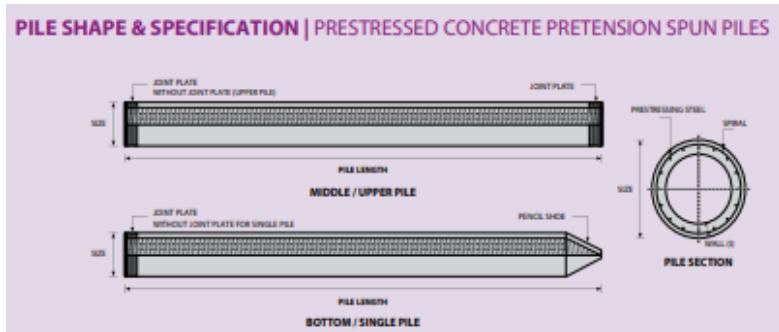
➤ Brosur lift Hyundai elevator

Speed (m/sec)	Capacity (Person/kg)		Reaction Static Load				Door Opening
	Person	Load	R1	R2	R3	R4	
2	24	1800	15500	8500	18450	15300	1100

Dimension					
Car		Hoistway		Machine Room	
CA	CB	X	Y	MX	MY
2000	1800	2550	2550	2900	4350



➤ Brosur tiang pancang PT. WIKA BETON



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm³)

Size (mm)	Thickness (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC191845

LAMPIRAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION LEAD RUBBER BEARING (LRB)*

MUHAMMAD KHILMI AZIZ

NRP. 10111710013048

Dosen Pembimbing 1

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP. 19630726 198901 1 003

Dosen Pembimbing 2

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T., M.T.

NIP. 19780201 200604 2 002

PROGRAM SARJANA TERAPAN

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

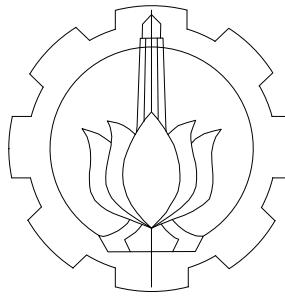
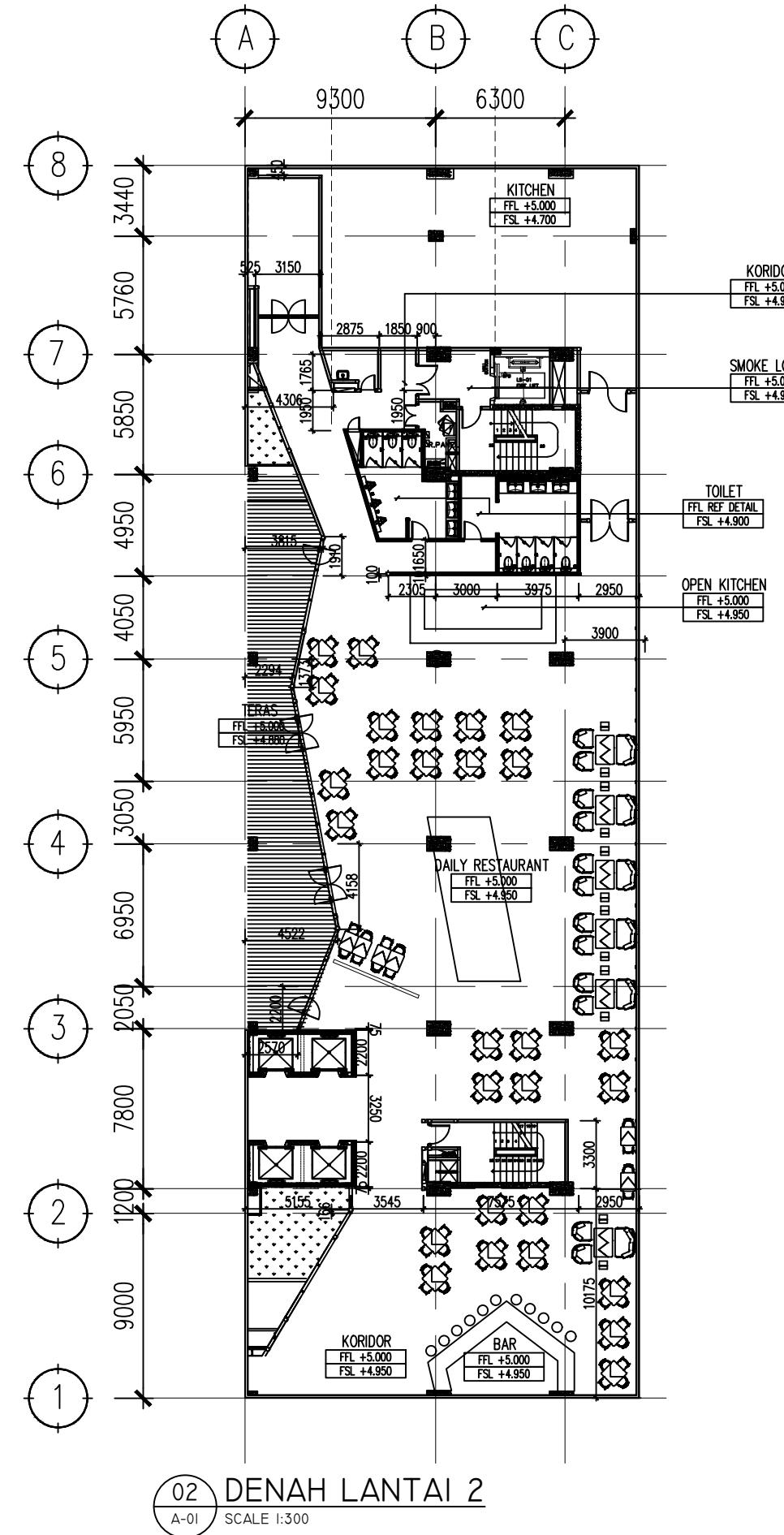
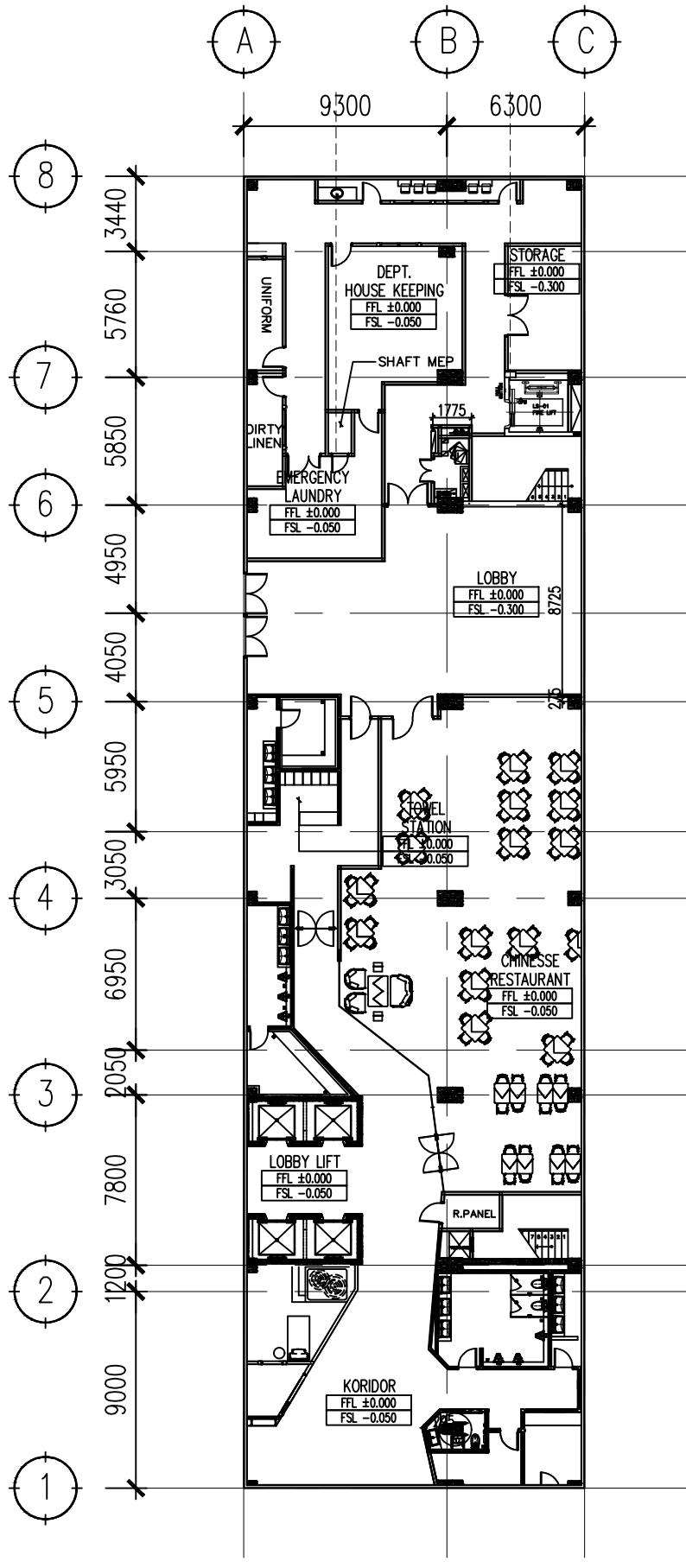
2021

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	KODE	NOMOR
DENAH LANTAI 1 & 2	ARS	1
DENAH LANTAI 3 & 4	ARS	2
DENAH LANTAI TIPIKAL 5-14 & 15	ARS	3
DENAH LANTAI 16 & ATAP	ARS	4
TAMPAK TENGGARA	ARS	5
TAMPAK BARAT DAYA	ARS	6
TAMPAK BARAT LAUT	ARS	7
POTONGAN TIMUR LAUT	ARS	8
POTONGAN A	ARS	9
POTONGAN B	ARS	10
DENAH PONDASI DAN SLOOF	STR	11
DENAH KOLOM DAN SLOOF	STR	12
DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 2	STR	13
DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 3	STR	14
DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 4-15	STR	15
DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 16	STR	16
DENAH KOLOM DAN BALOK LT. ATAP	STR	17
DENAH DINDING PENAHAN TANAH	STR	18
DENAH PELAT BASEMENT	STR	19
DENAH PELAT LT. 1	STR	20

NAMA GAMBAR	KODE	NOMOR
DENAH PELAT LT. 2	STR	21
DENAH PELAT LT. 3	STR	22
DENAH PELAT LT. 4-15	STR	23
DENAH PELAT LT. ATAP	STR	24
DETAIL PENULANGAN PELAT	STR	25
DETAIL PENULANGAN TANGGA TIPE A	STR	26
DETAIL PENULANGAN TANGGA TIPE B	STR	27
DETAIL PENULANGAN BALOK B1	STR	28
DETAIL PENULANGAN BALOK B2	STR	29
DETAIL PENULANGAN BALOK B2'	STR	30
DETAIL PENULANGAN BALOK B3	STR	31
DETAIL PENULANGAN BALOK B4	STR	32
DETAIL PENULANGAN SLOOF S1	STR	33
DETAIL PENULANGAN SLOOF S2	STR	34
DETAIL PENULANGAN SLOOF S3	STR	35
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1 LT. DASAR-4	STR	36
DETAIL PENULANGAN KOLOM K2 LT. DASAR-4	STR	37
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1 LT. 5-ATAP	STR	38
DETAIL PENULANGAN KOLOM K2 LT. 5-ATAP	STR	39
DETAIL PENULANGAN KOLOM K3	STR	40

NAMA GAMBAR	KODE	NOMOR
DENAH PENULANGAN PILECAP P1	STR	41
DENAH PENULANGAN PILECAP P1	STR	42
DENAH PENULANGAN DINDING BASEMENT	STR	43
DETAIL LRB LH120G4A	STR	44
POTONGAN PORTAL AS 4	STR	45
POTONGAN PORTAL AS C	STR	46
DETAIL PIT LIFT	STR	47



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

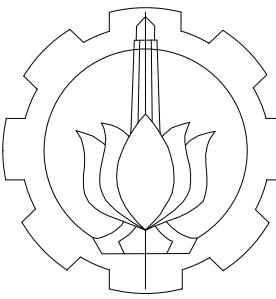
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1 & 2

SKALA	KODE
1 : 300	ARS
A01	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T.
NIP. 19780201 200604 2 002

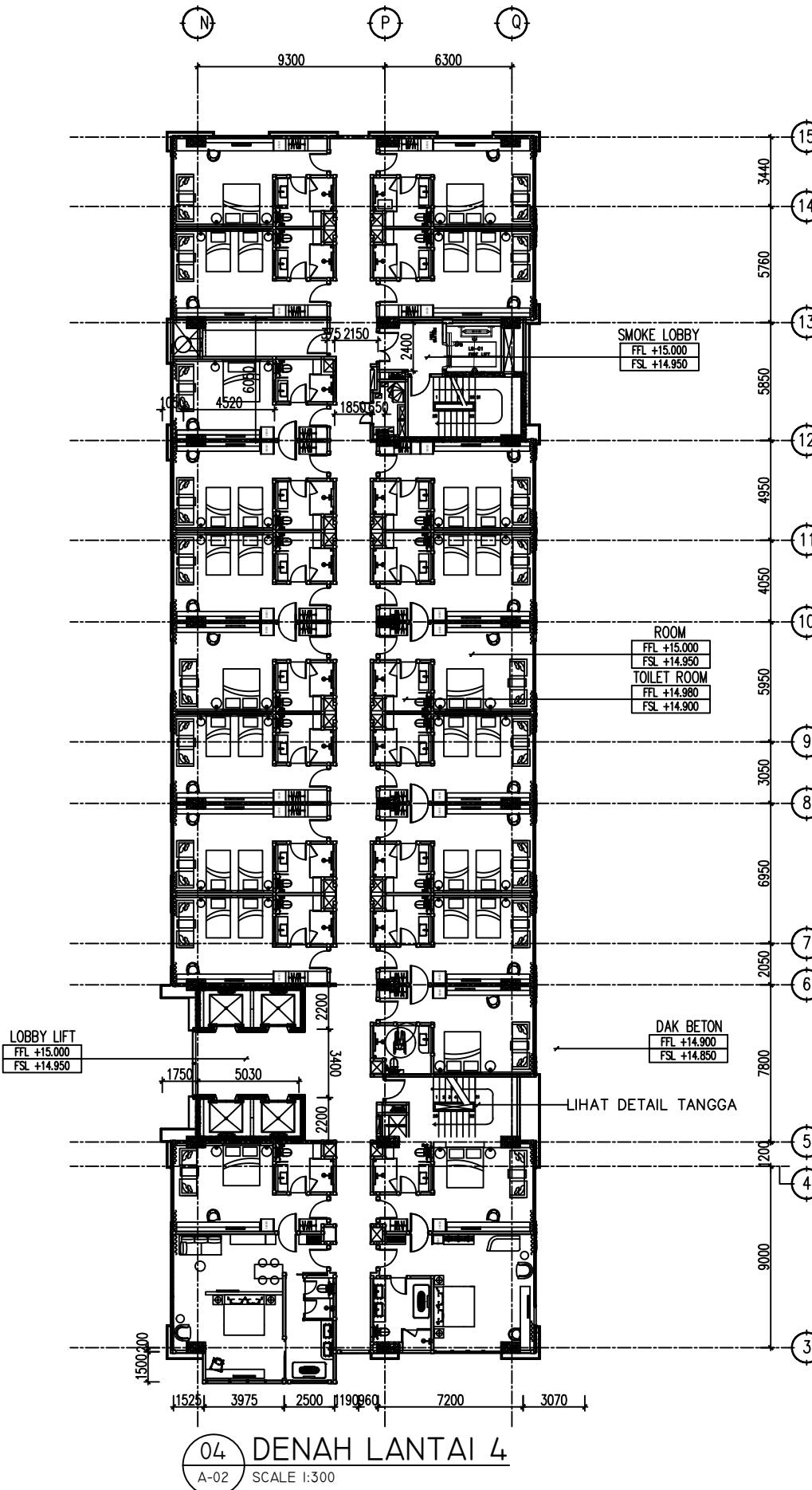
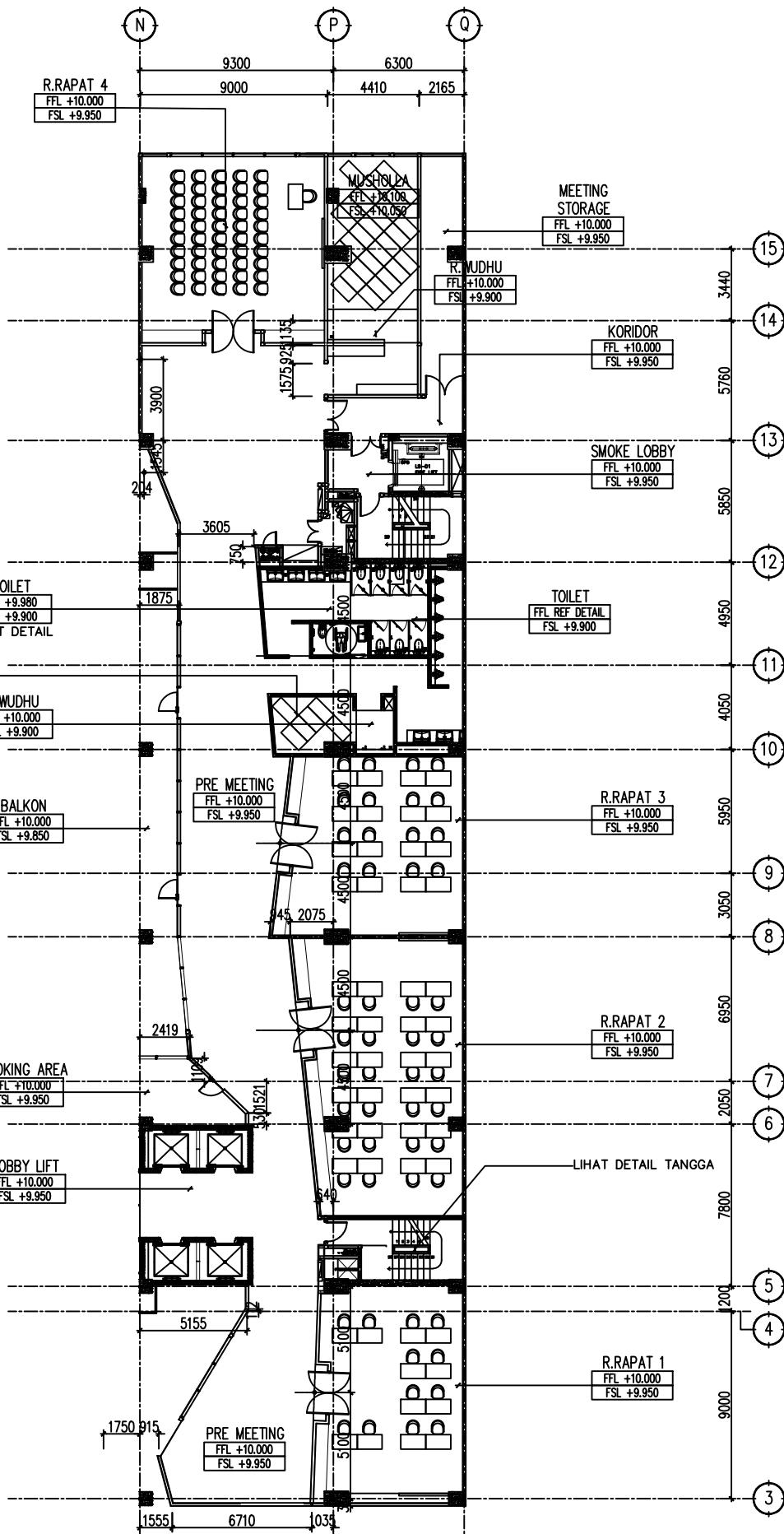
NAMA MAHASISWA

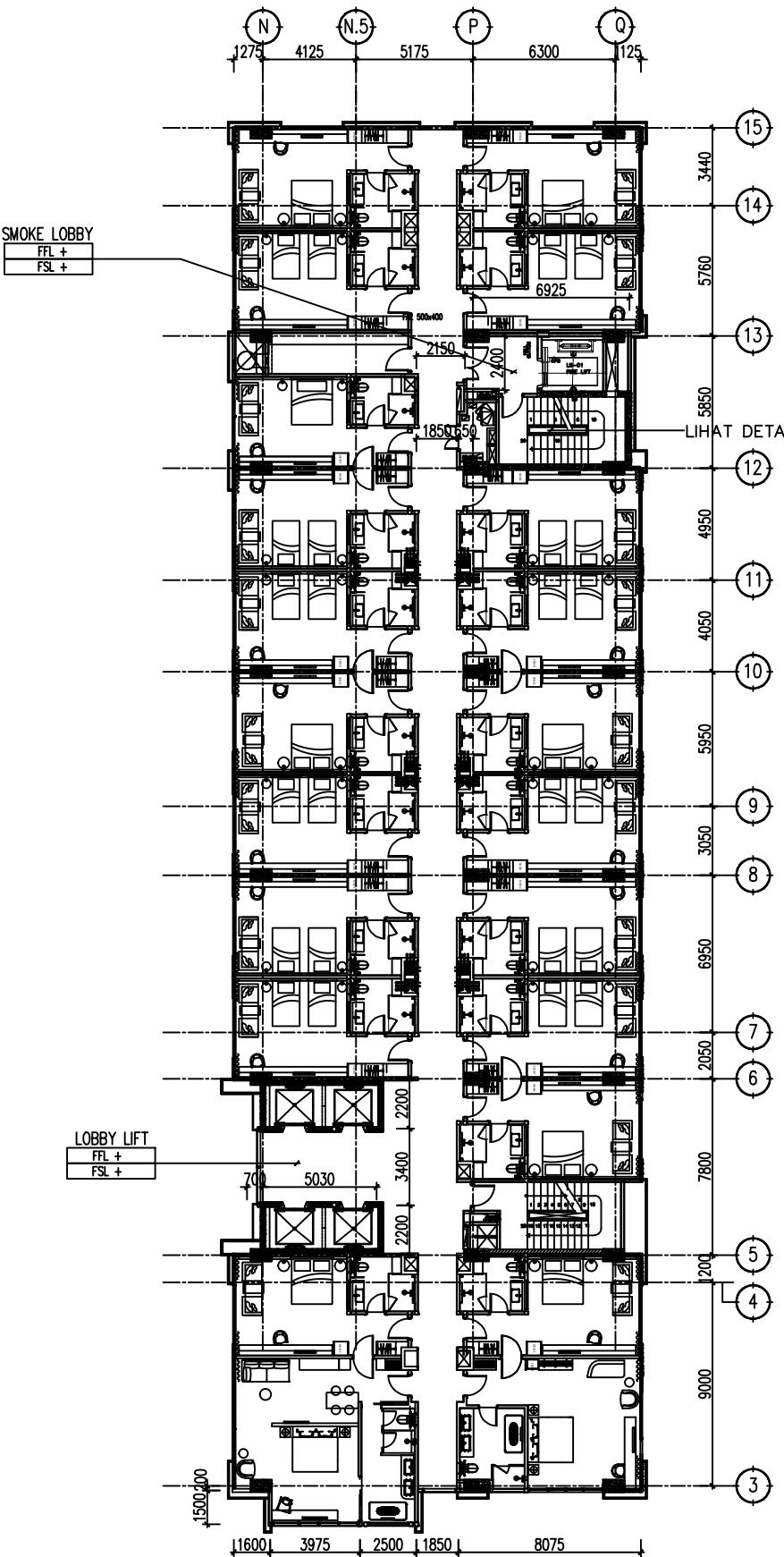
MUHAMMAD KHALMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

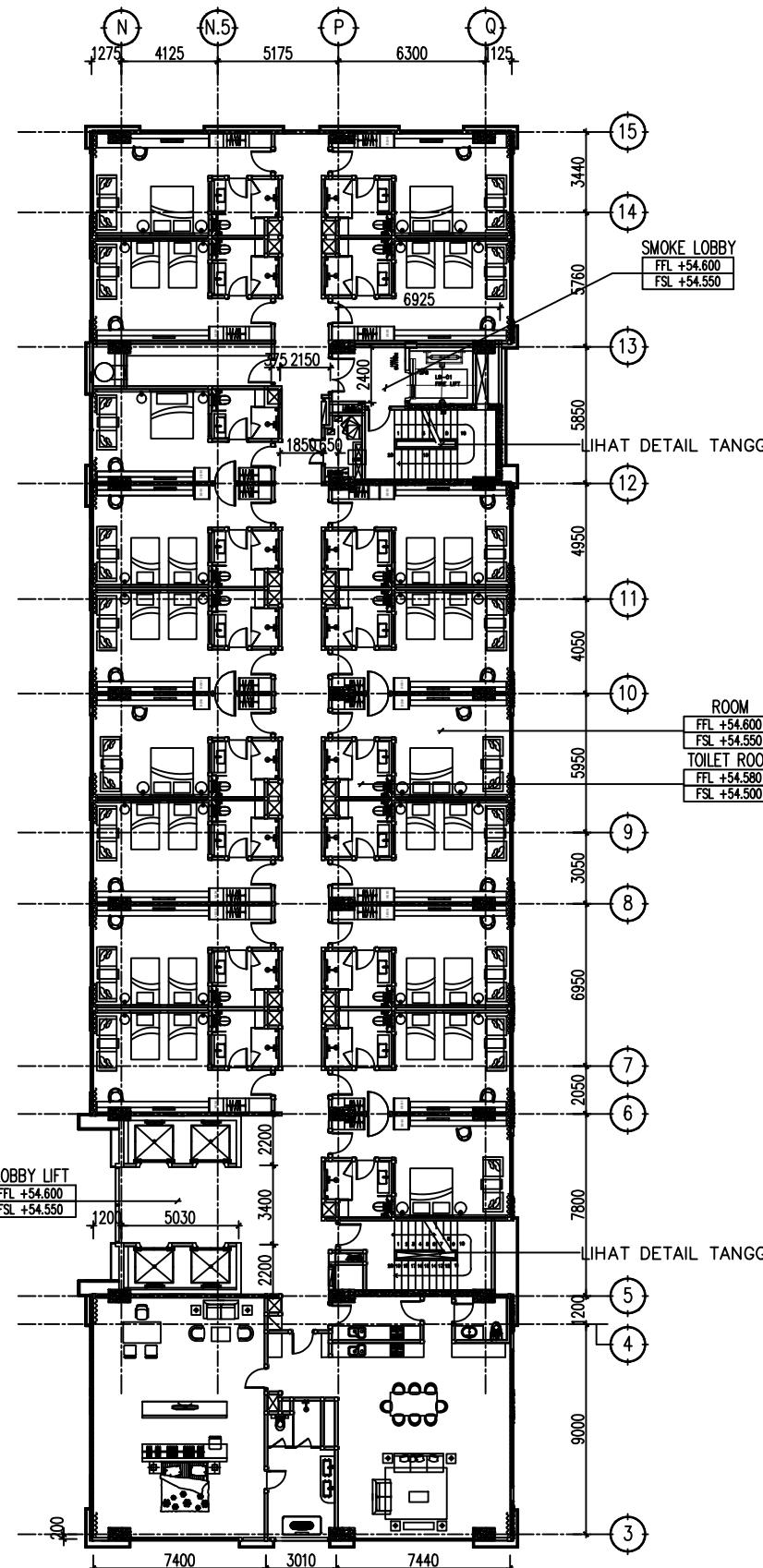
DENAH LANTAI 3 & 4

SKALA	KODE
1 : 300	ARS
A02	

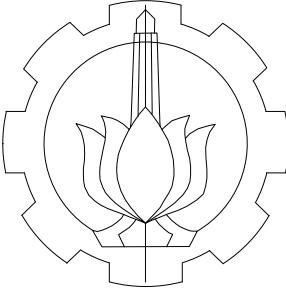




05 DENAH LANTAI 5-LANTAI 14
A-03 SCALE 1:300



05 DENAH LANTAI 15
A-03 SCALE 1:300



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

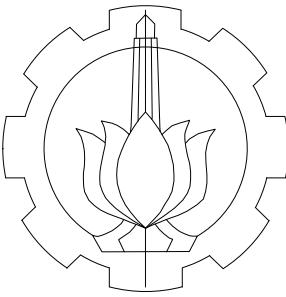
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI TIPIKAL & 15

SKALA	KODE
1 : 300	ARS

NO. GAMBAR	TANGGAL
A03	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

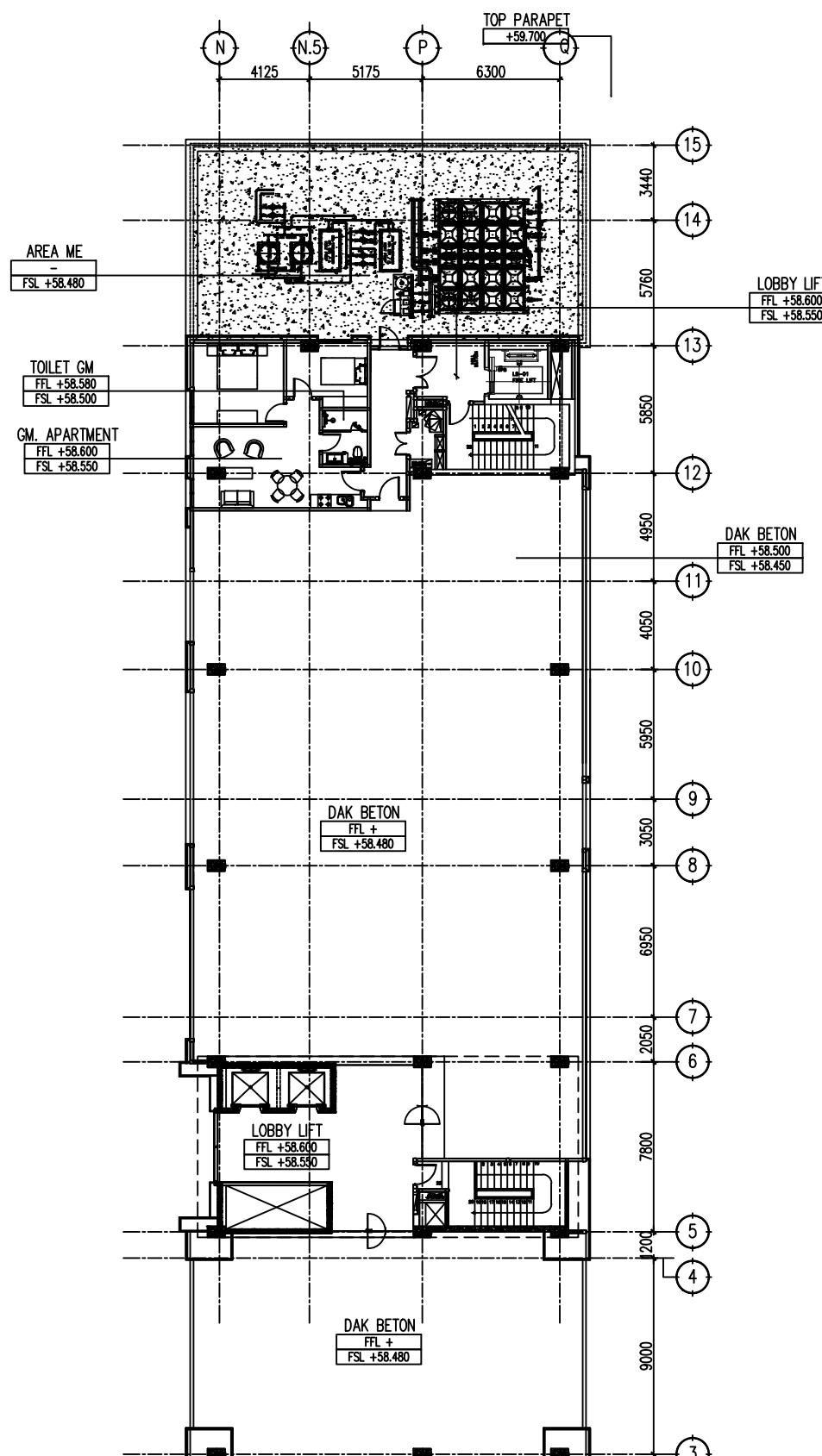
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

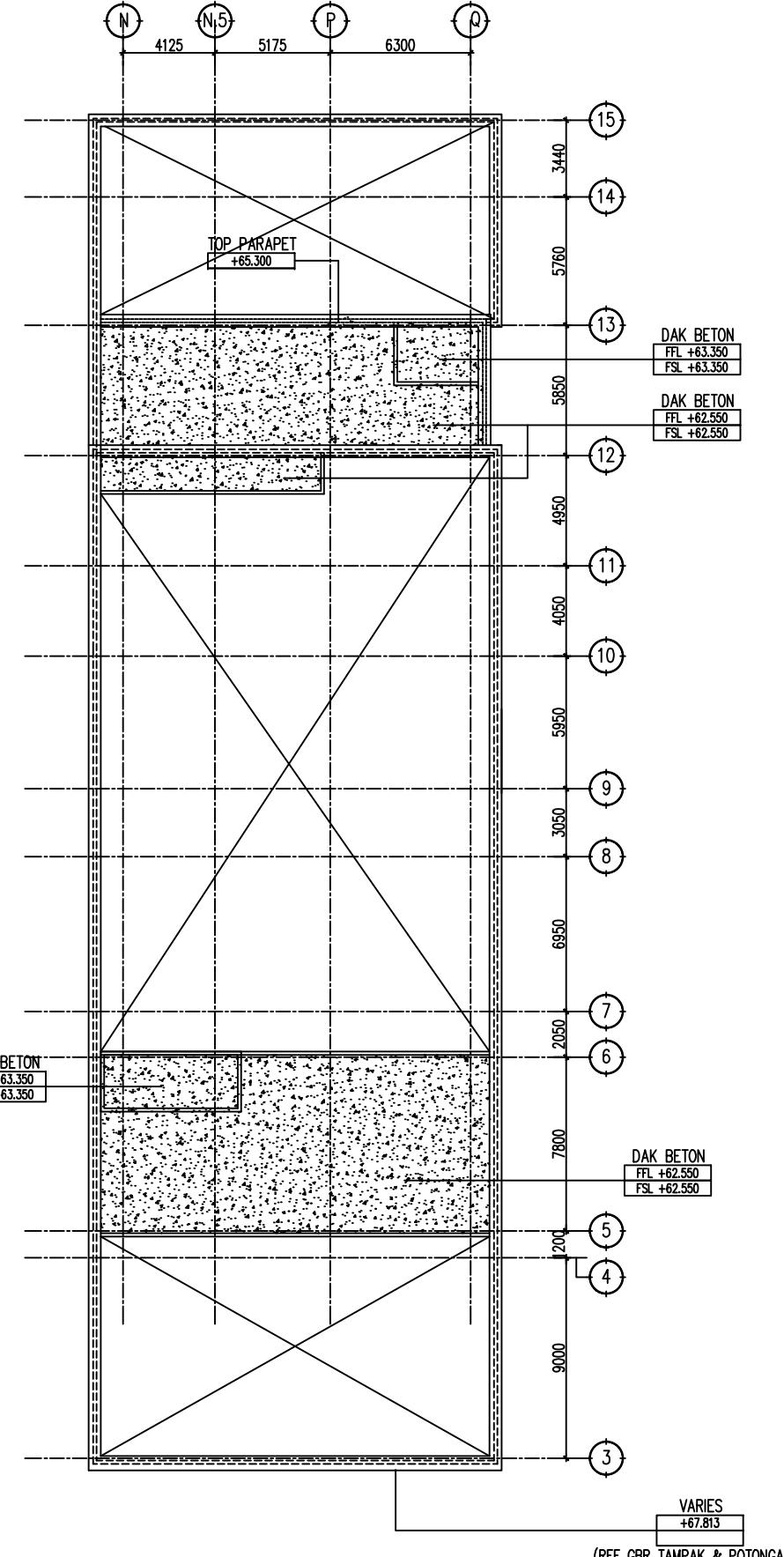
DENAH LANTAI 16 & ATAP

SKALA	KODE
1 : 300	ARS

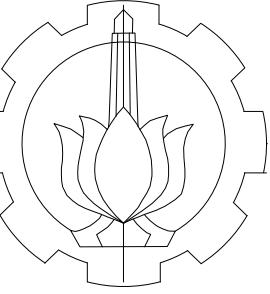
NO. GAMBAR	TANGGAL
A04	



06 DENAH LANTAI 16
A-04 SCALE 1:300



06 DENAH LANTAI ATAP
A-04 SCALE 1:300



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

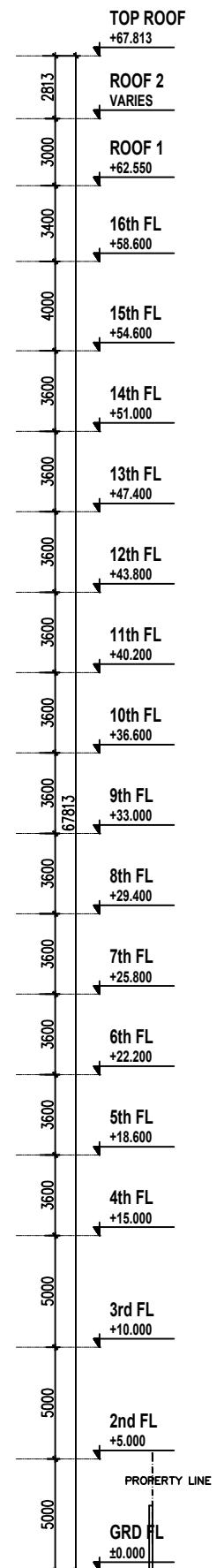
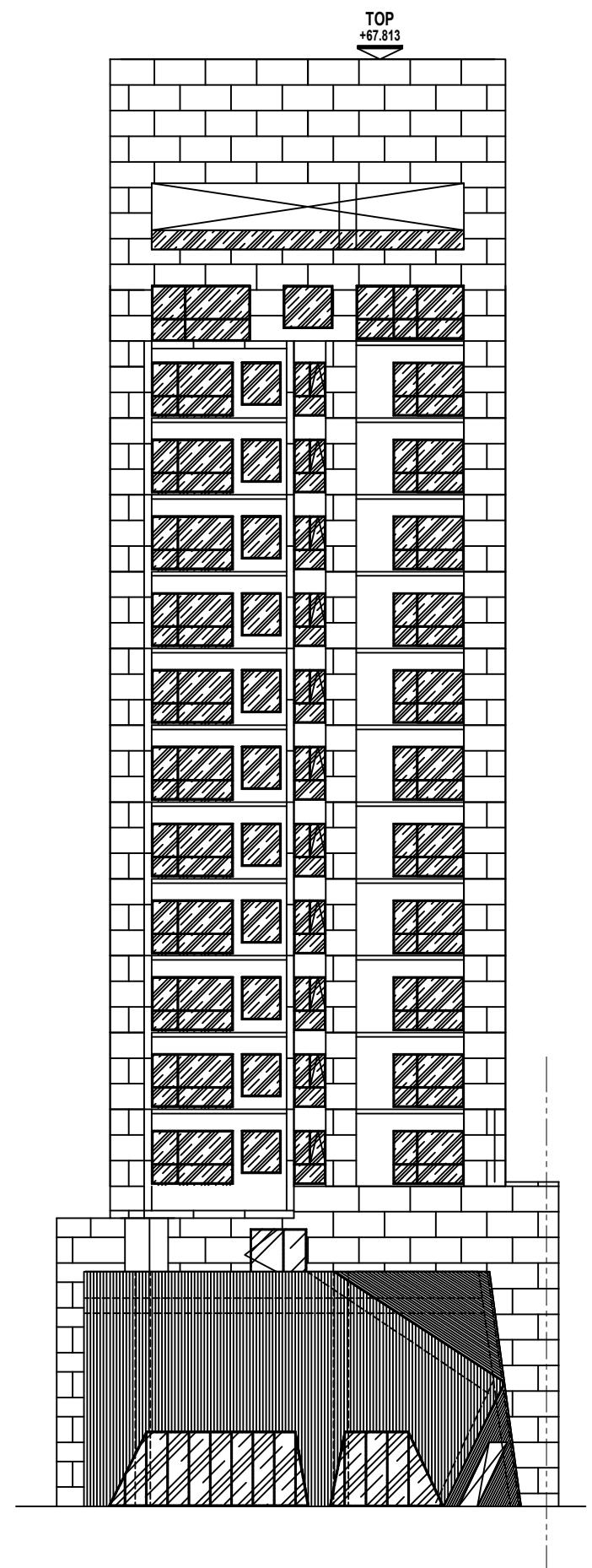
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

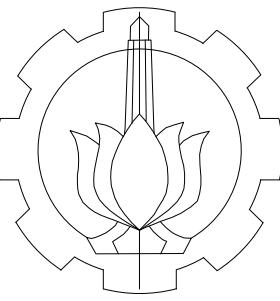
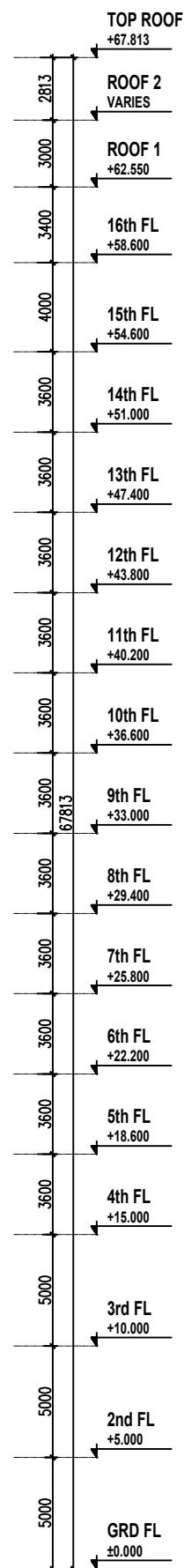
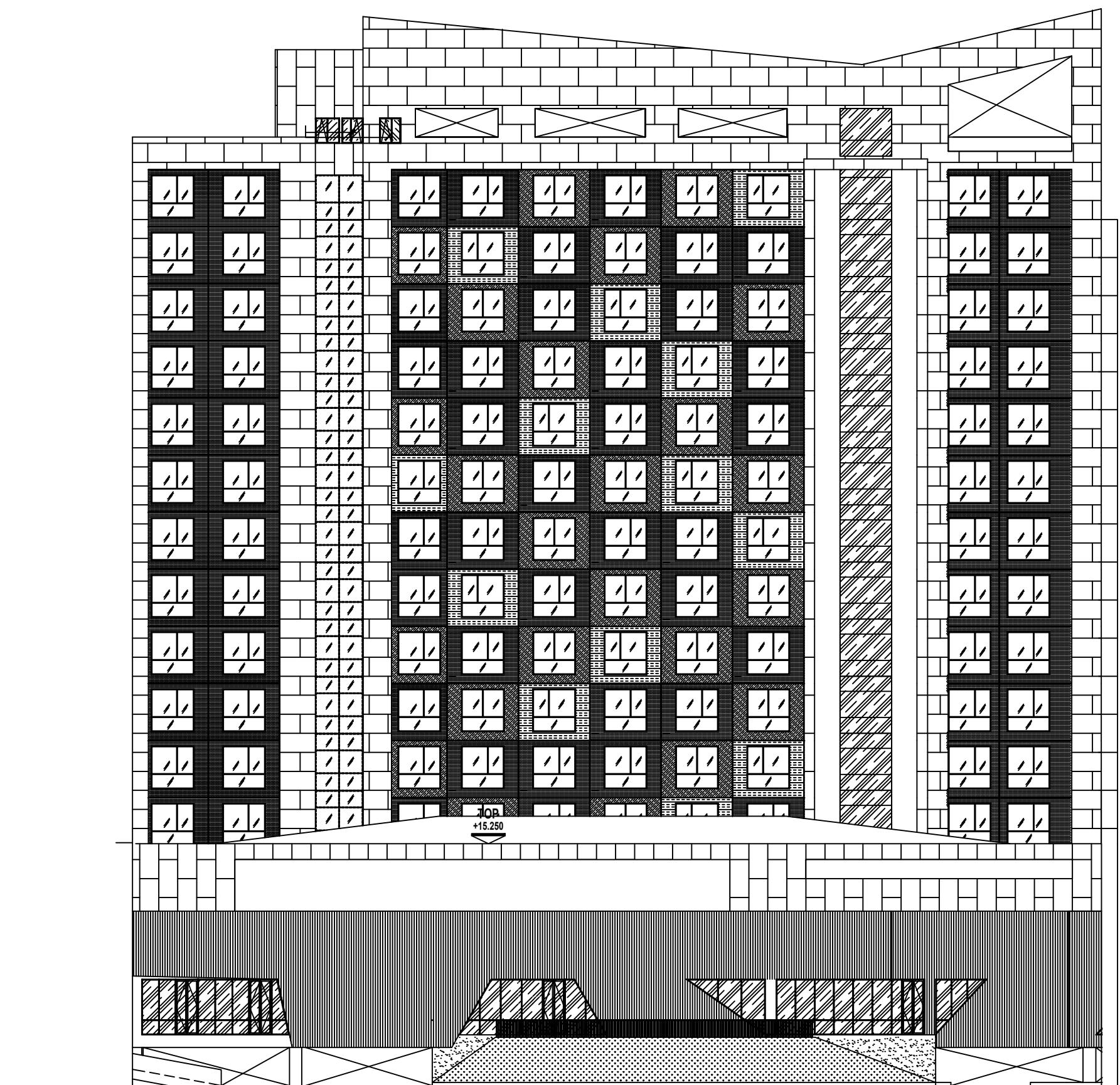
TAMPAK TENGGARA

SKALA	KODE
1 : 300	ARS
A05	



07
A-05

TAMPAK TENGGARA
SCALE 1:300



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

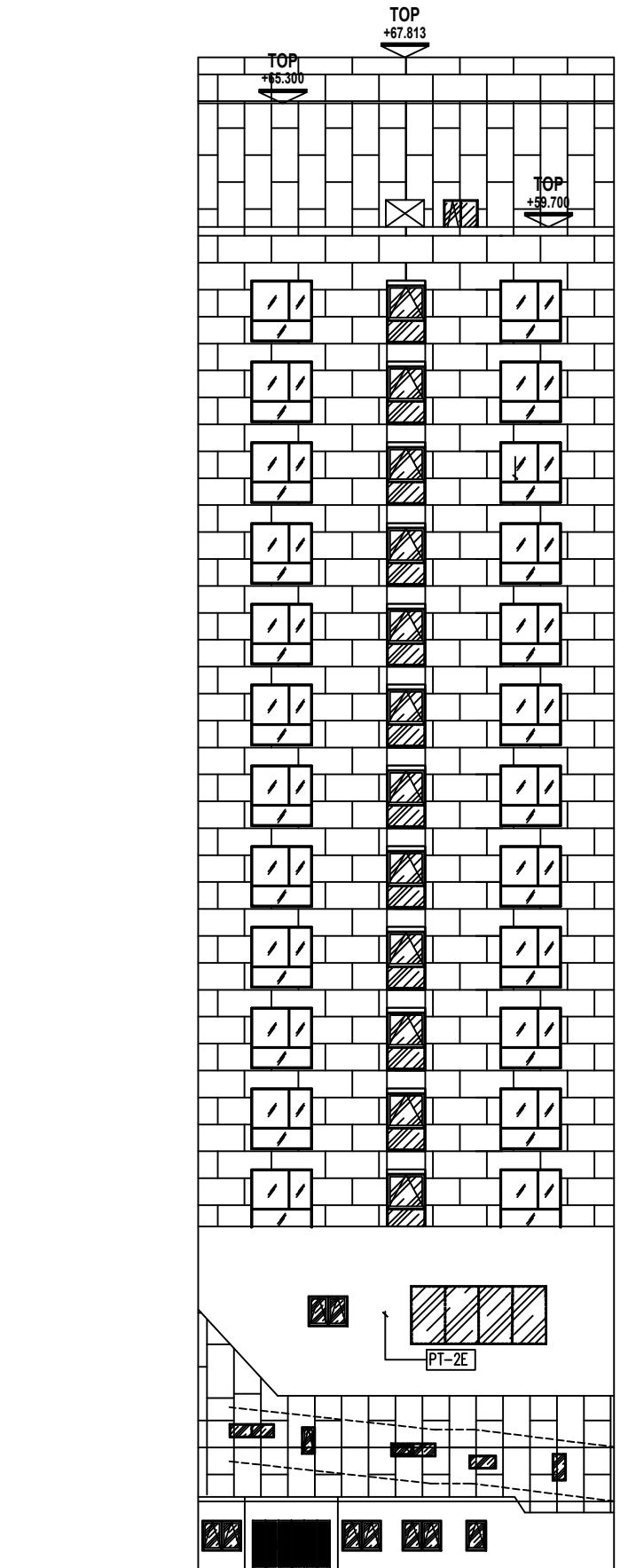
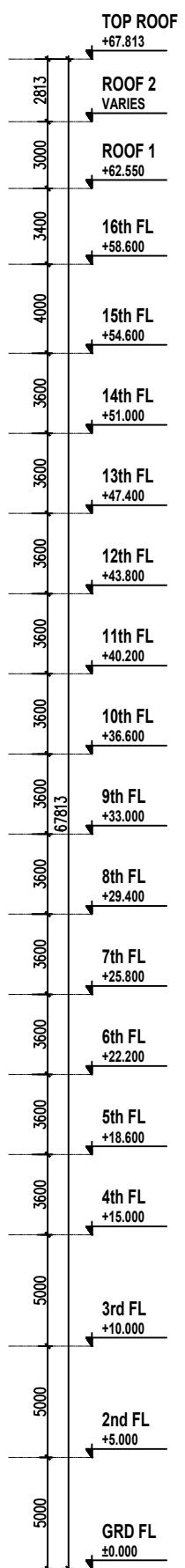
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

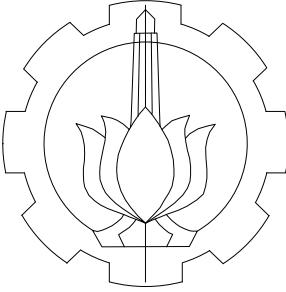
MUHAMMAD KHALMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

TAMPAK BARAT DAYA



09 TAMPAK BARAT LAUT
A-07 SCALE 1:300



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

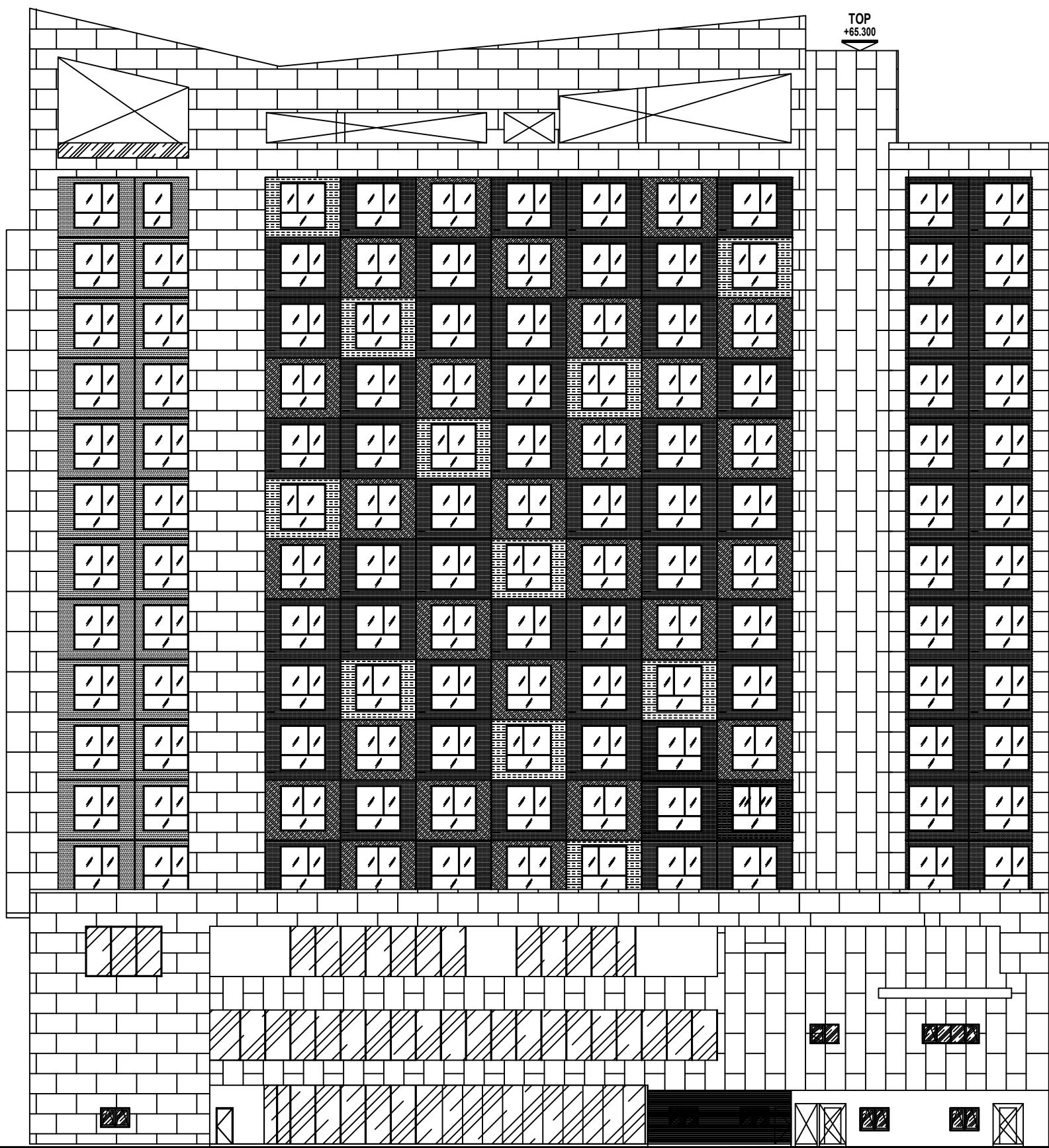
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

TAMPAK BARAT LAUT

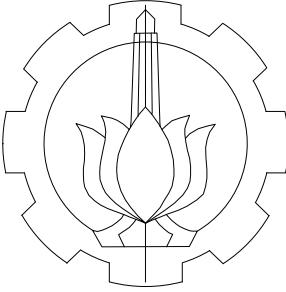
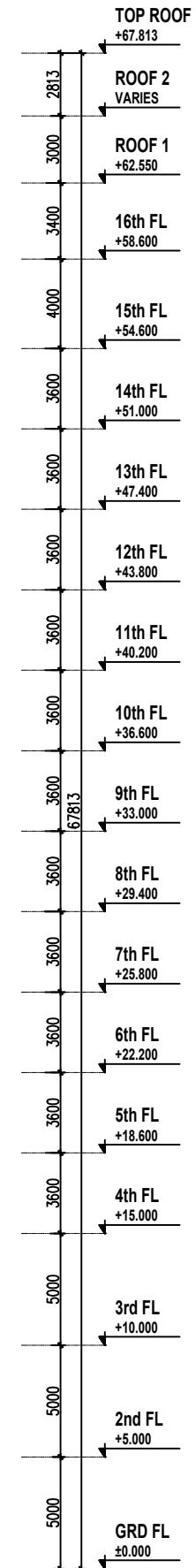
SKALA	KODE
1 : 300	ARS

NO. GAMBAR	TANGGAL
A07	



10
A-08

TAMPAK TIMUR LAUT
SCALE 1:300



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

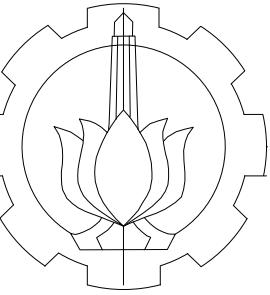
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TIMUR LAUT

SKALA	KODE
1 : 300	ARS

NO. GAMBAR	TANGGAL
A08	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

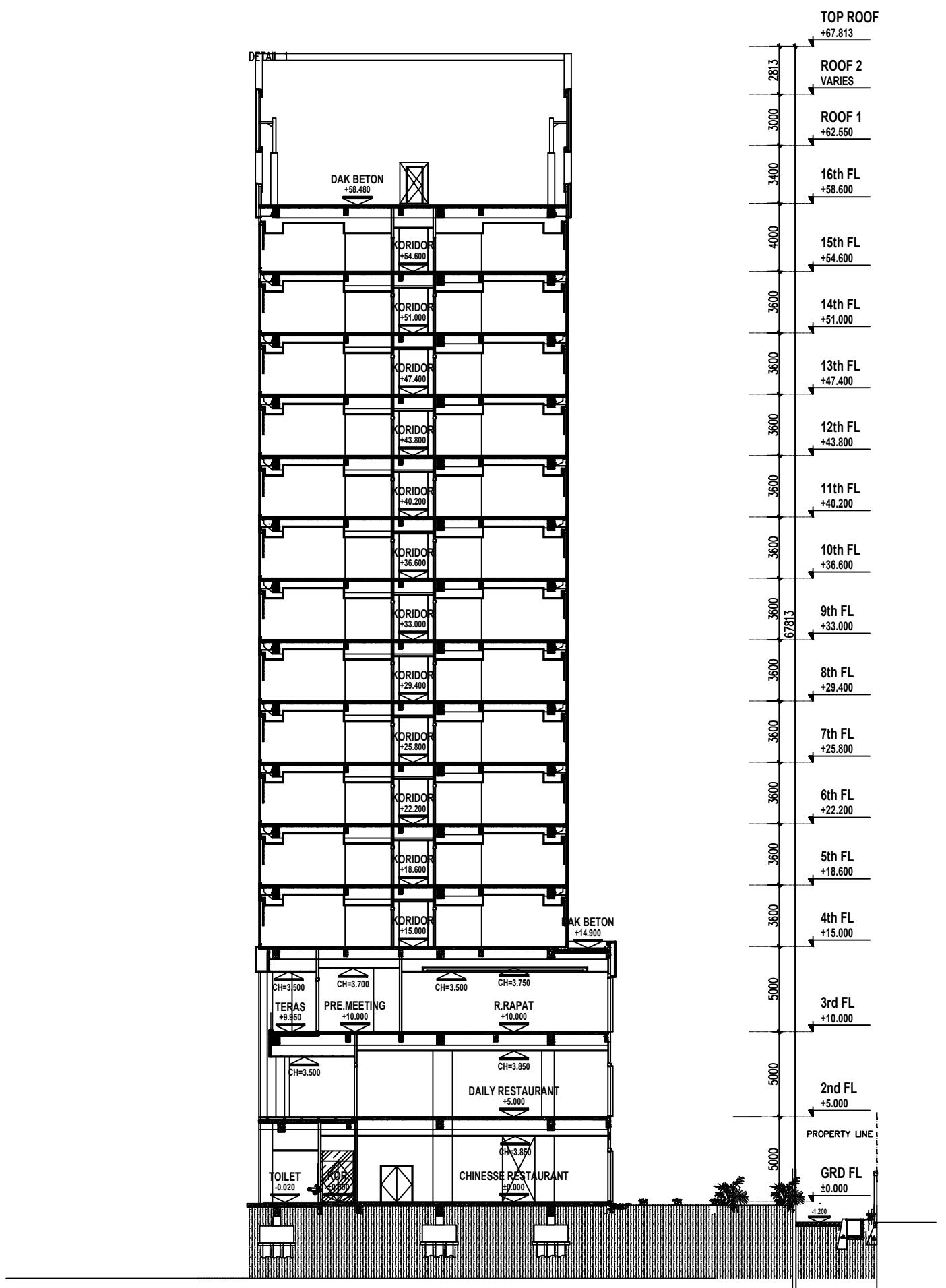
MUHAMMAD KHALMI AZIZ
NRP. 10111710013048

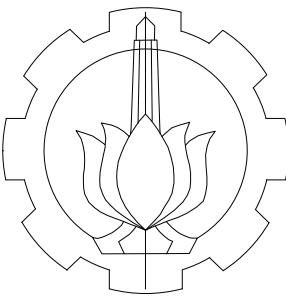
JUDUL GAMBAR

POTONGAN A

SKALA	KODE
1 : 300	ARS

NO. GAMBAR	TANGGAL
A09	





PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

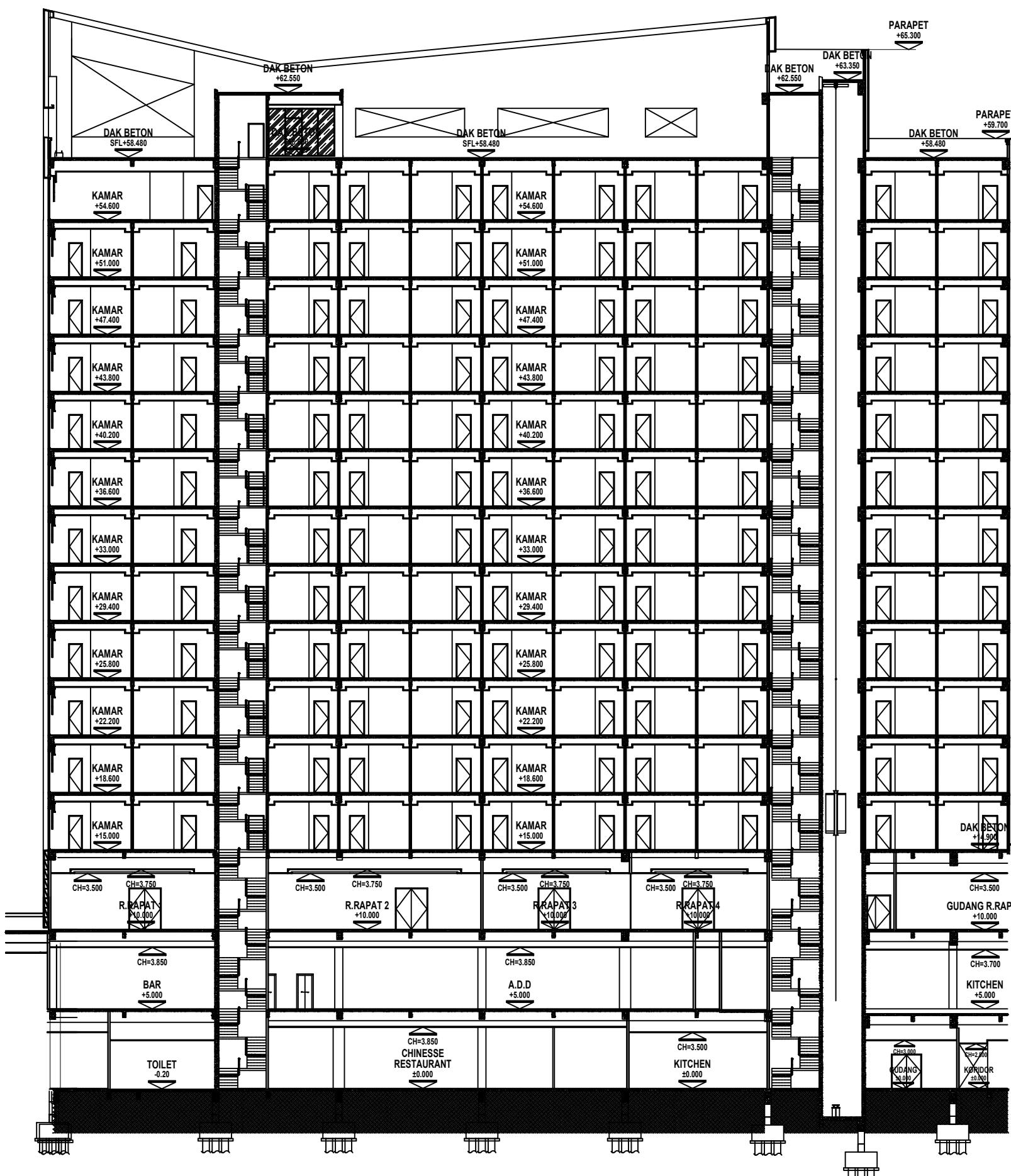
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

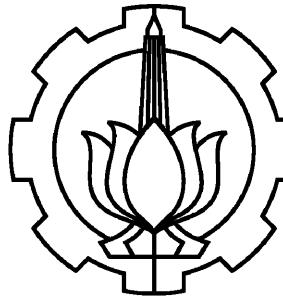
JUDUL GAMBAR

POTONGAN B

SKALA	KODE
1 : 300	ARS

NO. GAMBAR	TANGGAL
A10	





PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

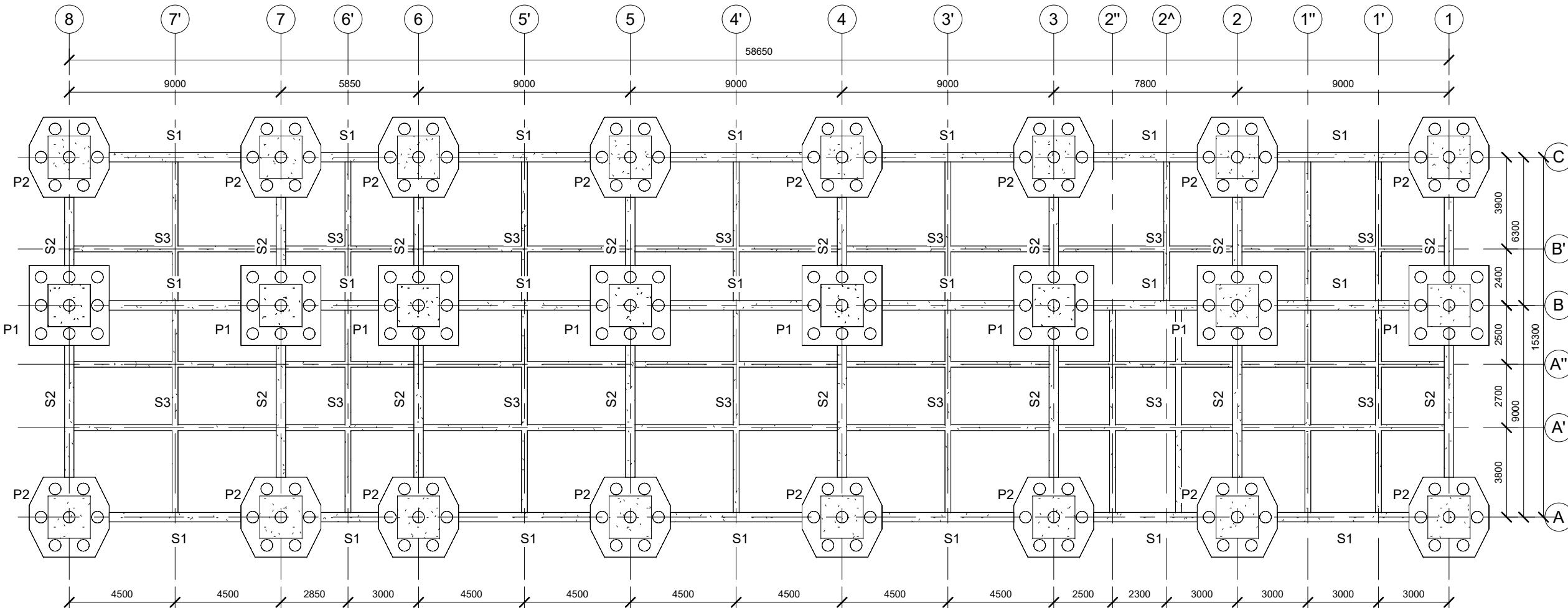
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI DAN SLOOF

1

1 : 200



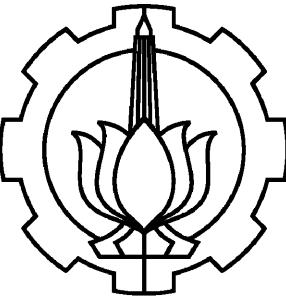
BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

CATATAN :

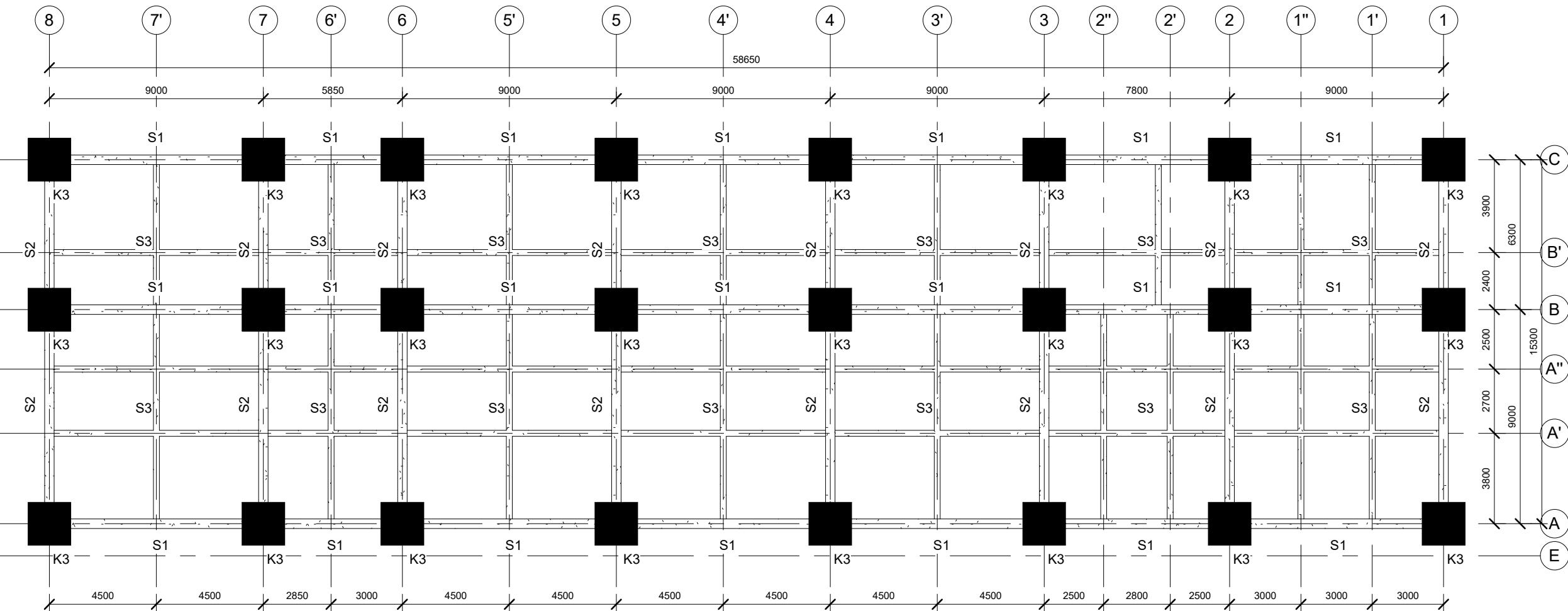
- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
S01	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN



DENAH KOLOM DAN SLOOF

1

1 : 200

BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

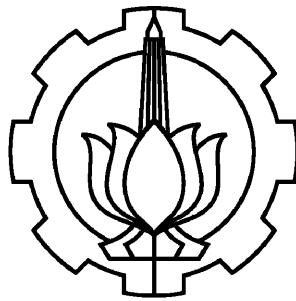
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN SLOOF

SKALA	KODE
1 : 200	STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
S02	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

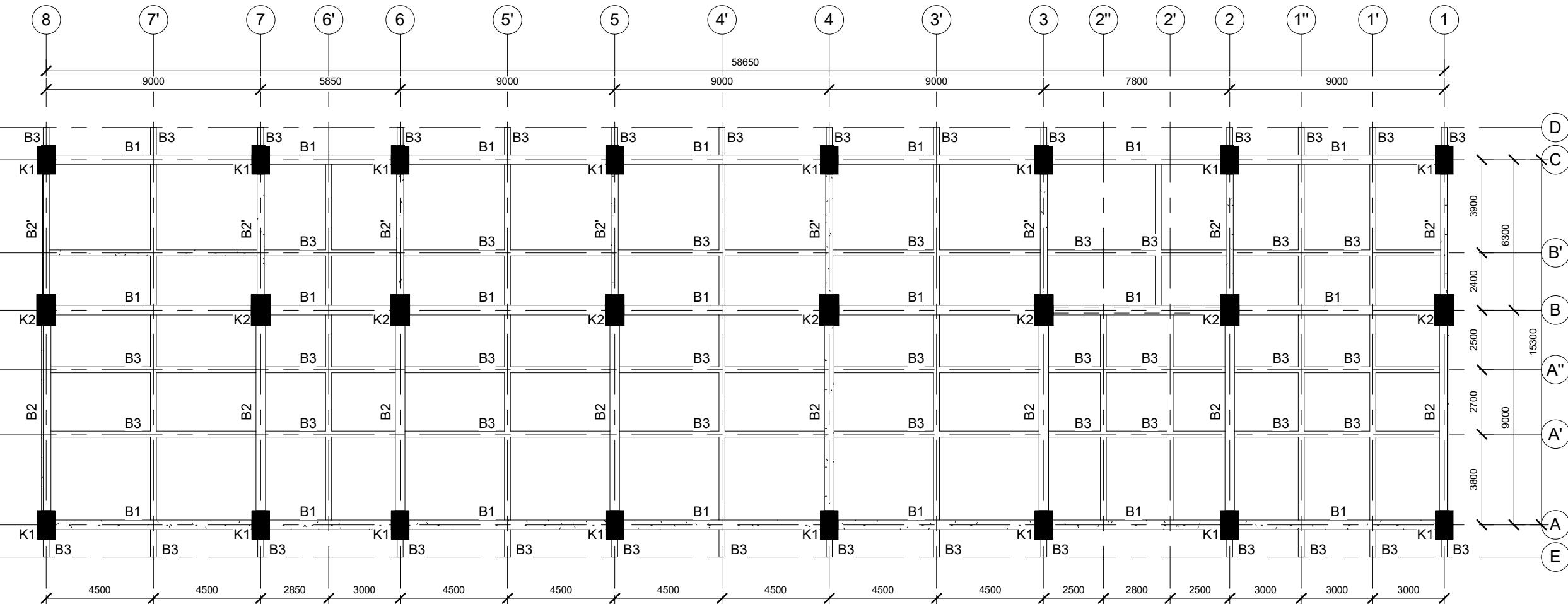
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 2

1

1 : 200



DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 2

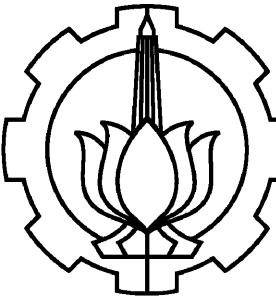
BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
S03	



**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021**

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION LEAD RUBBER BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 3

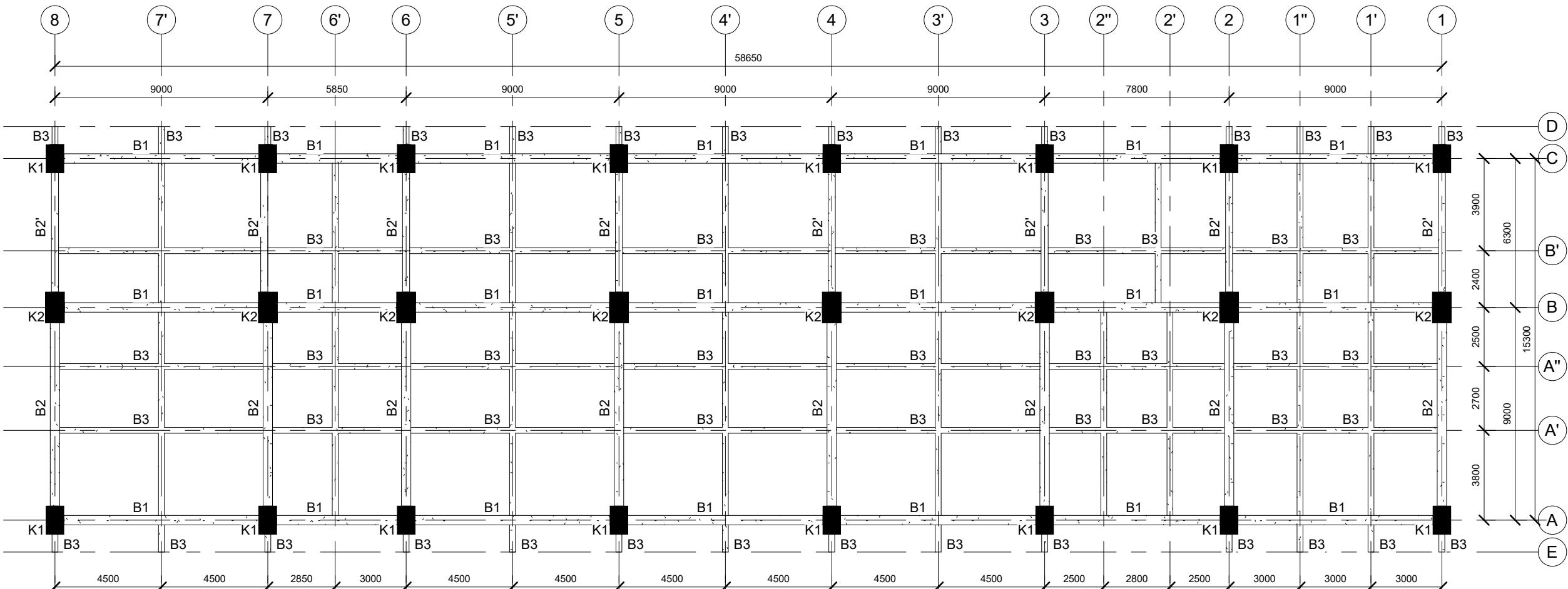
BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f_c'=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f_c'=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

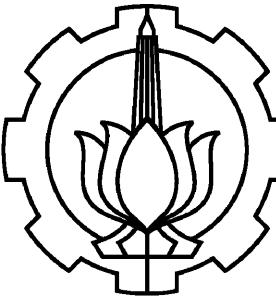
TAN :
 nsi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
 angan elevasi memakai satuan meter
 beton untuk balok dipakai $f_c' = 30$ MPa
 beton untuk kolom dipakai $f_c' = 33,25$ MPa
 besi ulir dipakai $f_y = 400$ MPa
 besi pelas dipakai $f_y = 240$ MPa



DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 3

1 : 200

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S04	



**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021**

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION LEAD RUBBER BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 4-15

BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

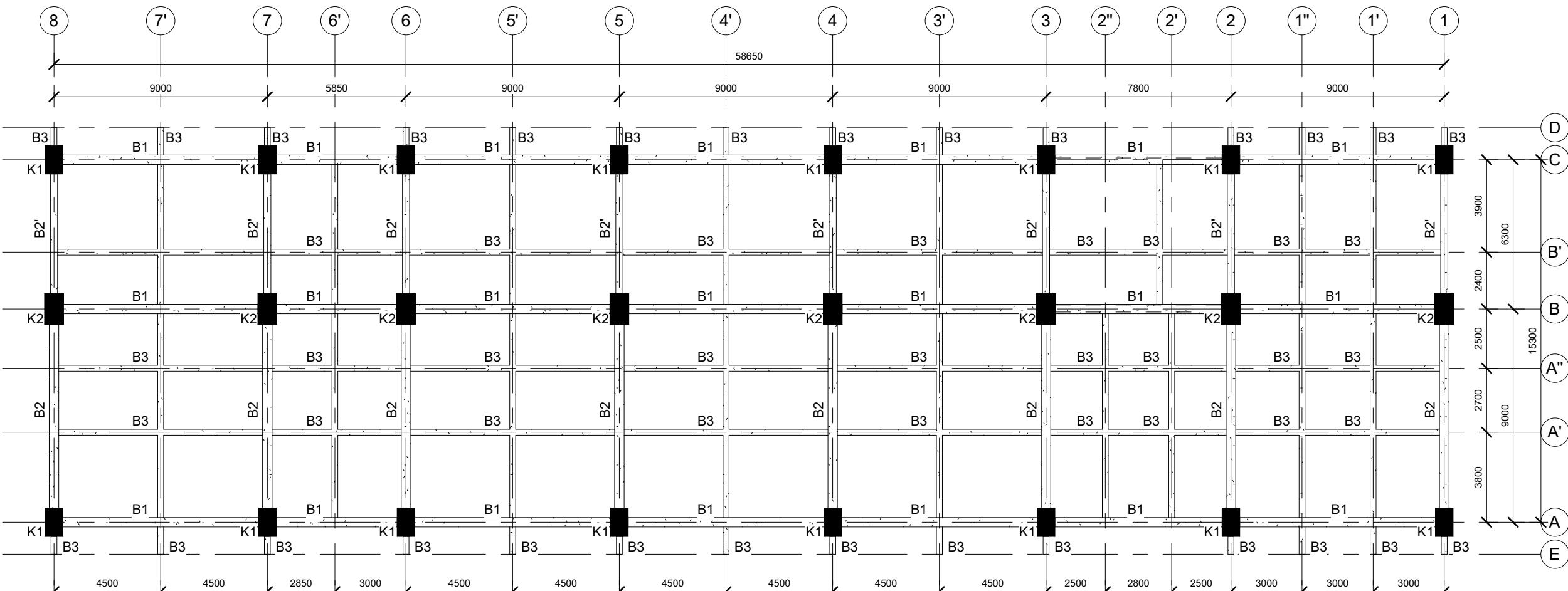
CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f_c'=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f_c'=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

keterangan gambar memakai satuan milimeter
levasi memakai satuan meter
untuk balok dipakai $f_c' = 30 \text{ MPa}$
untuk kolom dipakai $f_c' = 33,25 \text{ MPa}$
air dipakai $f_v = 400 \text{ MPa}$

CATATAN :

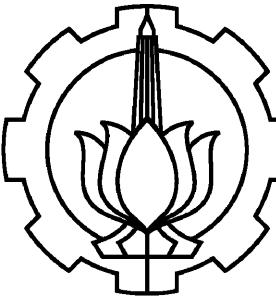
- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f_c' = 33,25 \text{ MPa}$
- Mutu besi ulir dipakai $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Mutu besi polos dipakai $f_y = 240 \text{ MPa}$



DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 4-15

1 : 200

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S05	



**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021**

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION LEAD RUBBER BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 16

BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

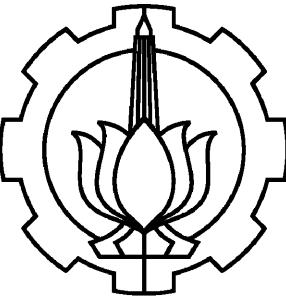
CATATAN

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
 - Keterangan elevasi memakai satuan meter
 - Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=30$ MPa
 - Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
 - Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
 - Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

1 : 200

1 : 200

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S06	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

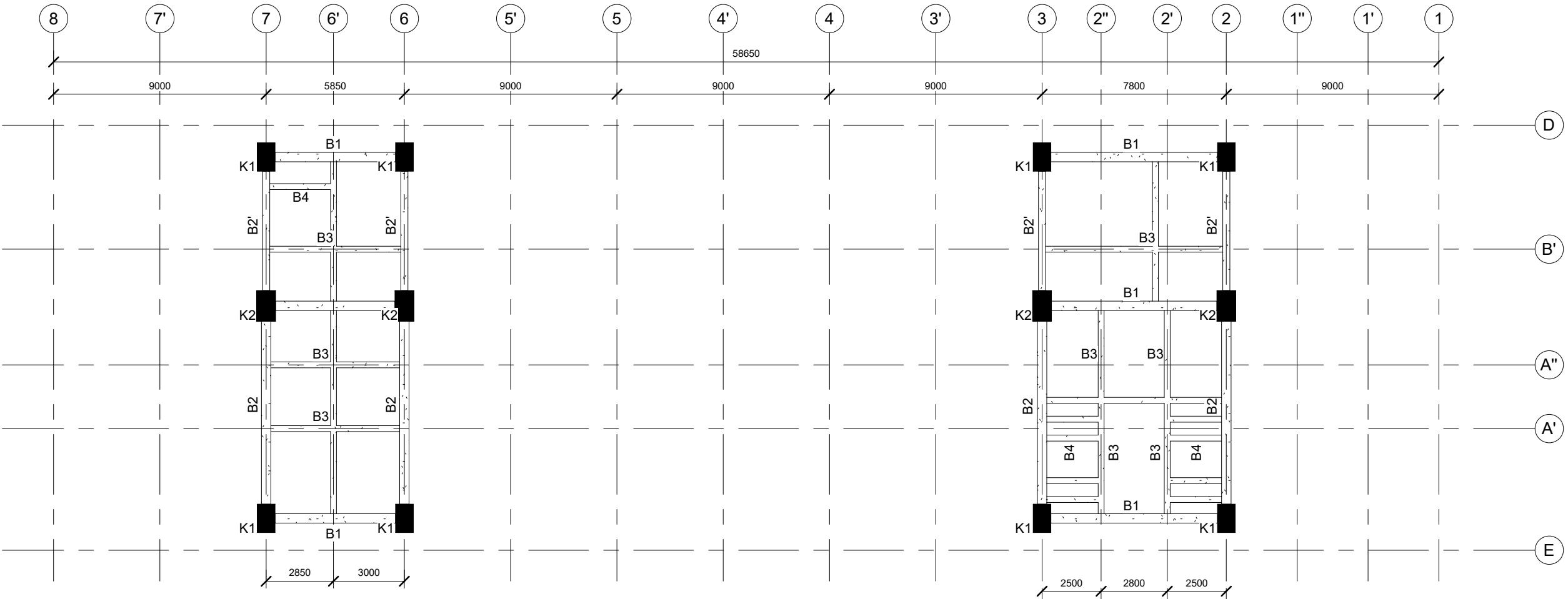
JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN BALOK LT. ATAP

1

DENAH KOLOM DAN BALOK LT. ATAP

1 : 200



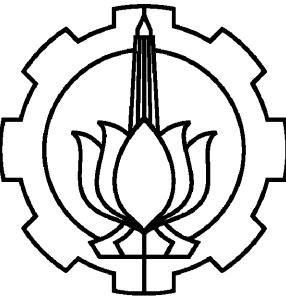
BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
S07	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

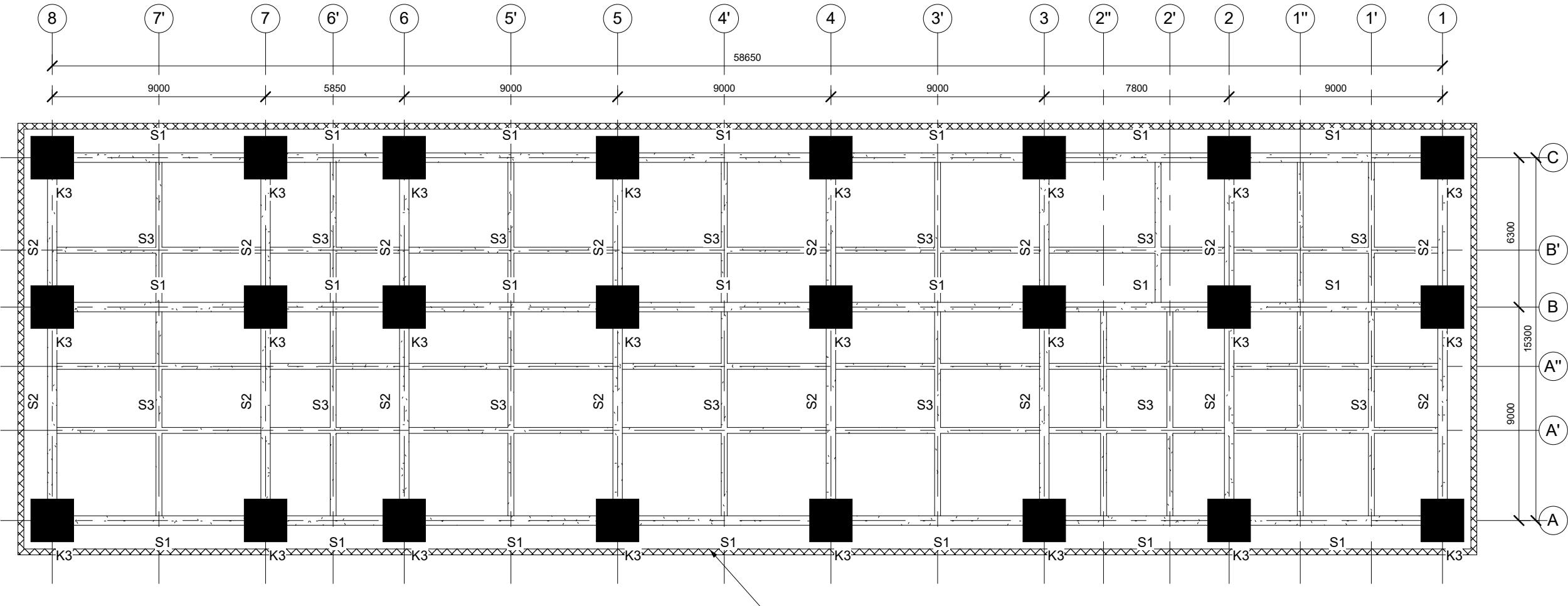
DENAH DINDING PENAHAN TANAH

1

DENAH DINDING PENAHAN TANAH

1 : 200

Dinding Penahan Tanah t=25cm



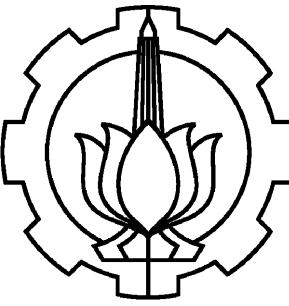
BEAM LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 800
2	B2	400 x 750
3	B2'	300 x 650
4	B3	250 x 600
5	B4	250 x 500

COLUMN LIST		
NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	K1	1200 x 750
2	K2	1300 x 800
3	K3	1300 x 1300

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=30$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
S08	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

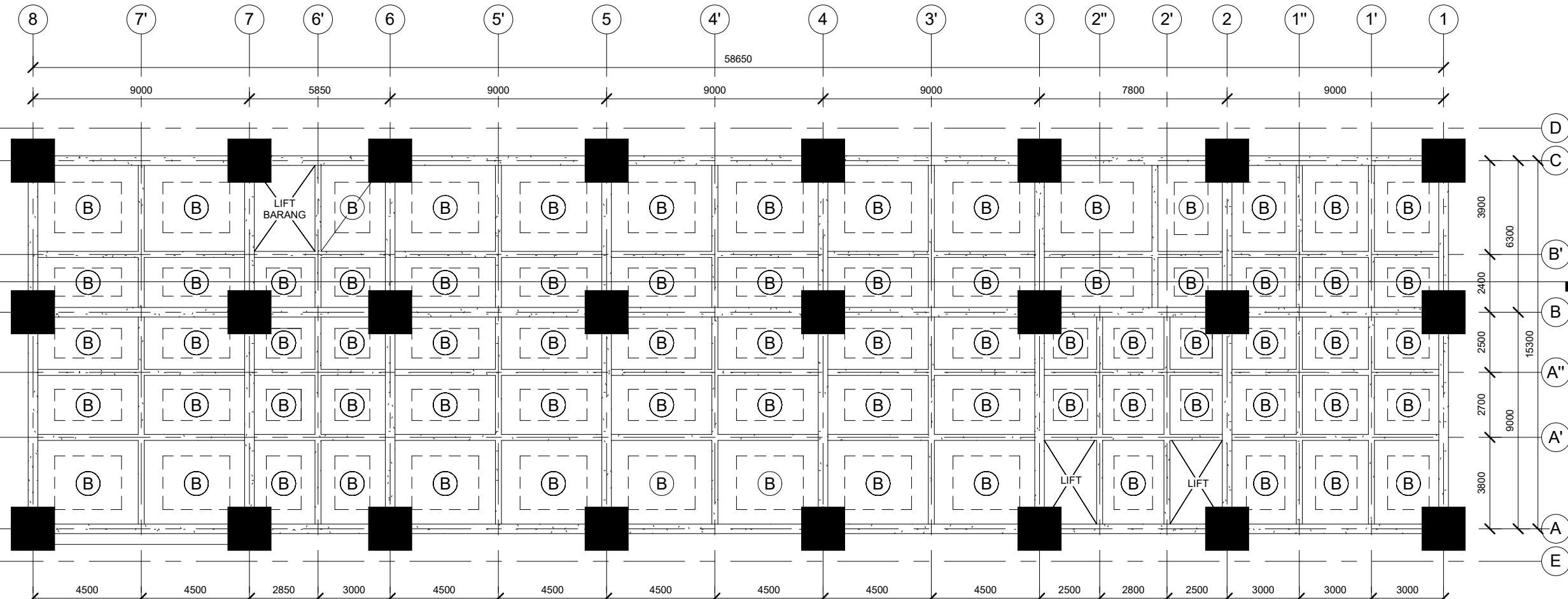
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT BASEMENT

1

1 : 200

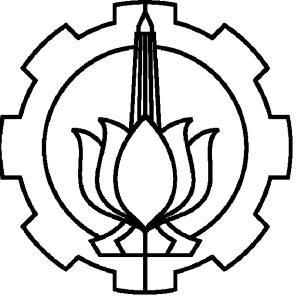


SLAB LIST		
NO	TIPE	TEBAL (mm)
1	A	120
2	B	250
3	C	100

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=29,05$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S09	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

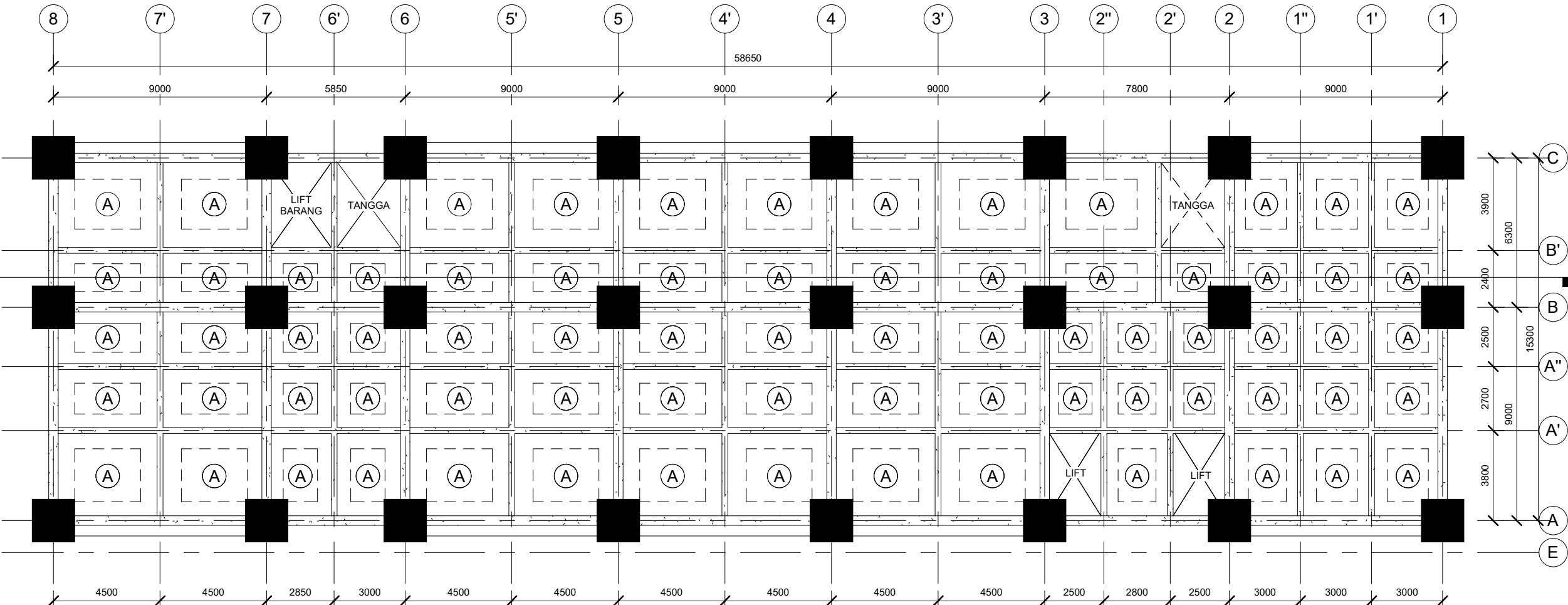
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT. 1

DENAH PELAT LT. 1

1 : 200

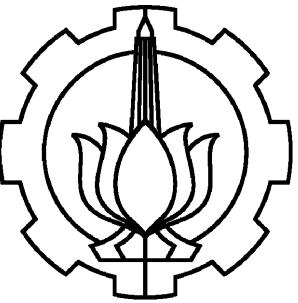


SLAB LIST		
NO	TIPE	TEBAL (mm)
1	A	120
2	B	250
3	C	100

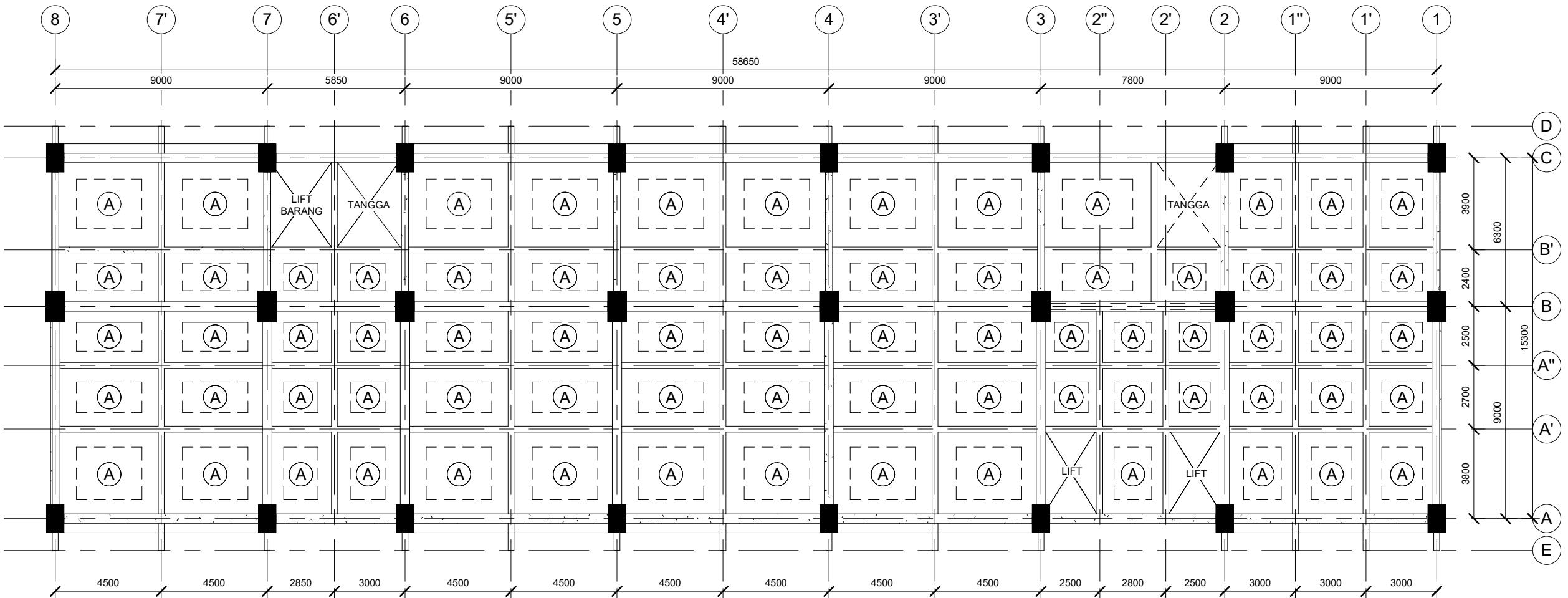
CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f_c' = 29,05 \text{ MPa}$
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f_c' = 33,25 \text{ MPa}$
- Mutu besi ulir dipakai $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Mutu besi polos dipakai $f_y = 240 \text{ MPa}$

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S10	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021



DENAH PELAT LT. 2

1

1 : 200

SLAB LIST		
NO	TIPE	TEBAL (mm)
1	A	120
2	B	250
3	C	100

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f_c' = 29,05 \text{ MPa}$
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f_c' = 33,25 \text{ MPa}$
- Mutu besi ulir dipakai $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Mutu besi polos dipakai $f_y = 240 \text{ MPa}$

PROYEK AKHIR TERAPAN
DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

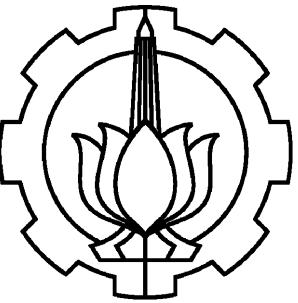
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT. 2

SKALA	KODE
1 : 200	STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
S11	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

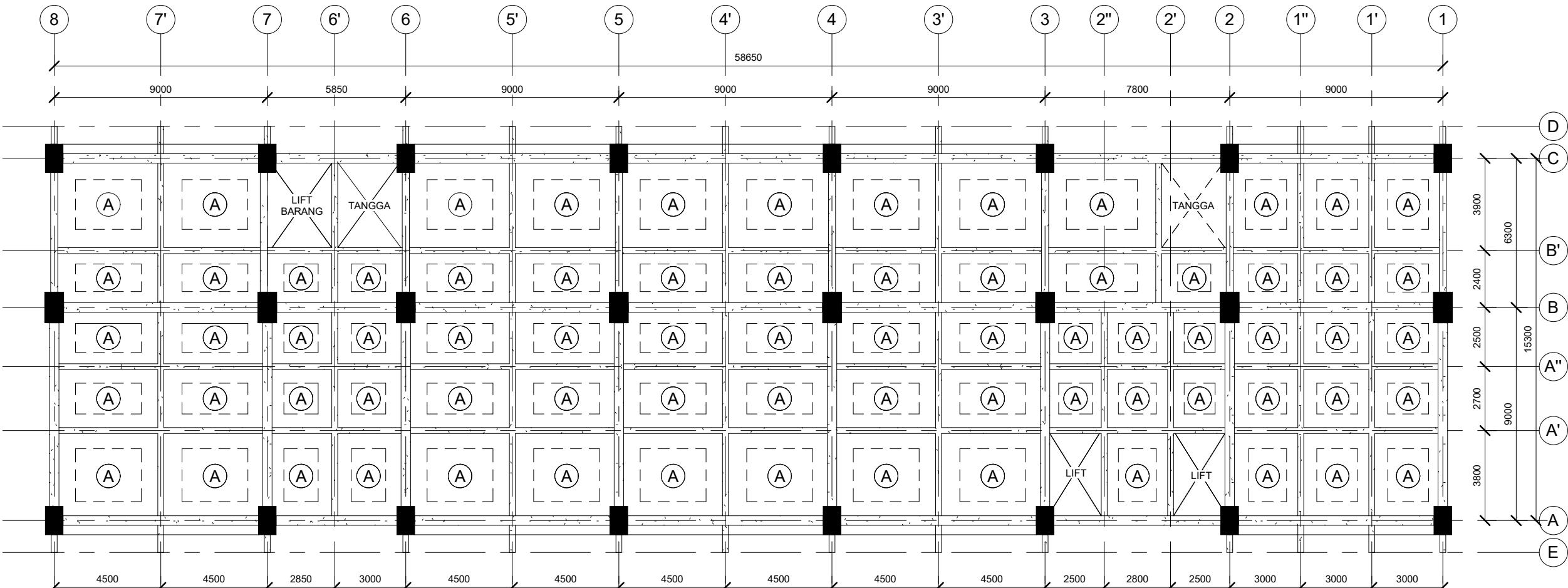
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT. 3

1 DENAH PELAT LT. 3
1 : 200

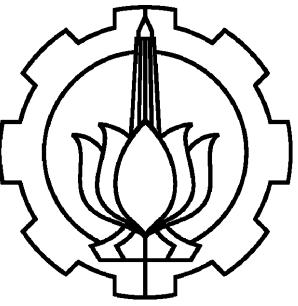


SLAB LIST		
NO	TIPE	TEBAL (mm)
1	A	120
2	B	250
3	C	100

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f_c'=29,05$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f_c'=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S12	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

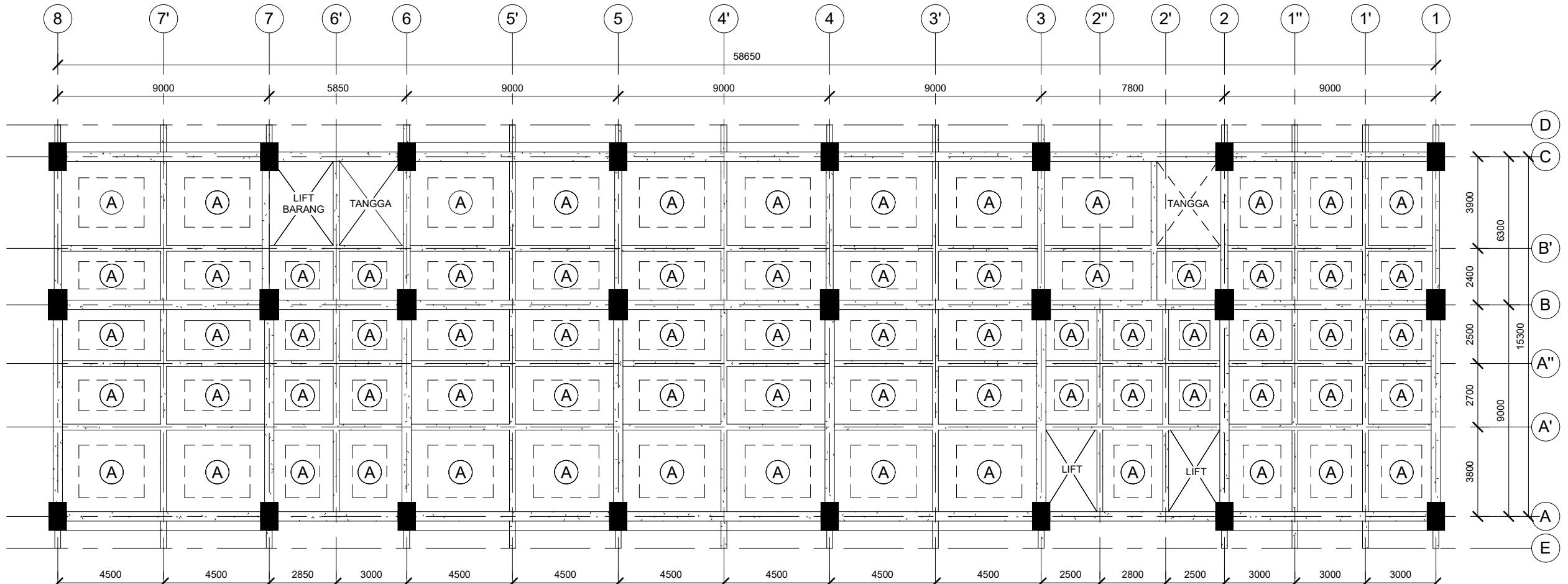
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT. 4-15



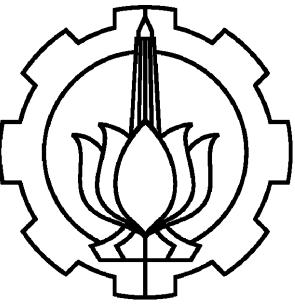
DENAH PELAT LT. 4-15
1 : 200

SLAB LIST		
NO	TIPE	TEBAL (mm)
1	A	120
2	B	250
3	C	100

CATATAN :

- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=29,05$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA	KODE
1 : 200	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S13	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

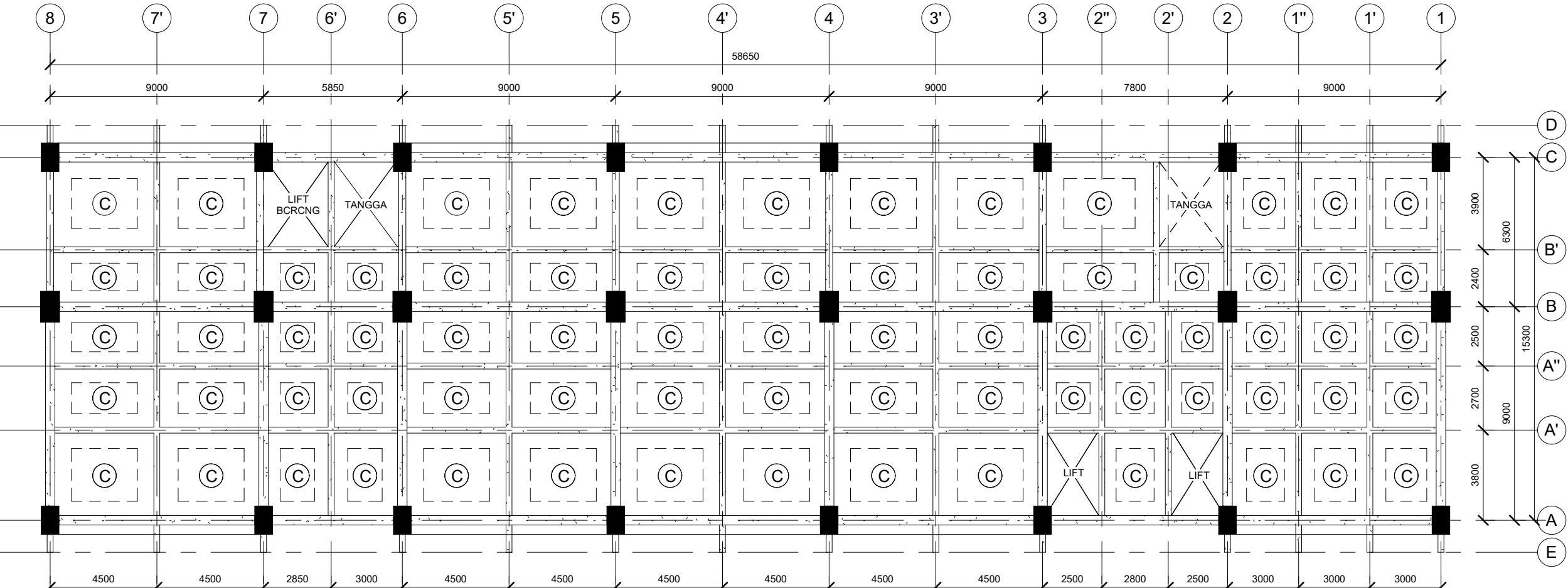
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT. ATAP



DENAH PELAT LT. ATAP

1 : 200

1

SLAB LIST		
NO	TIPE	TEBAL (mm)
1	A	120
2	B	250
3	C	100

CATATAN :

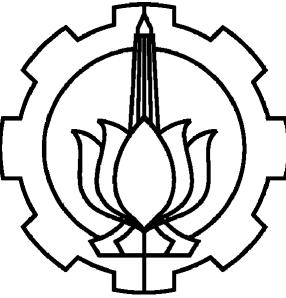
- Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan milimeter
- Keterangan elevasi memakai satuan meter
- Mutu beton untuk balok dipakai $f'_c=29,05$ MPa
- Mutu beton untuk kolom dipakai $f'_c=33,25$ MPa
- Mutu besi ulir dipakai $f_y=400$ MPa
- Mutu besi polos dipakai $f_y=240$ MPa

SKALA | KODE

1 : 200 | STR

NO. GAMBAR | TANGGAL

S14



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

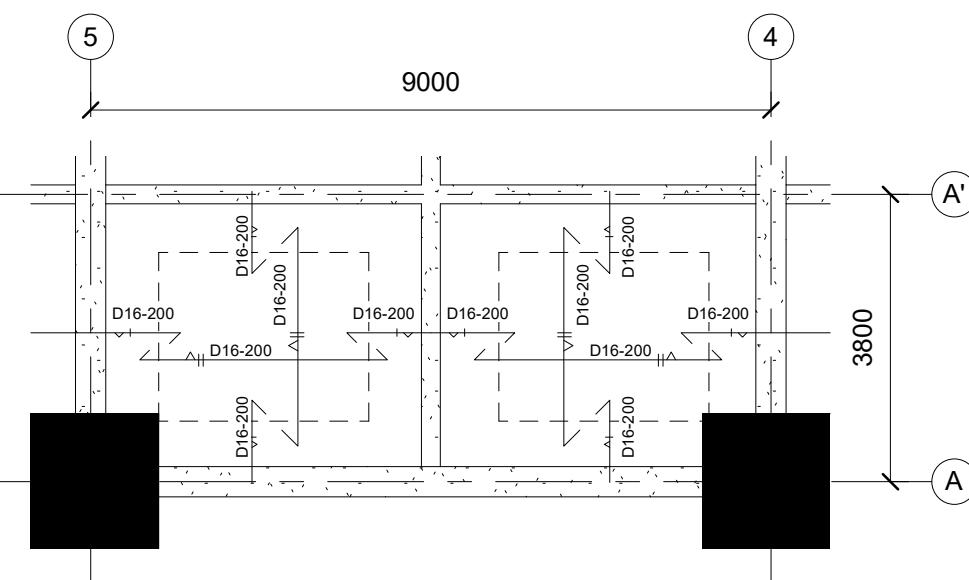
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

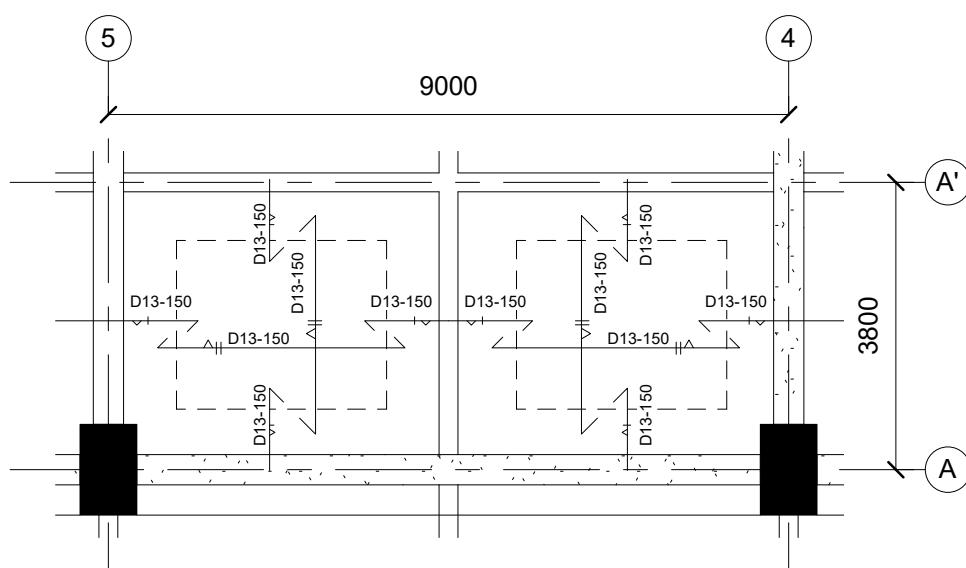
DETAIL PENULANGAN PELAT

SKALA	KODE
1 : 100	STR

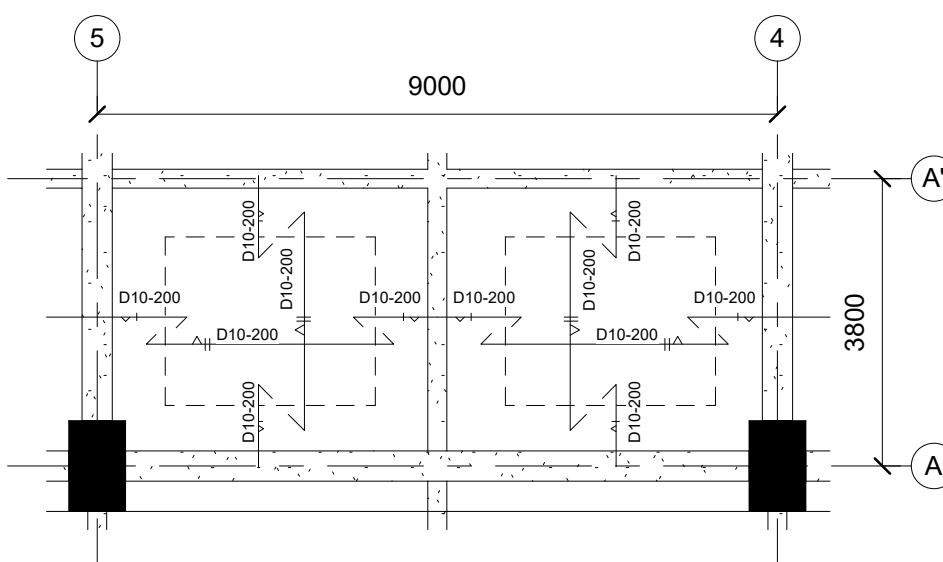
NO. GAMBAR	TANGGAL
S15	



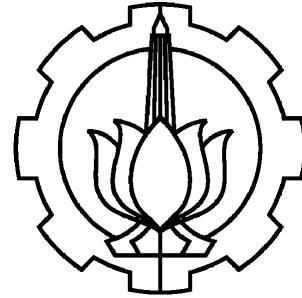
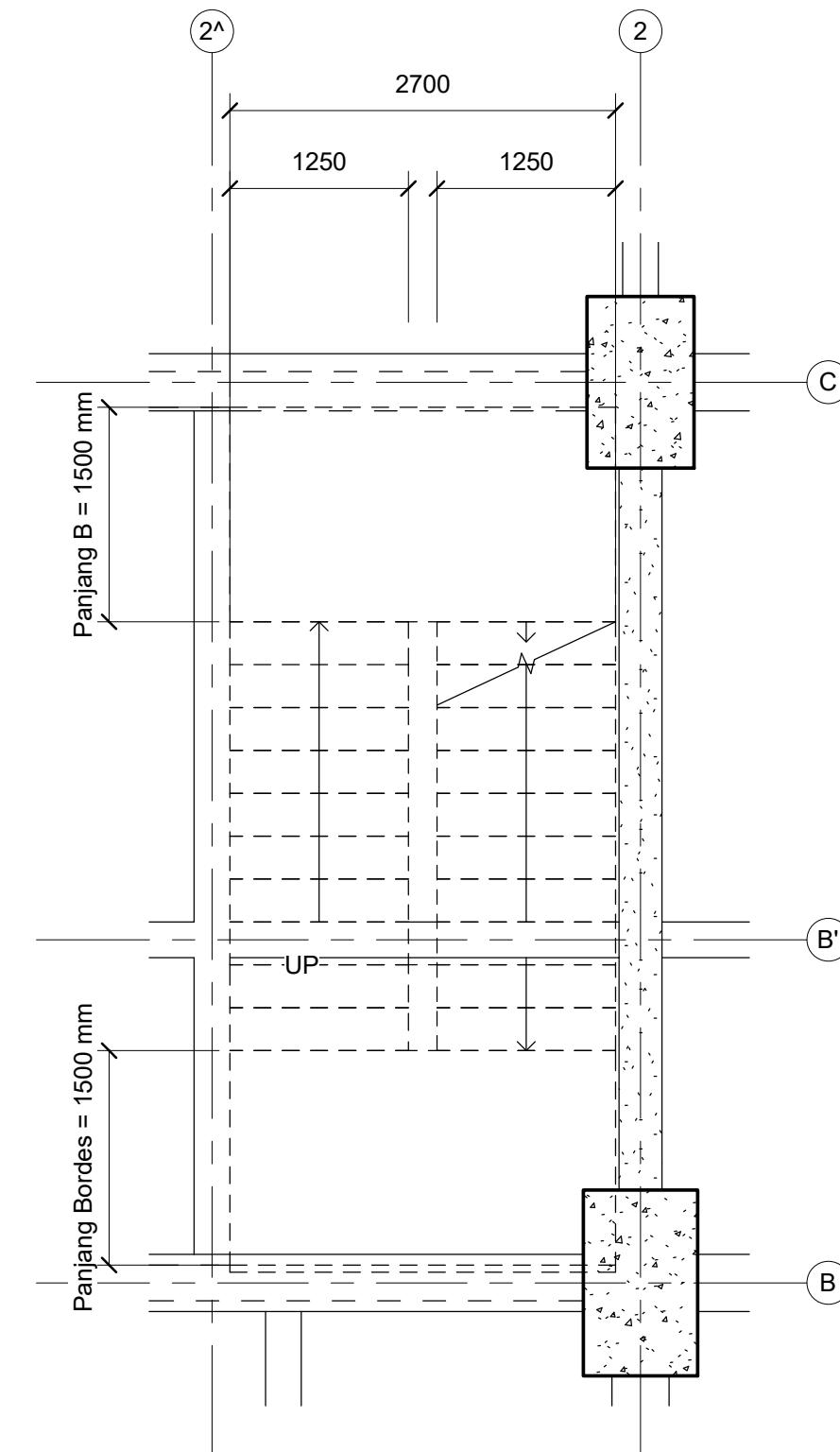
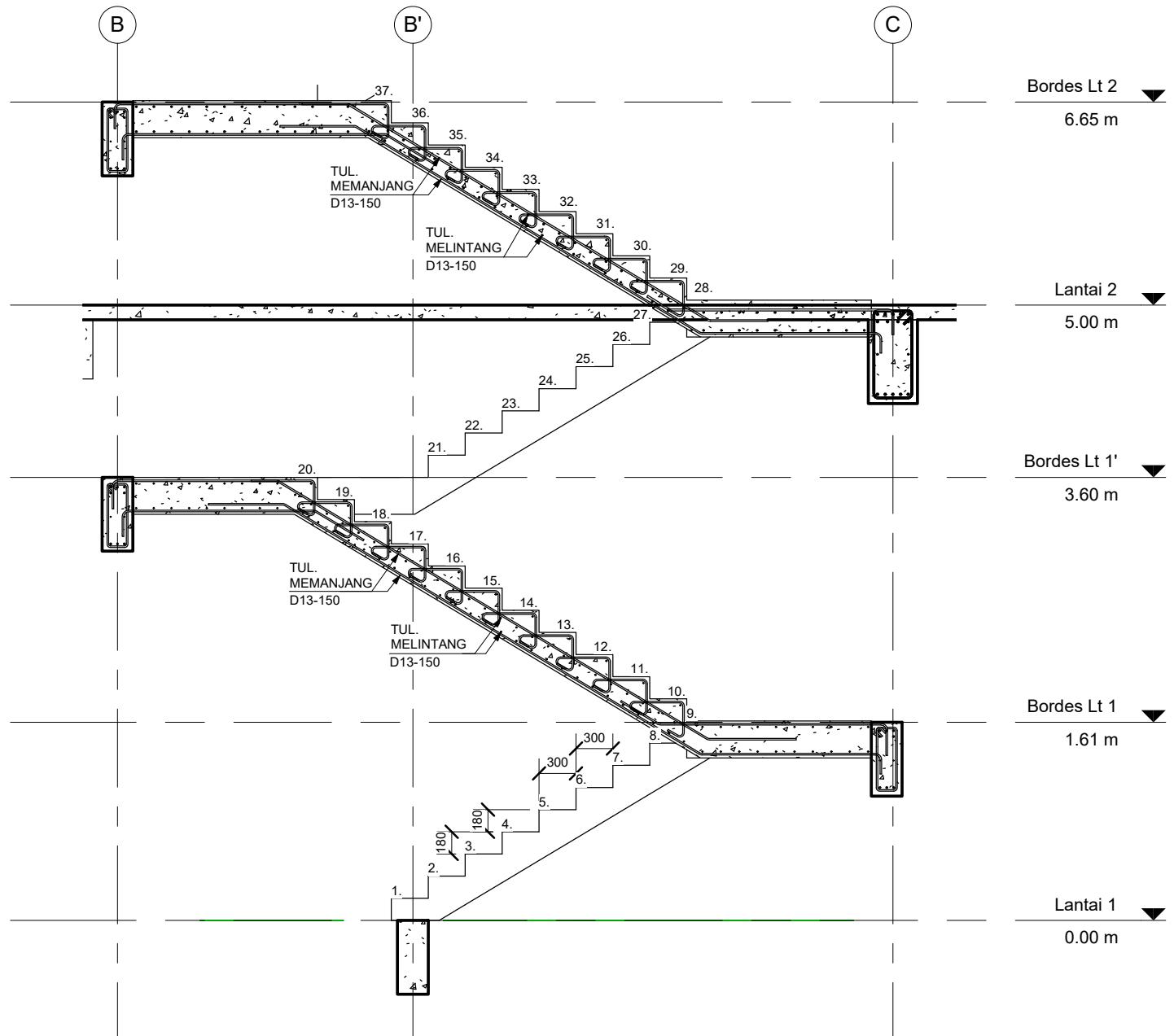
1 PENULANGAN PELAT TIPE B
1 : 100



2 PENULANGAN PELAT TIPE A
1 : 100



3 PENULANGAN PELAT TIPE C
1 : 100



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

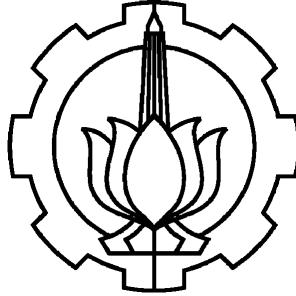
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA TIPE A

SKALA	KODE
1 : 50	STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
S16	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

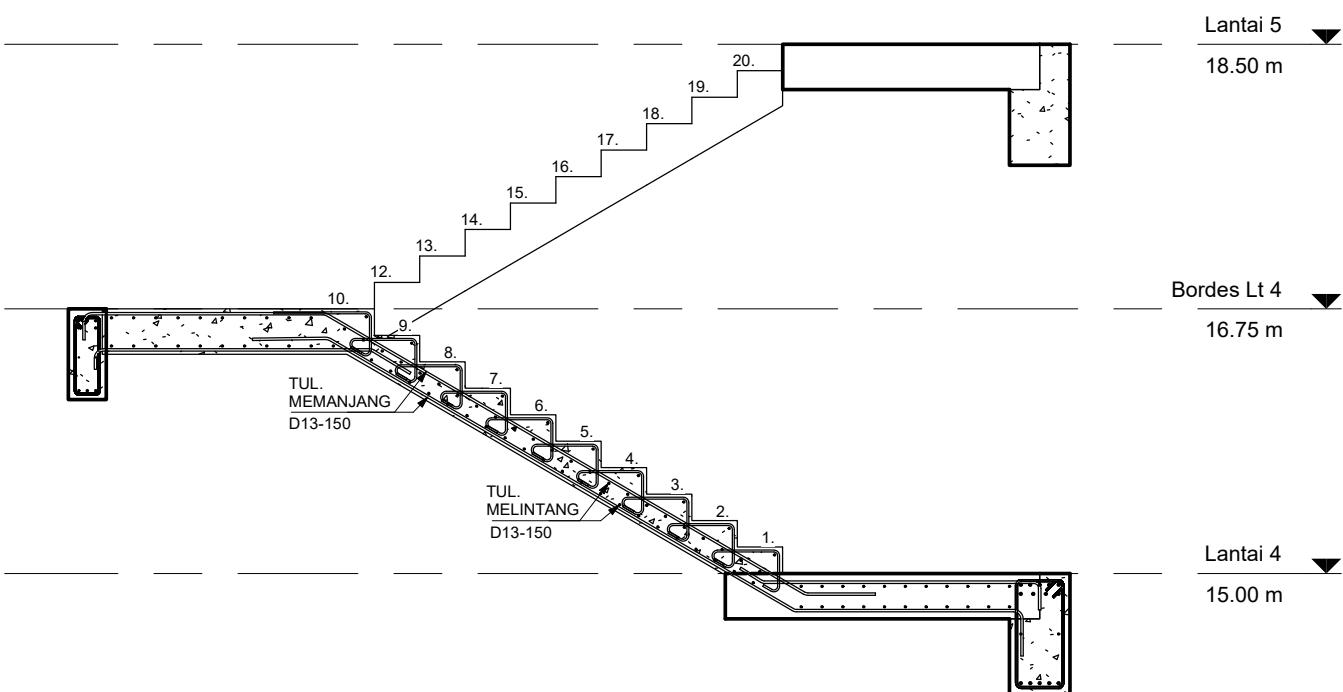
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA TIPE B

SKALA	KODE
1 : 50	STR

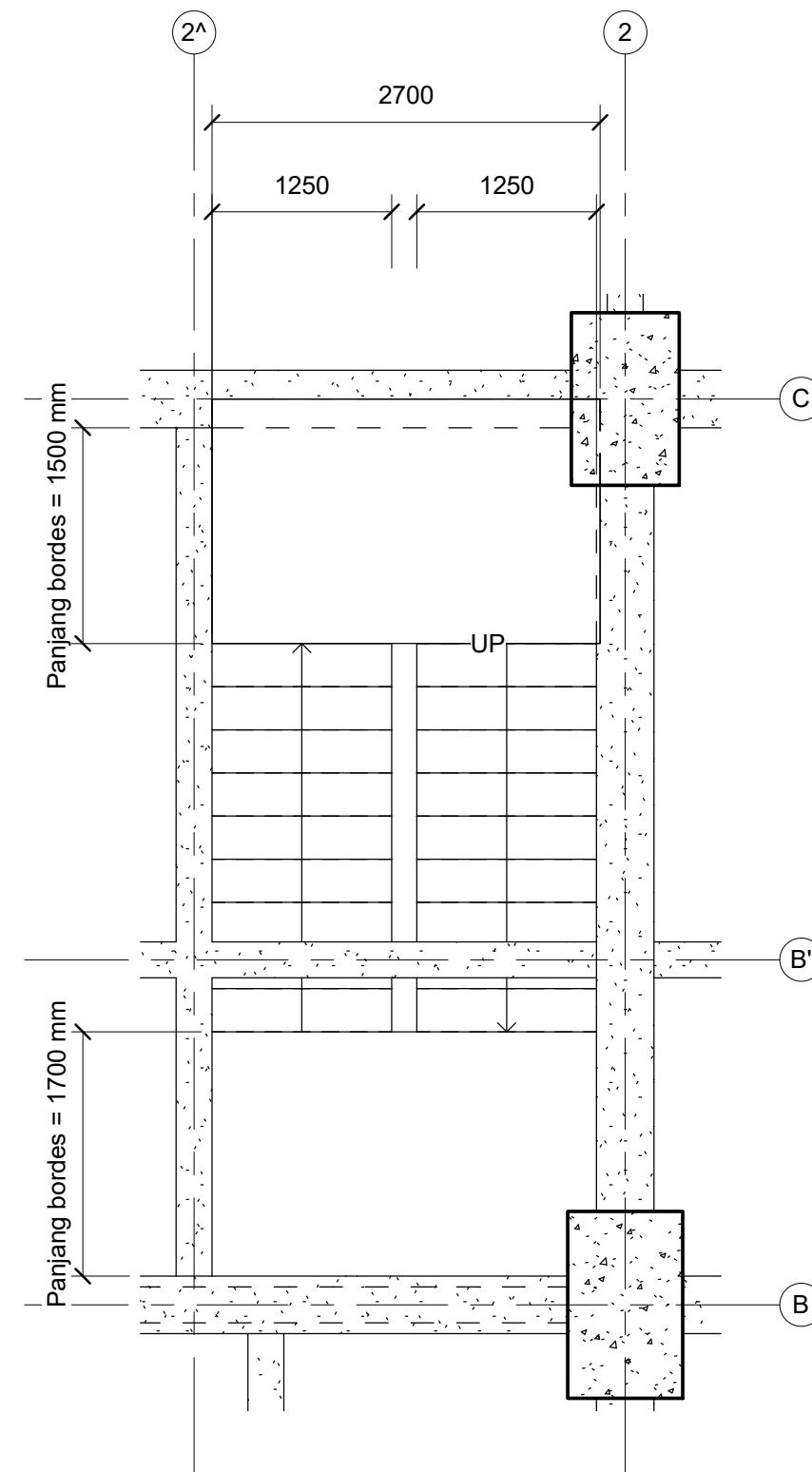
NO. GAMBAR	TANGGAL
S17	



2

DETAIL PENULANGAN TANGGA TIPE B

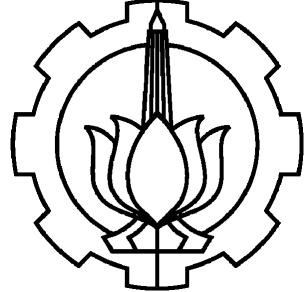
1 : 50



1

DENAH TANGGA TIPE B

1 : 50



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

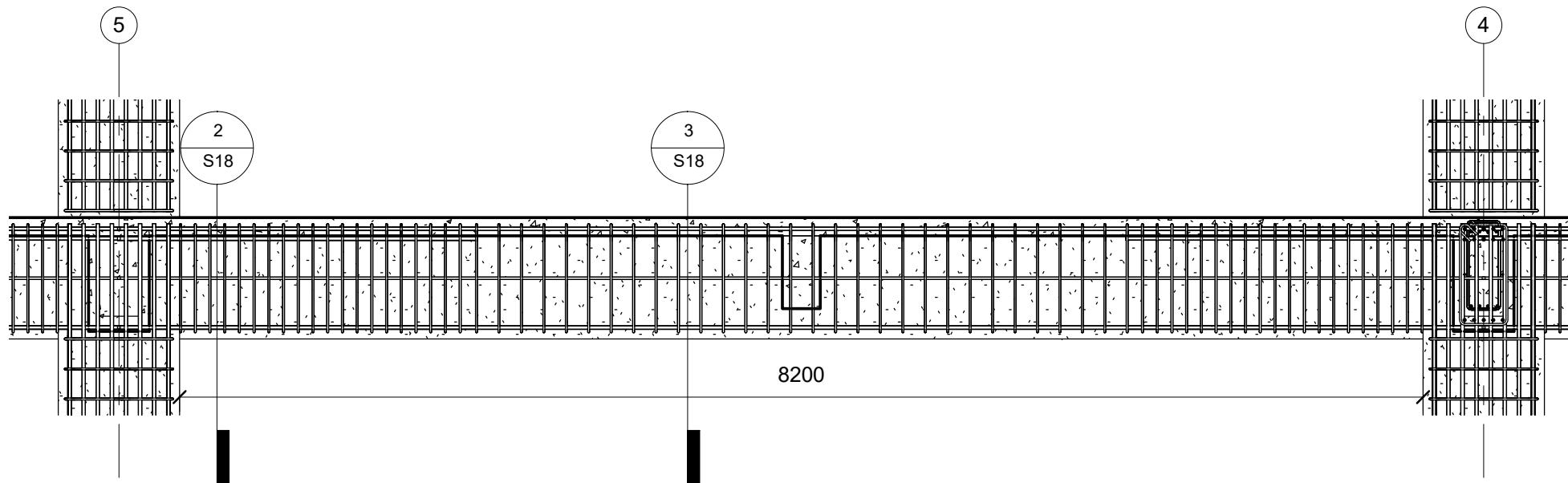
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

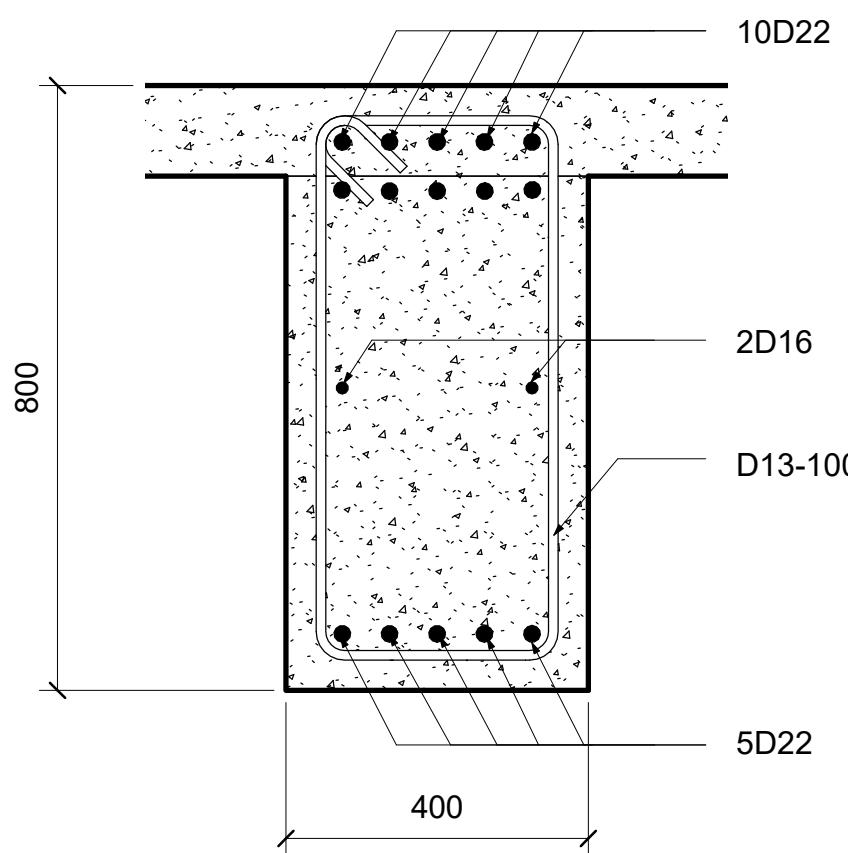
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B1

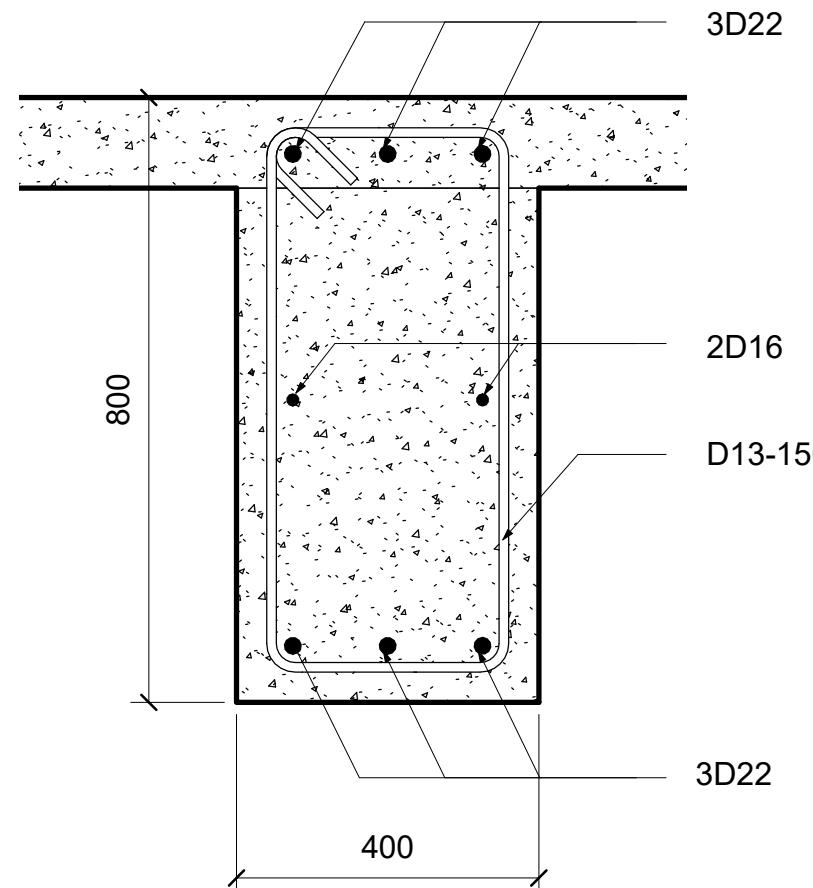
SKALA	KODE
As indicated	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S18	



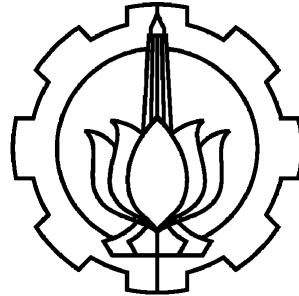
1 PENULANGAN BALOK B1
1 : 40



2 POTONGAN TUMPUAN B1
1 : 10



3 POTONGAN LAPANGAN B1
1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

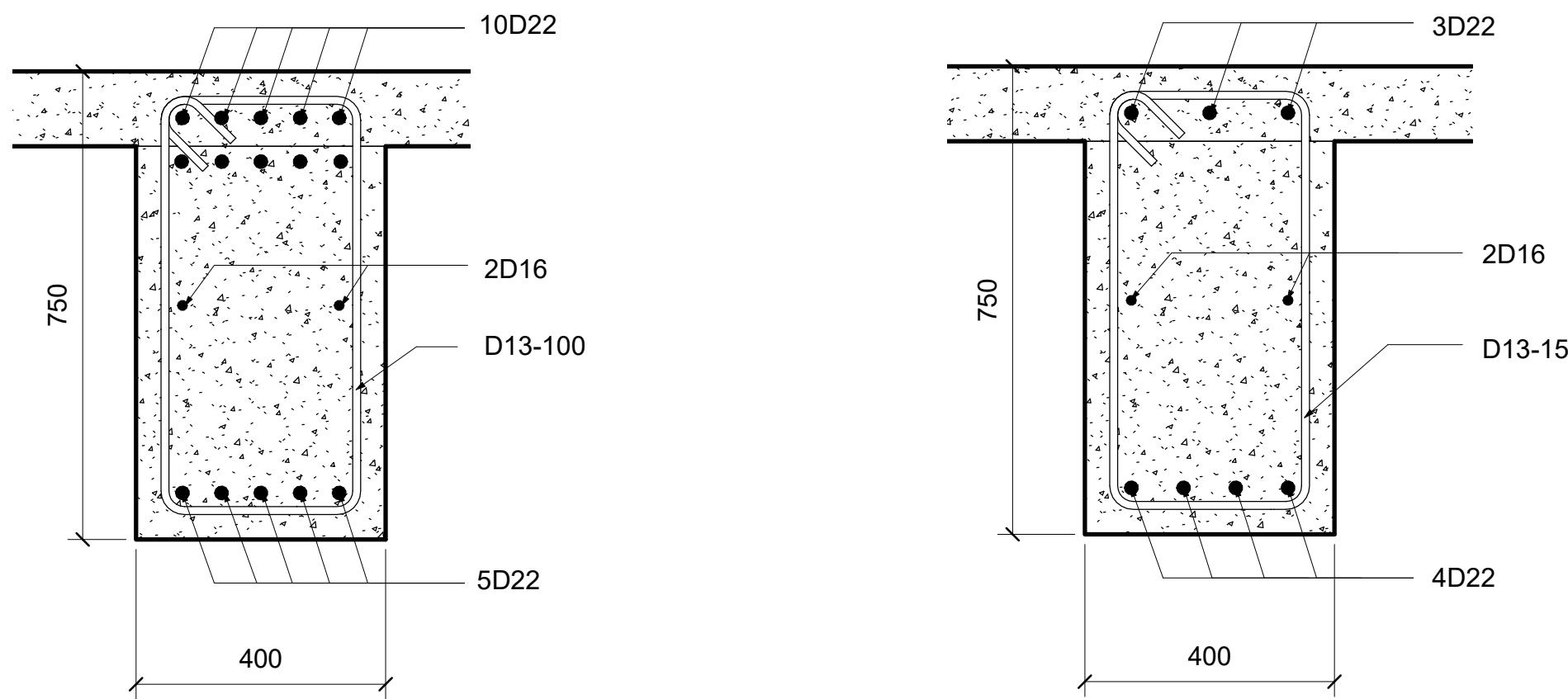
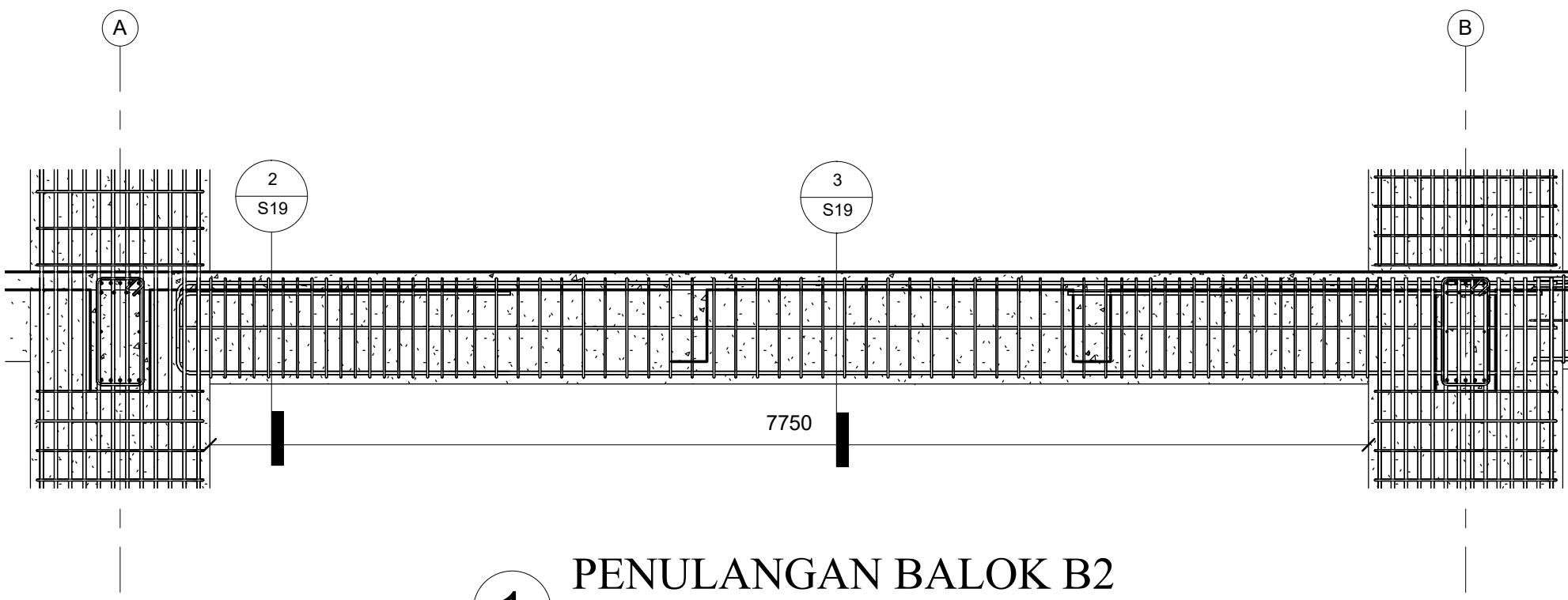
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B2

SKALA	KODE
As indicated	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S19	

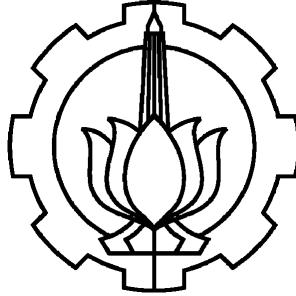


POTONGAN TUMPUAN B2

1 : 10

POTONGAN LAPANGAN B2

1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

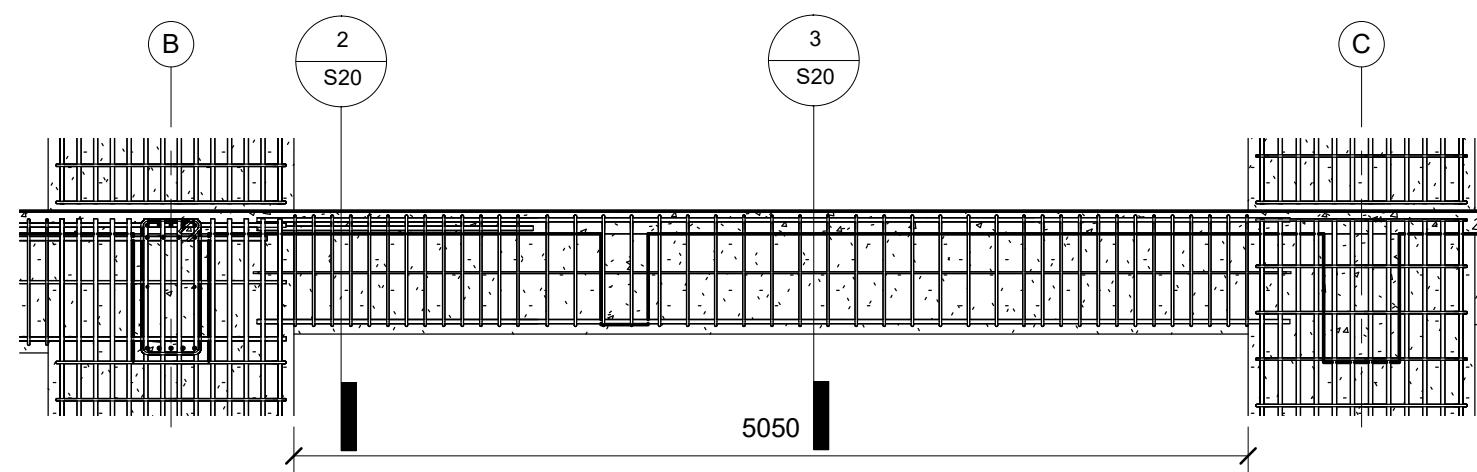
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B2'

SKALA	KODE
As indicated	STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
S20	



PENULANGAN BALOK B2'

1

1 : 40



POTONGAN TUMPUAN B2'

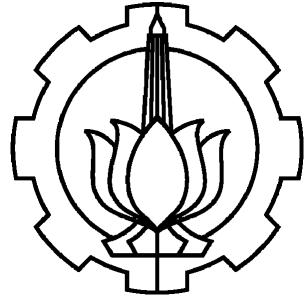
2

1 : 10

POTONGAN LAPANGAN B2'

3

1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

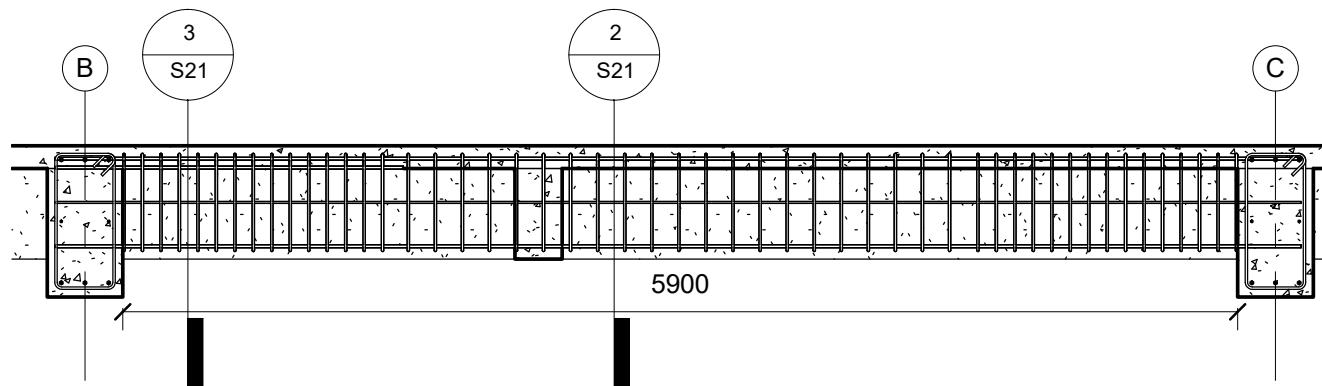
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

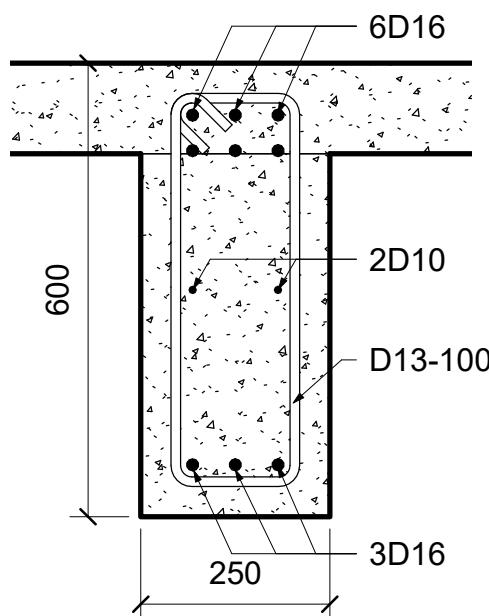
DETAIL PENULANGAN BALOK B3

SKALA	KODE
As indicated	STR

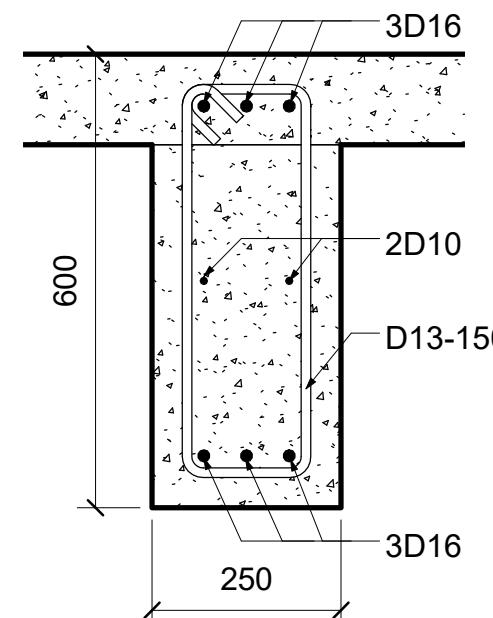
NO. GAMBAR	TANGGAL
S21	



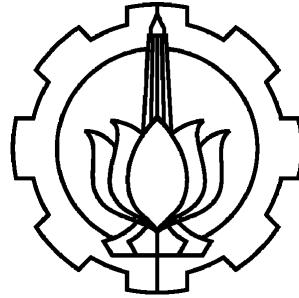
1 PENULANGAN BALOK B3
1 : 40



3 POTONGAN TUMPUAN B3
1 : 10



2 POTONGAN LAPANGAN B3
1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

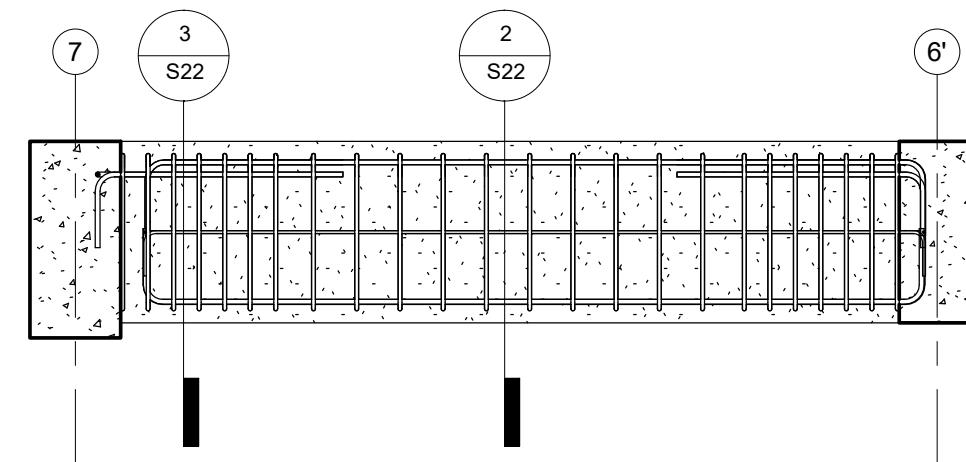
DETAIL PENULANGAN BALOK B4

SKALA | KODE

As indicated | STR

NO. GAMBAR | TANGGAL

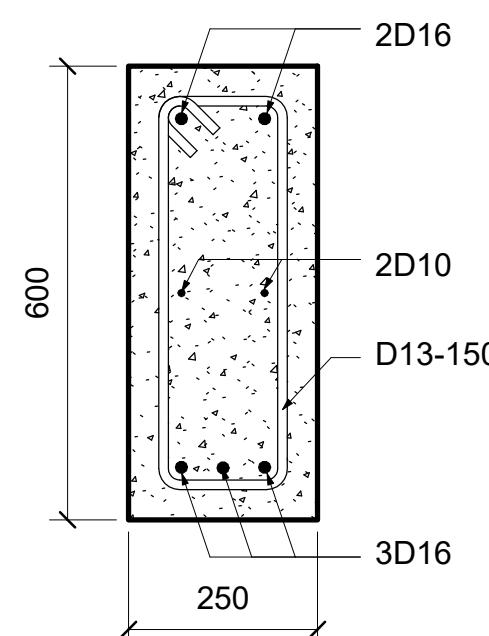
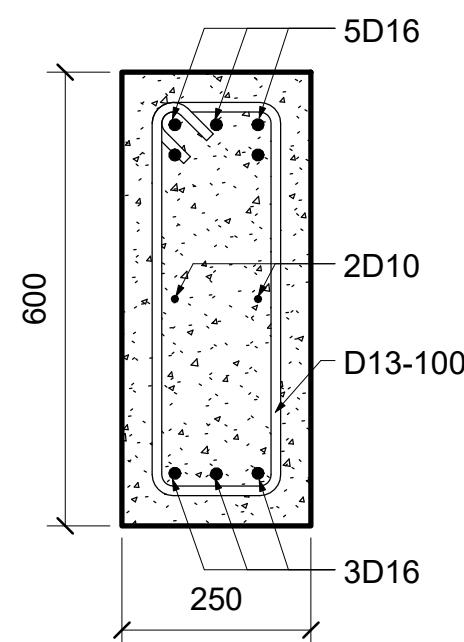
S22



PENULANGAN BALOK B4

1

1 : 25



POTONGAN TUMPUAN B4

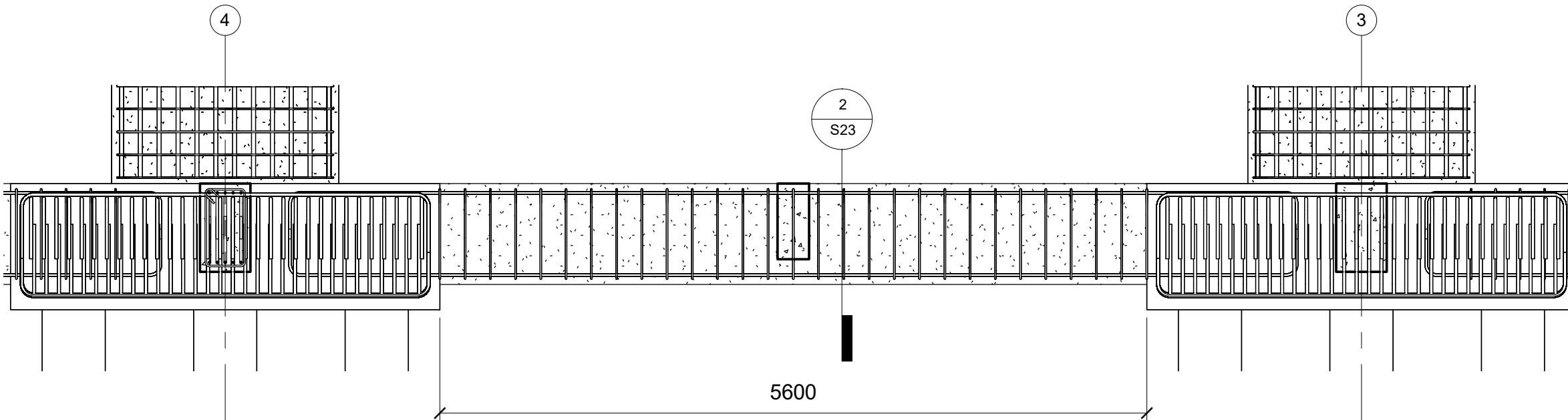
3

1 : 10

POTONGAN LAPANGAN B4

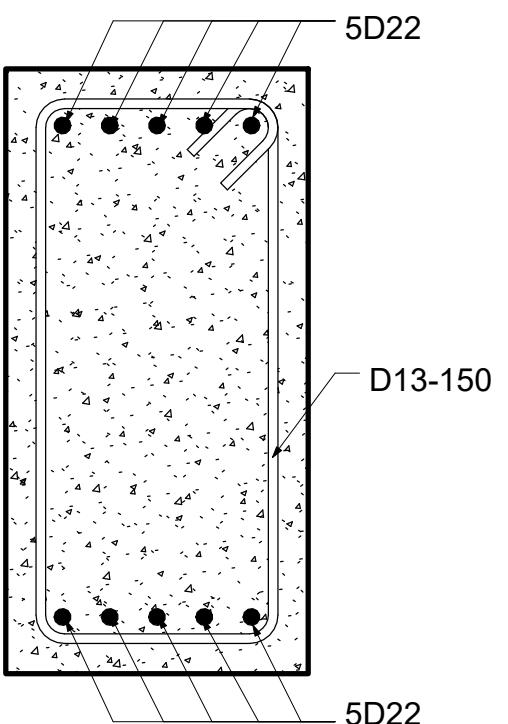
2

1 : 10

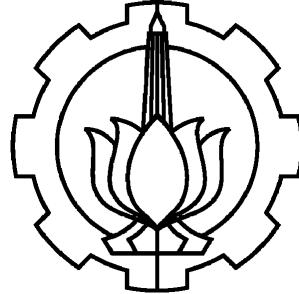


PENULANGAN SLOOF S1

1
1 : 40



2
1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

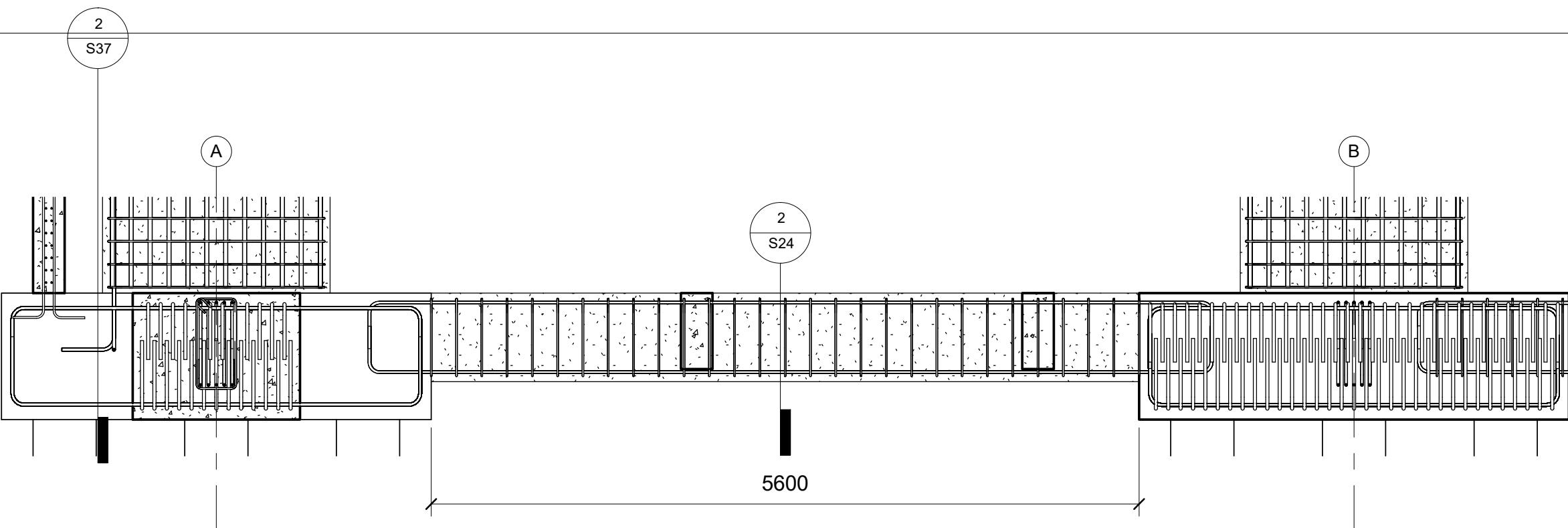
DETAIL PENULANGAN SLOOF S1

SKALA	KODE
-------	------

As indicated STR

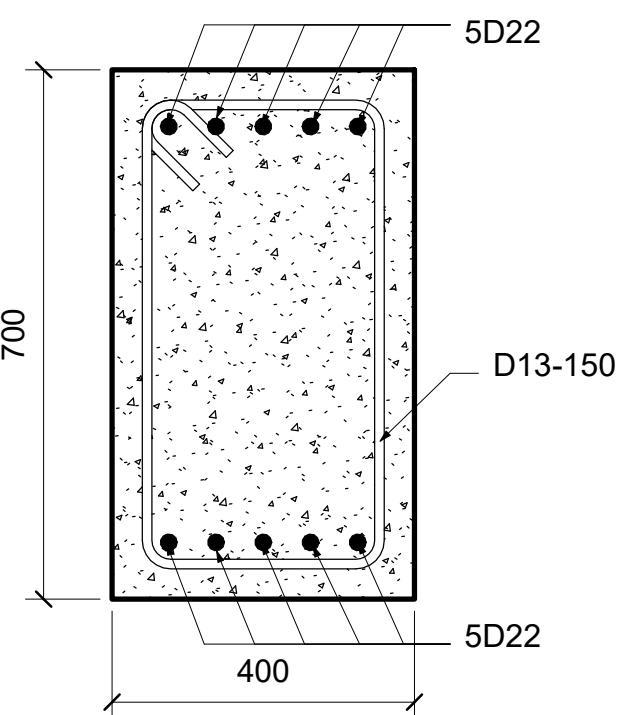
NO. GAMBAR	TANGGAL
------------	---------

S23



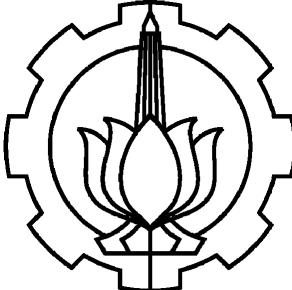
PENULANGAN SLOOF S2

1
1 : 40



POTONGAN TULANGAN SLOOF S2

2
1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

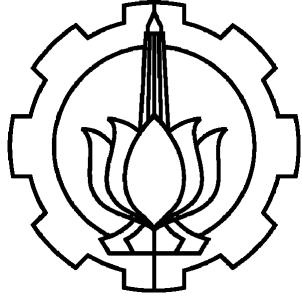
DETAIL PENULANGAN SLOOF S2

SKALA	KODE
-------	------

As indicated STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
------------	---------

S24



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

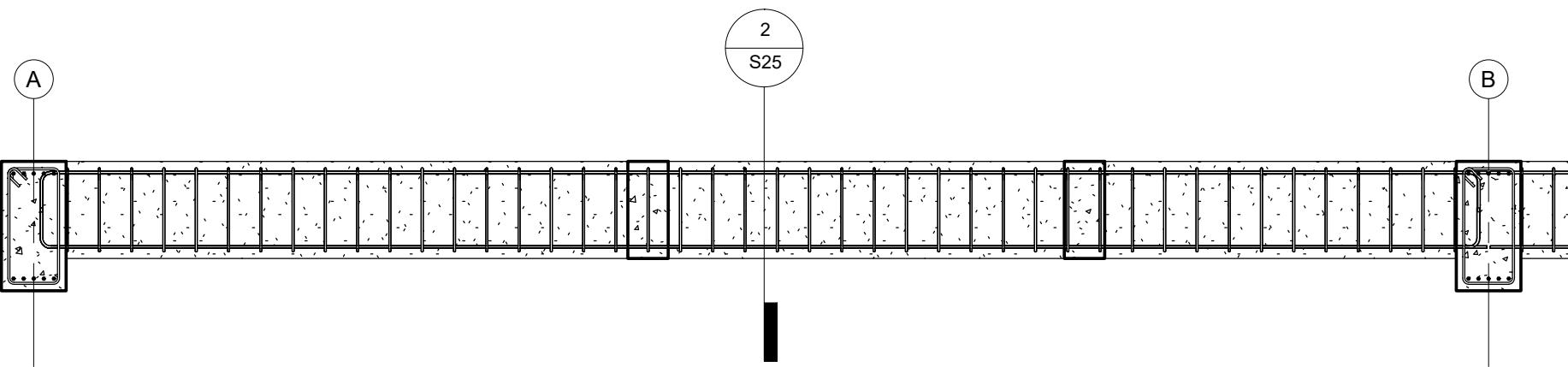
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN SLOOF S3

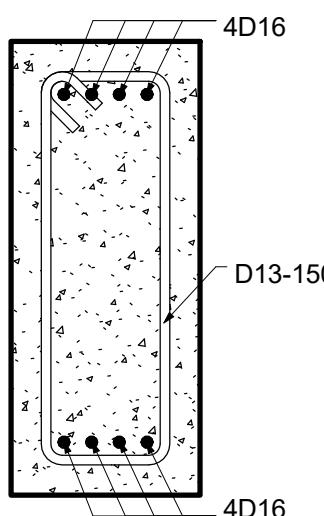
SKALA	KODE
As indicated	STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
S25	



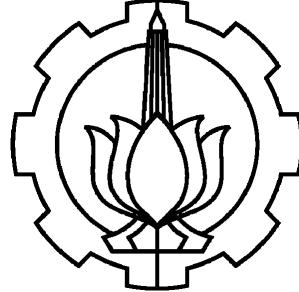
PENULANGAN SLOOF S3

1 : 40



POTONGAN TULANGAN SLOOF S3

1 : 10



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

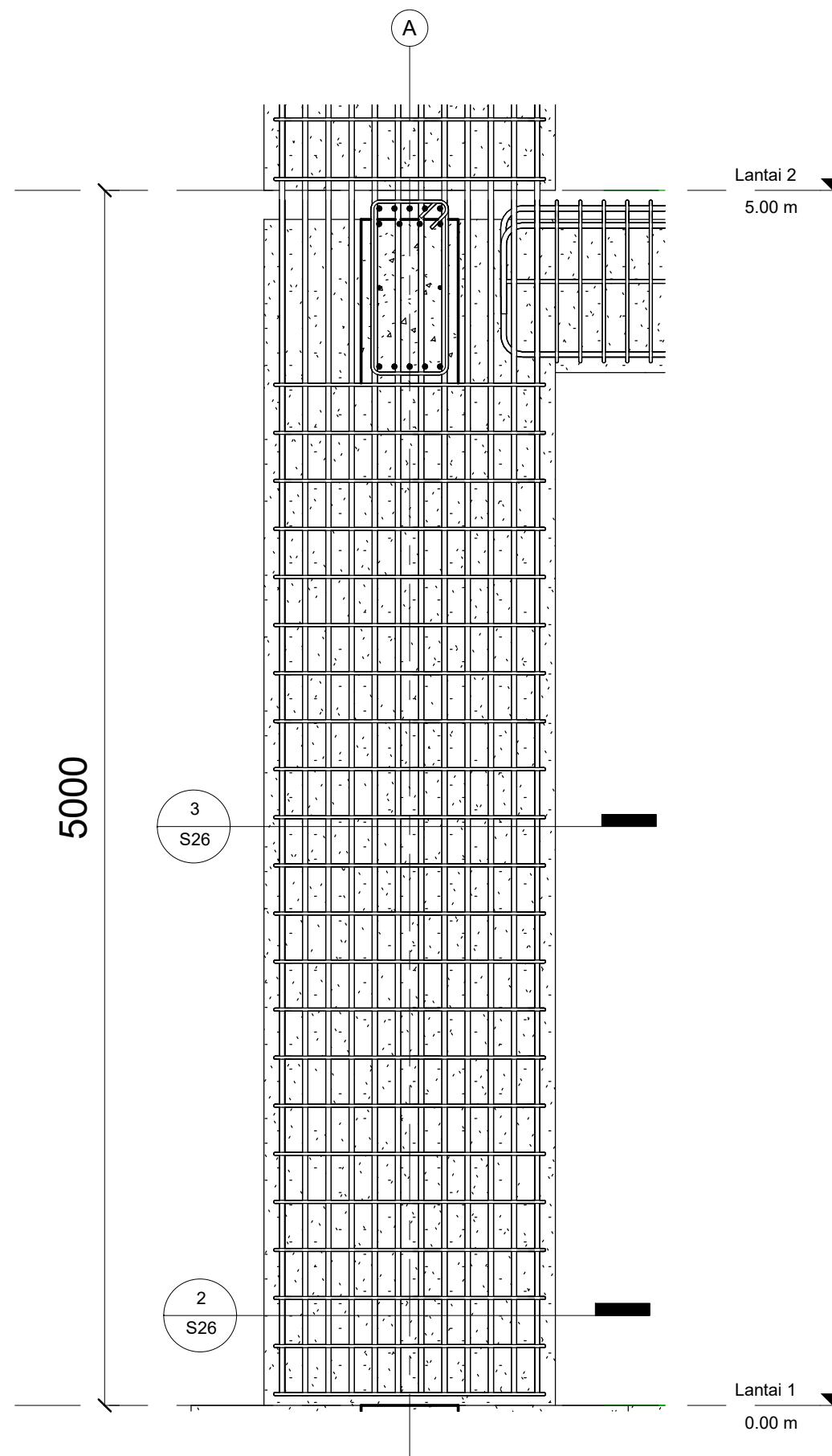
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

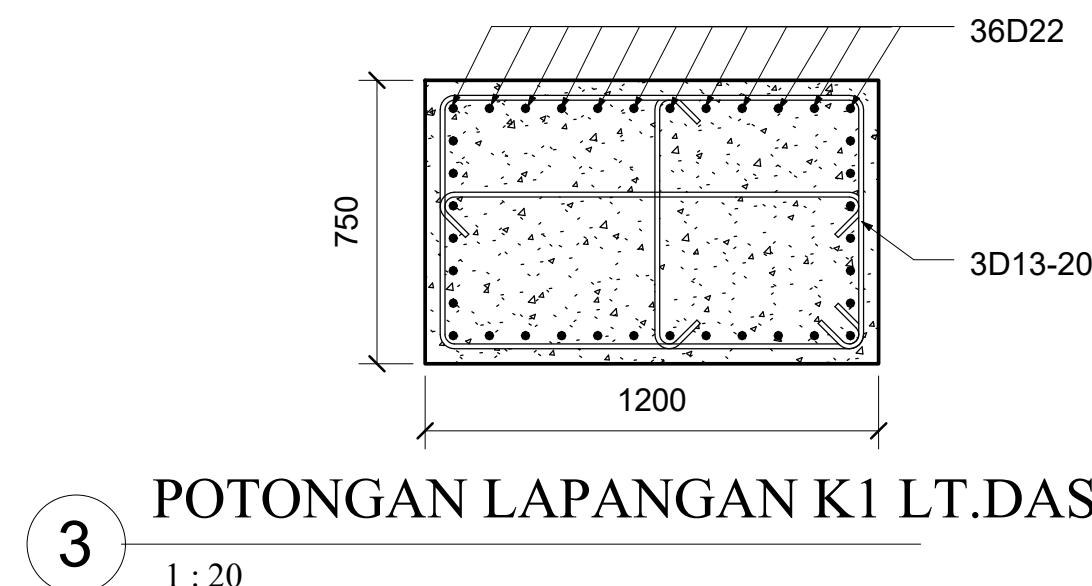
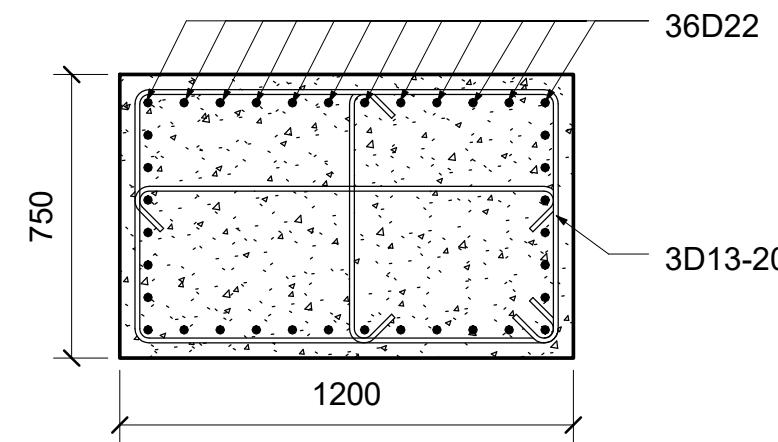
JUDUL GAMBAR

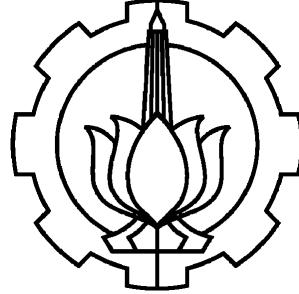
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
LT.DASAR-4

SKALA	KODE
As indicated	STR



1 DETAIL PENULANGAN KOLOM K1 LT. DASAR -4
1 : 25





PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

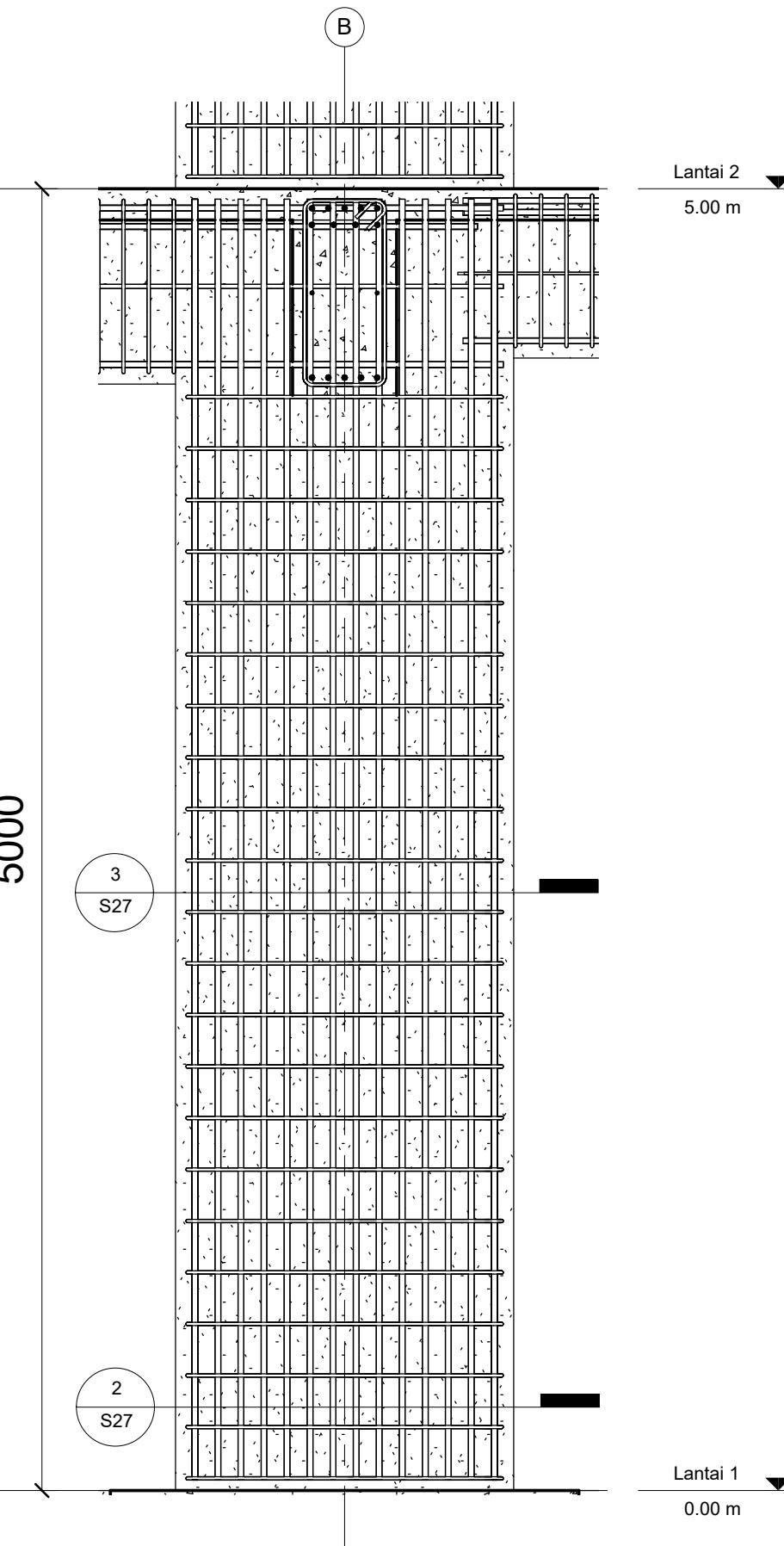
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

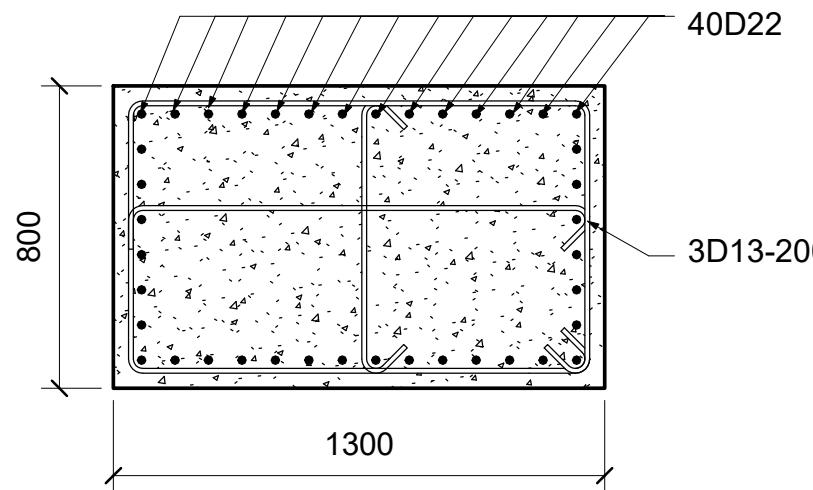
DETAIL PENULANGAN KOLOM K2
LT.DASAR-4

SKALA	KODE
As indicated	STR

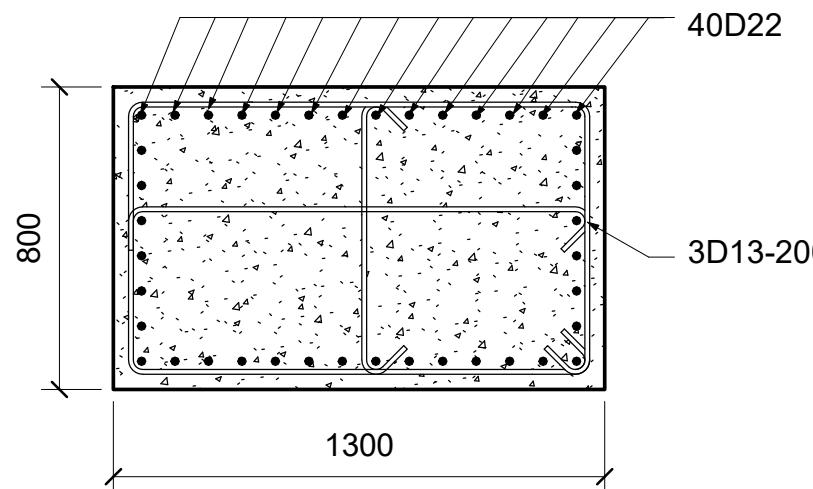
NO. GAMBAR	TANGGAL
S27	



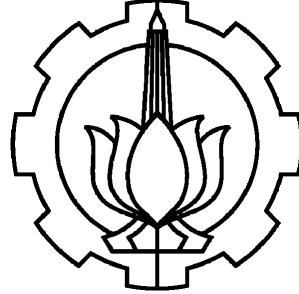
1 DETAIL PENULANGAN KOLOM K2 LT.DASAR-4
1 : 25



POTONGAN TUMPUAN K2 LT. DASAR-4



POTONGAN LAPANGAN K2 LT.DASAR-4



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

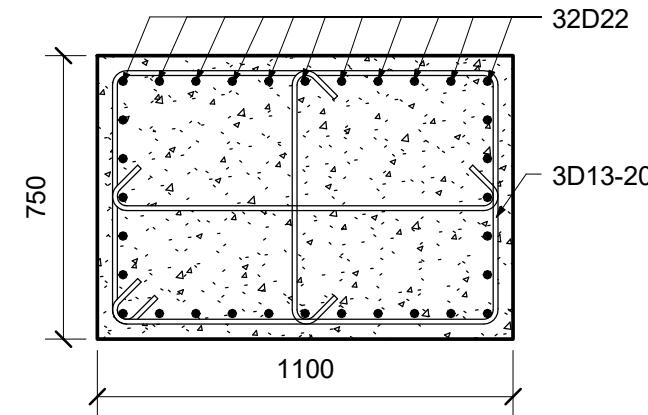
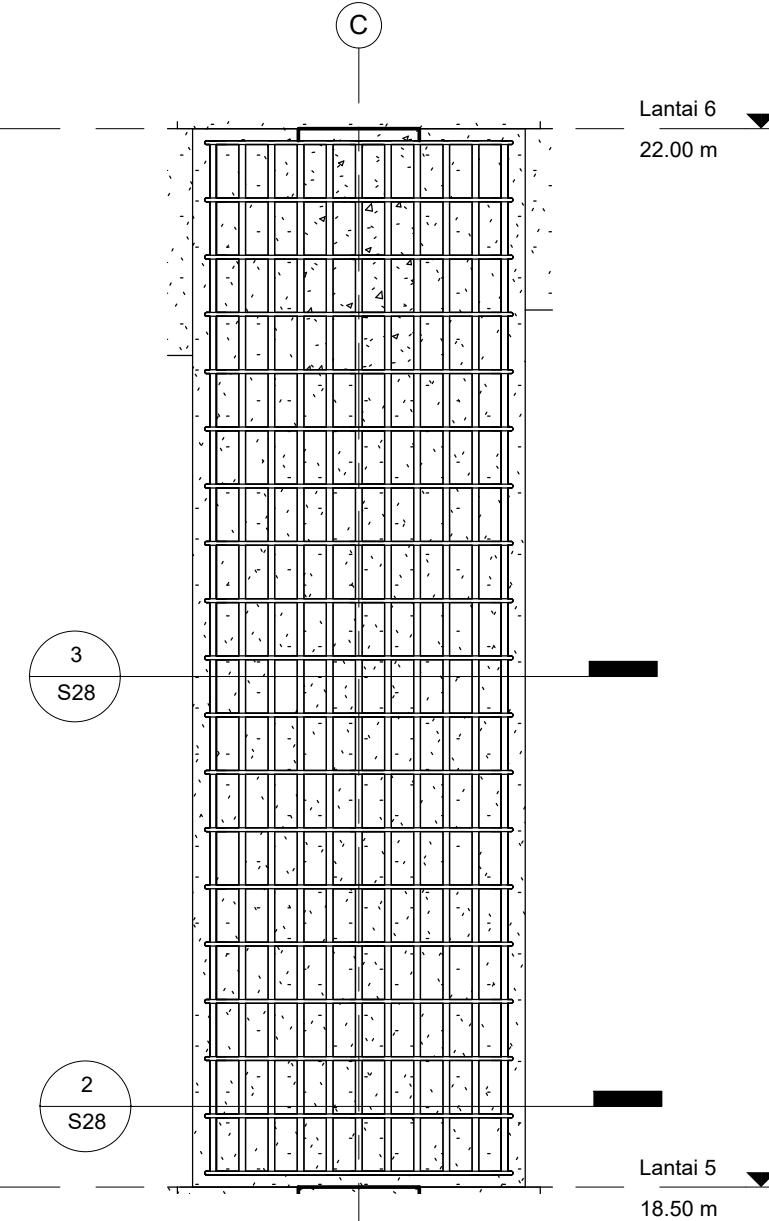
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

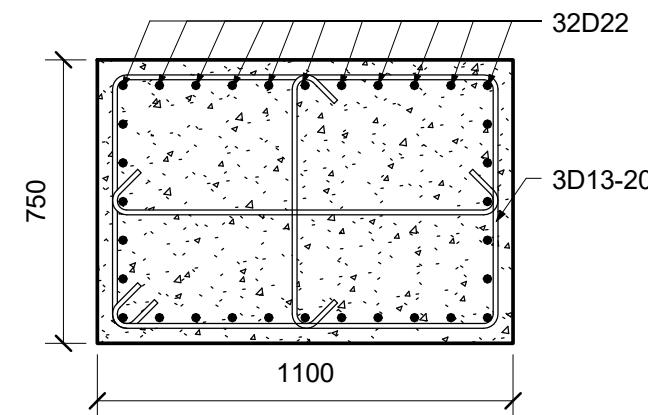
JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
LT.5-ATAP

1 DETAIL PENULANGAN KOLOM K1 LT.5-ATAP
1 : 25

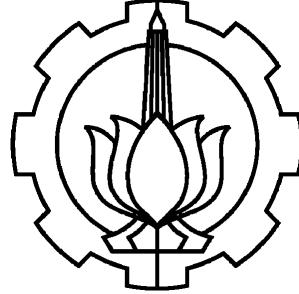


2 POTONGAN TUMPUAN K1 LT.5-ATAP
1 : 20



3 POTONGAN LAPANGAN K1 LT.5-ATAP
1 : 20

SKALA	KODE
As indicated	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S28	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K2
LT.5-ATAP

SKALA

KODE

As indicated

STR

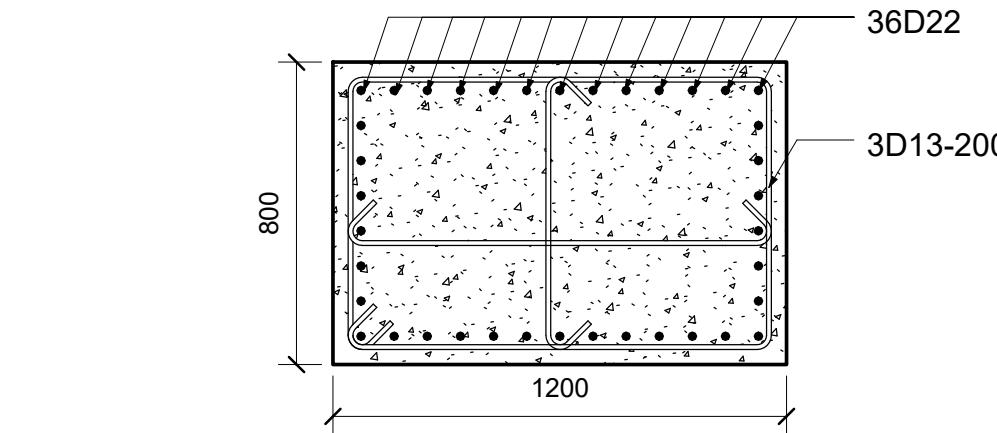
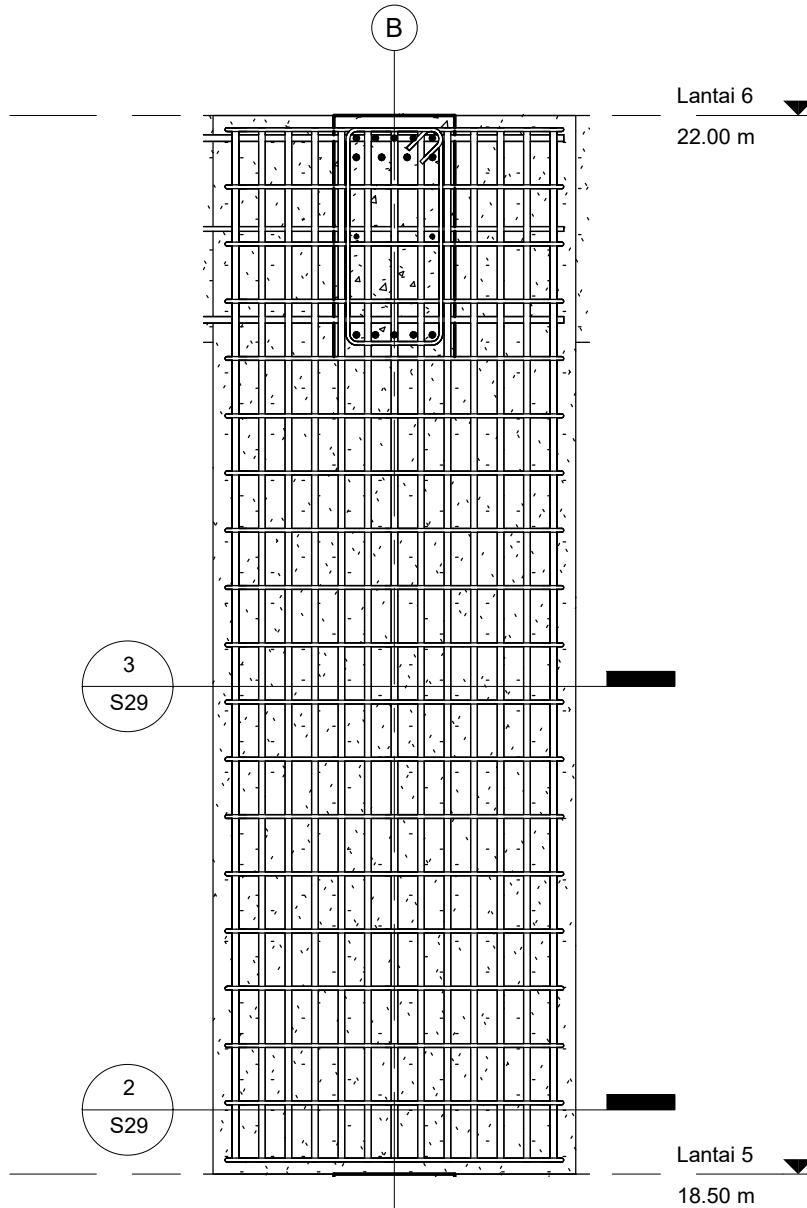
NO. GAMBAR

TANGGAL

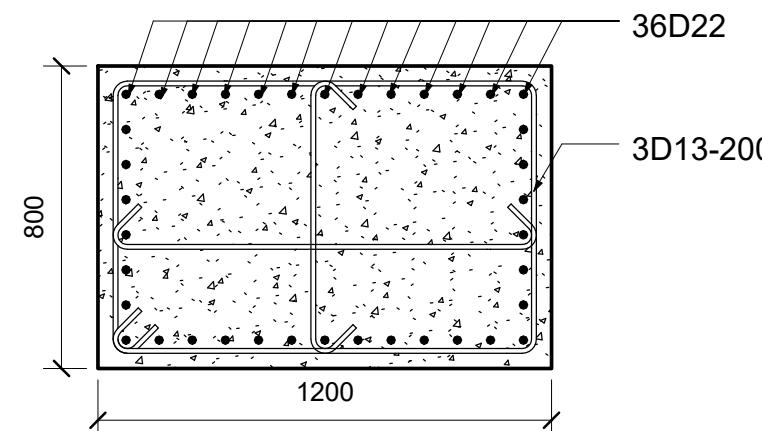
S29

1 DETAIL PENULANGAN KOLOM K2 LT.5-ATAP

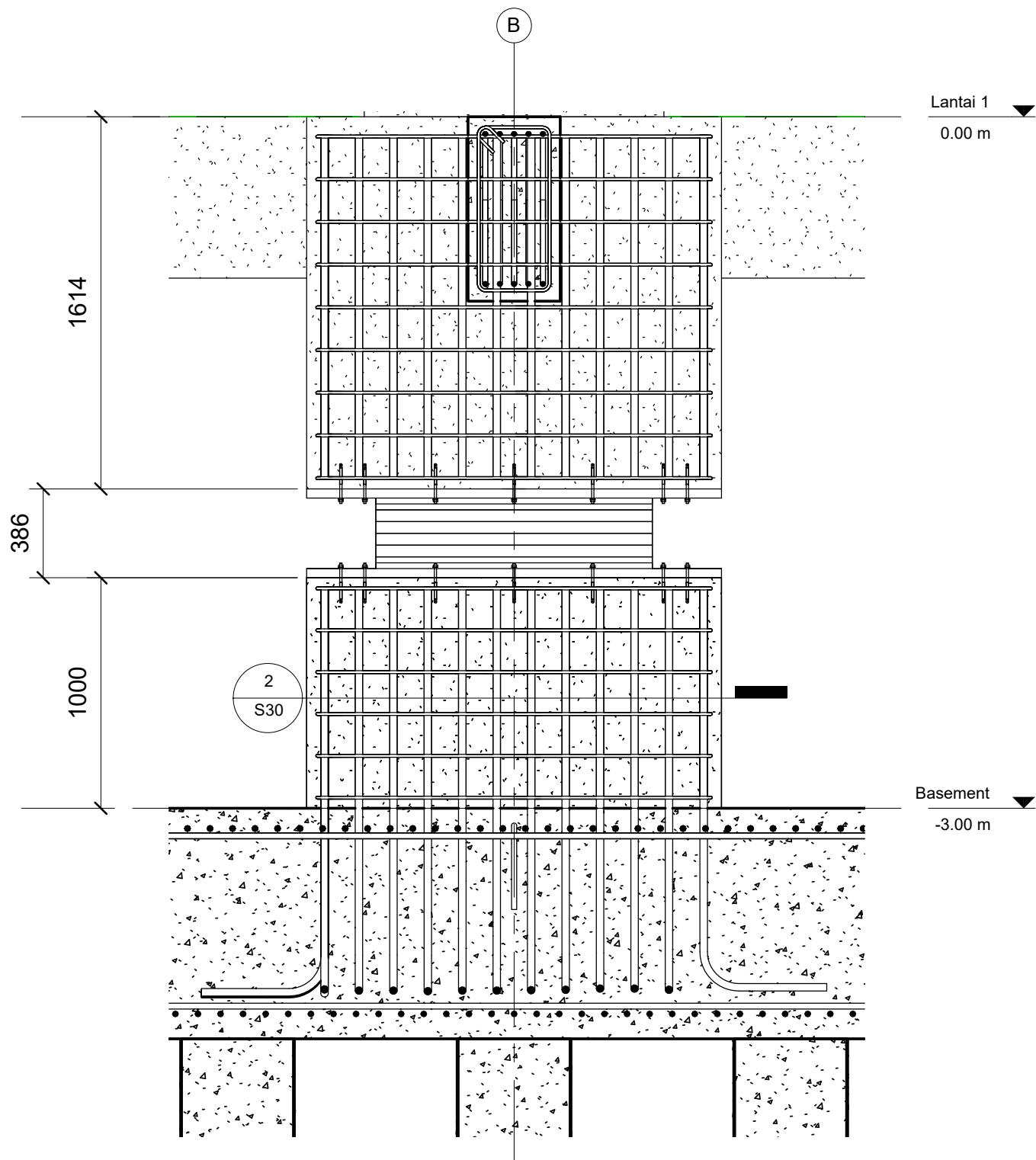
1 : 25



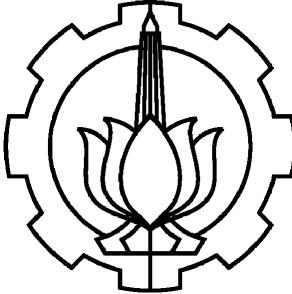
2 POTONGAN TUMPUAN K2 LT.5-ATAP
1 : 20



3 POTONGAN LAPANGAN K2 LT.5-ATAP
1 : 20



DETAIL PENULANGAN KOLOM K3



**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021**

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION LEAD RUBBER BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

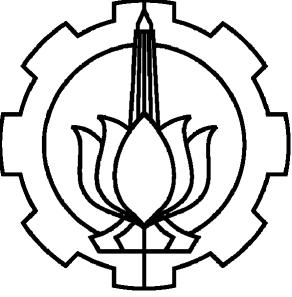
NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULISAN KOLOM K3

SKALA	KODE
As indicated	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S30	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

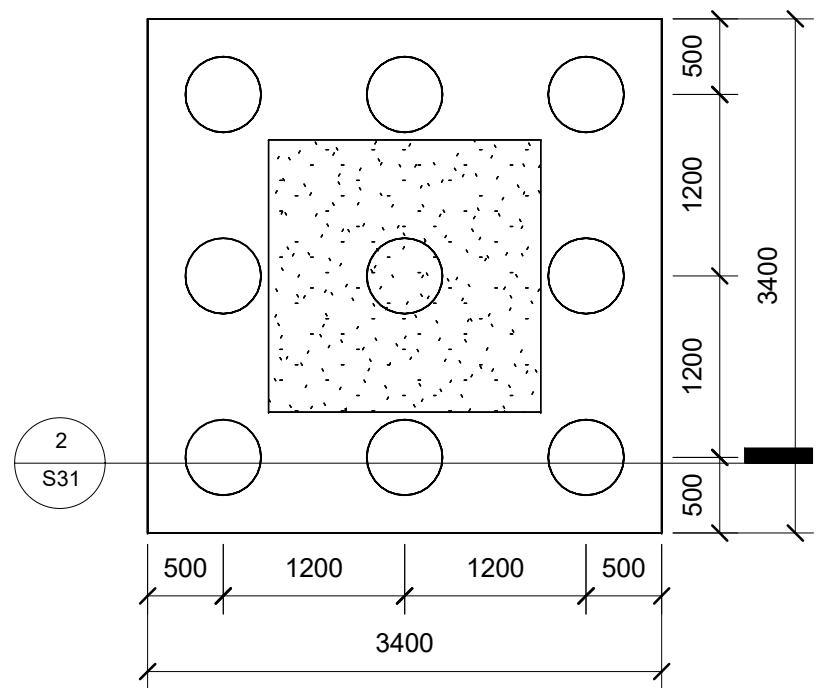
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PILECAP P1

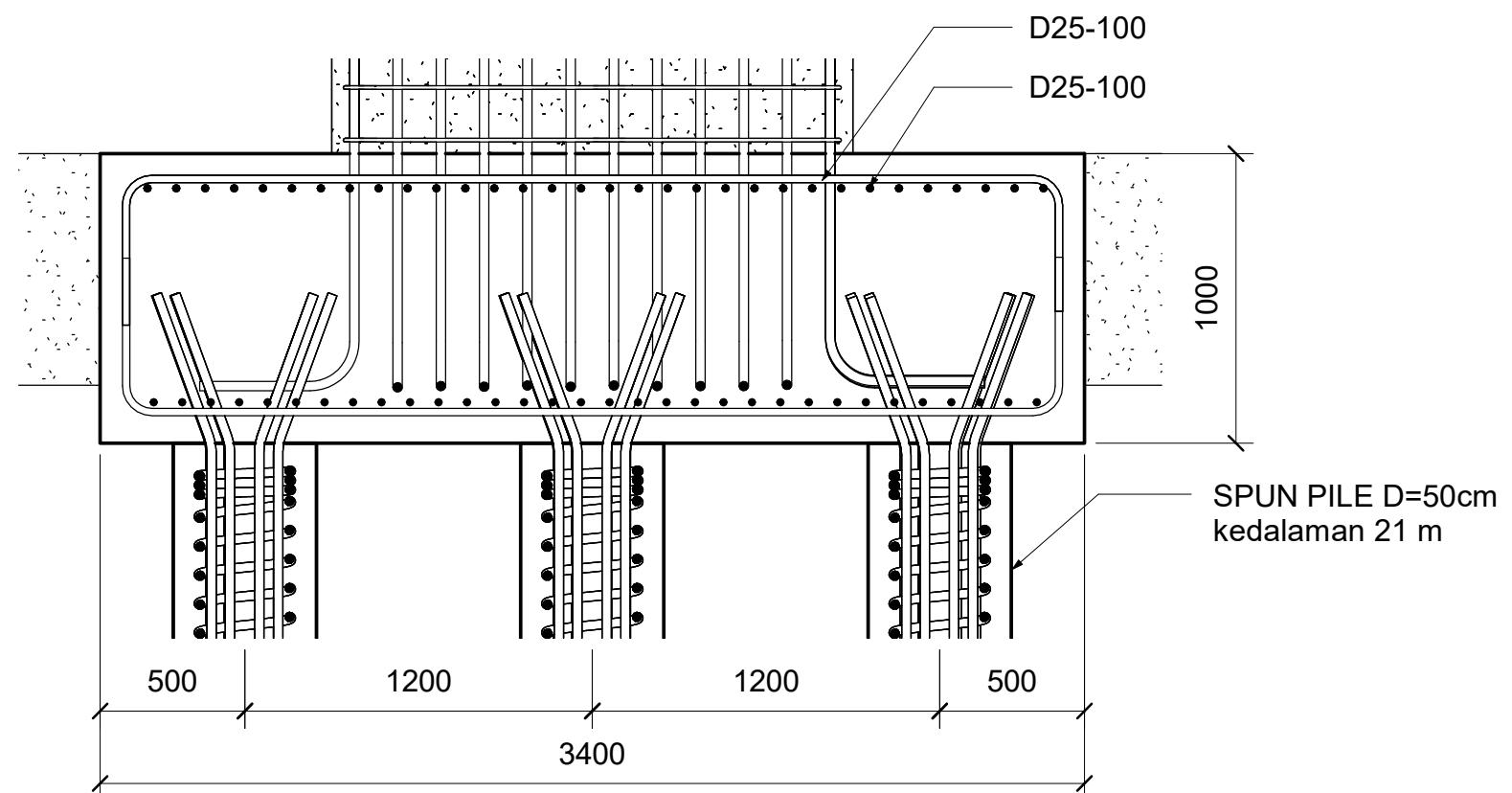
SKALA	KODE
As indicated	STR

NO. GAMBAR	TANGGAL
S31	



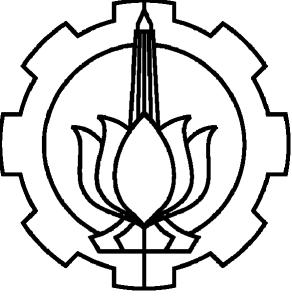
1 DETAIL PILECAP P1

1 : 50



2 POTONGAN PILECAP P1

1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

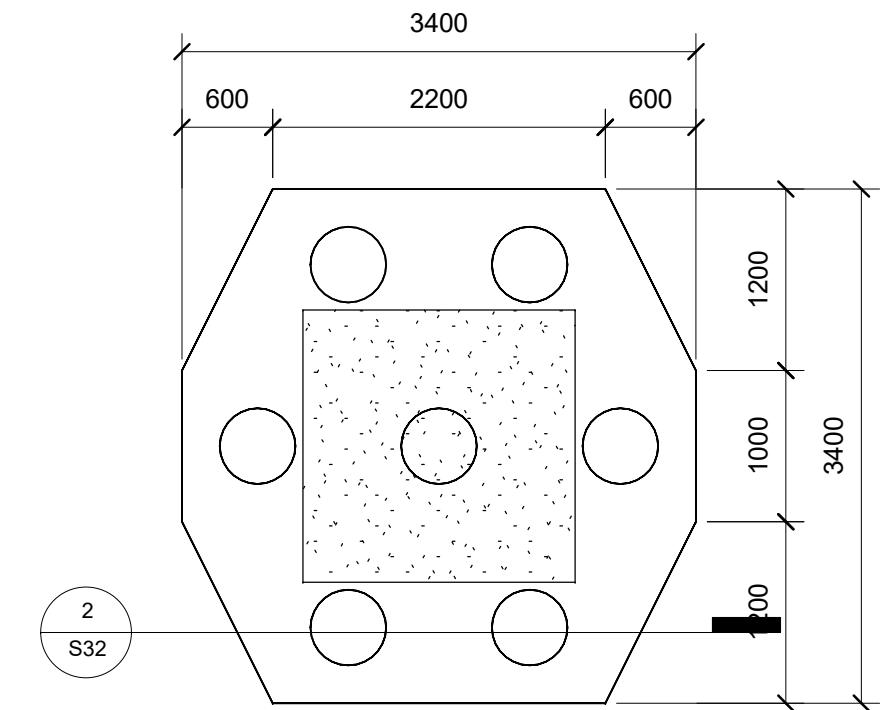
DETAIL PENULANGAN PILECAP P2

SKALA KODE

As indicated STR

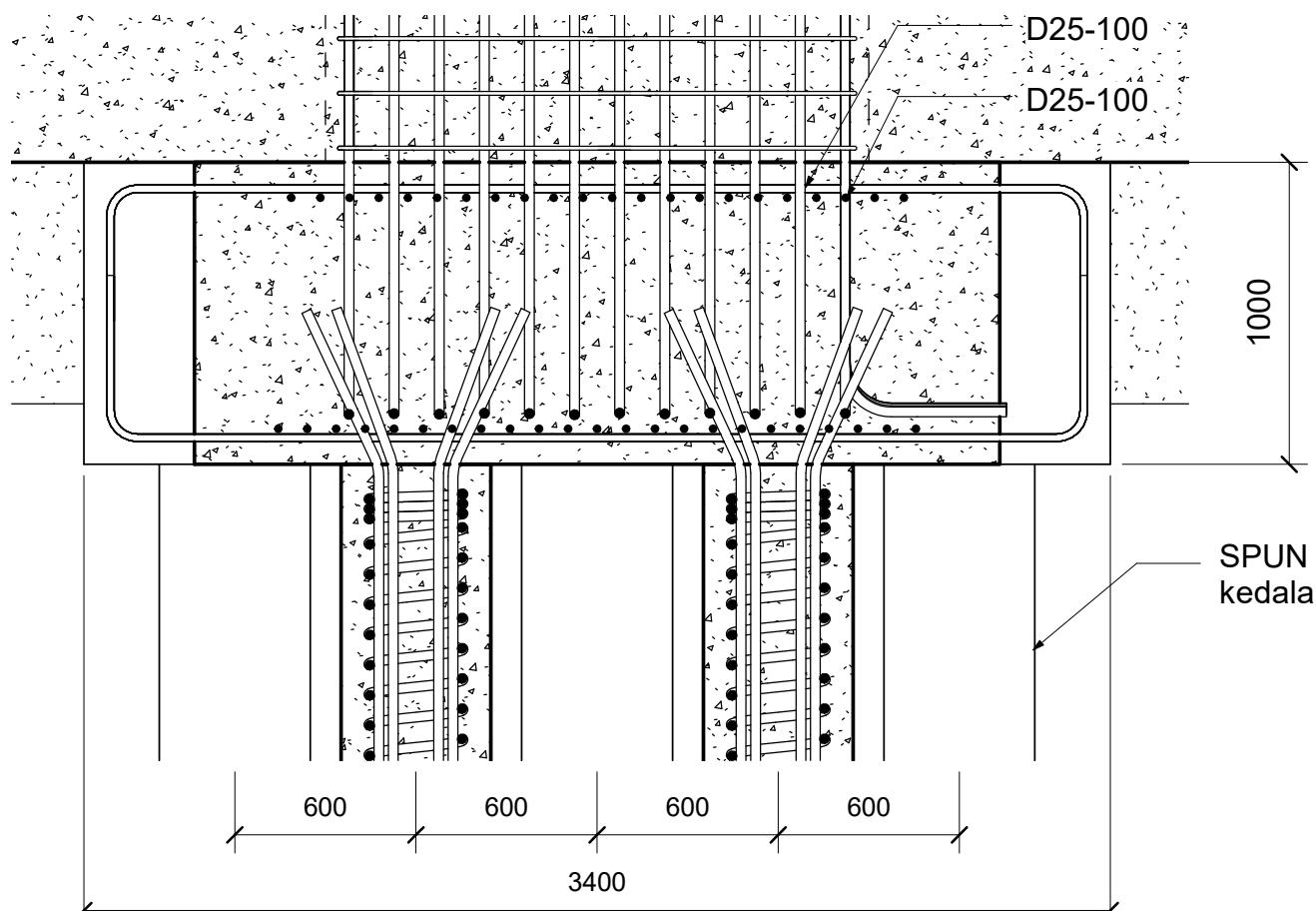
NO. GAMBAR TANGGAL

S32



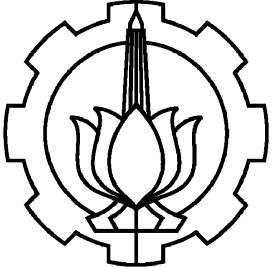
1 DETAIL PILECAP P2

1 : 50



2 POTONGAN PILECAP P2

1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN DINDING
BASEMENT

SKALA

1 : 25

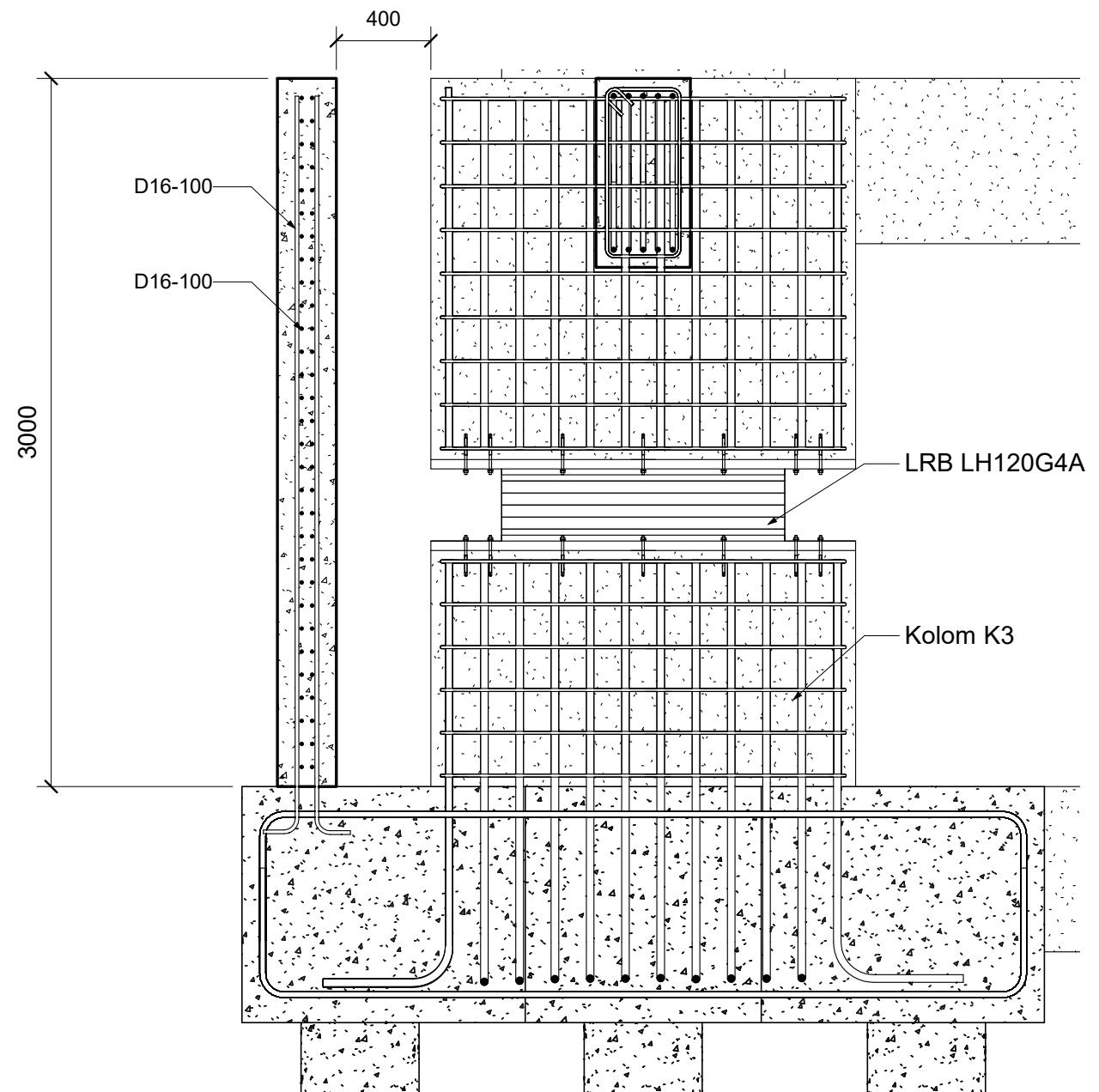
KODE

STR

NO. GAMBAR

S33

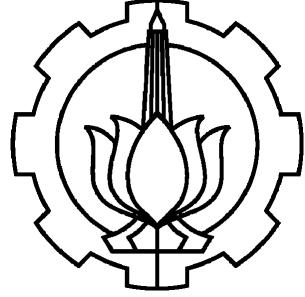
TANGGAL



1

DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT

1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

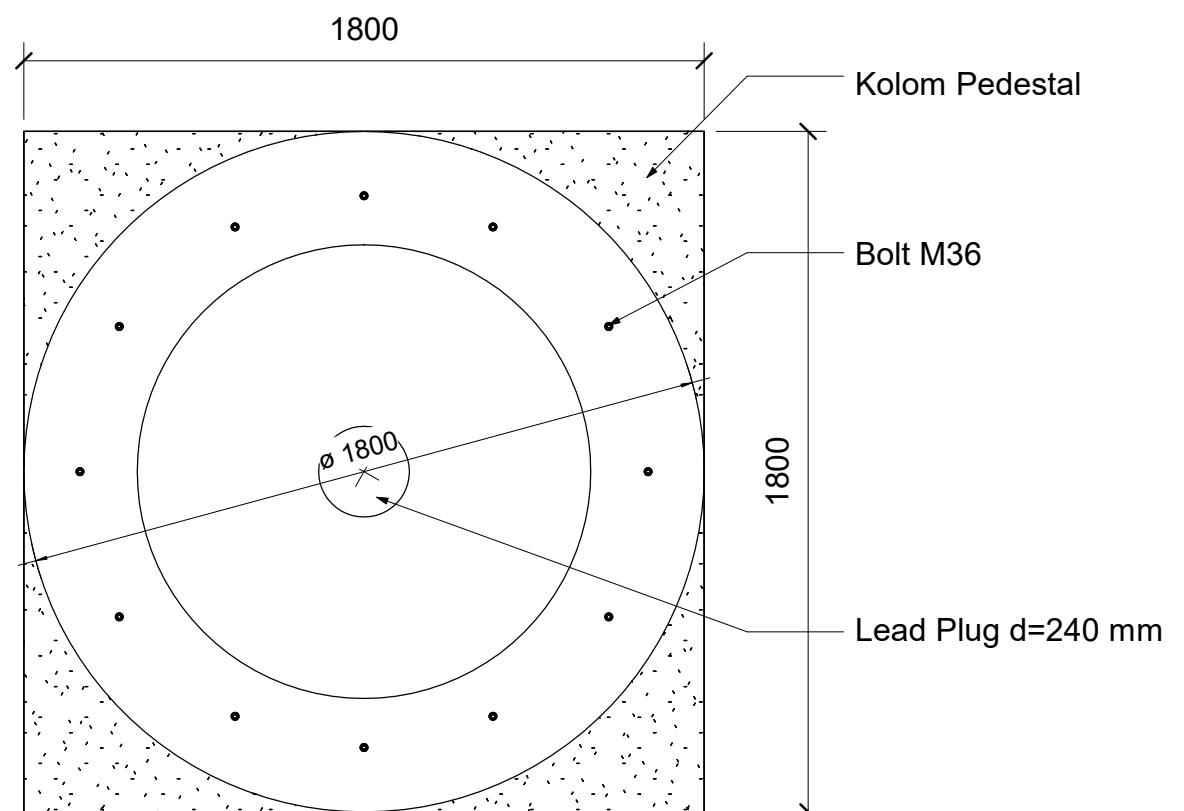
Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

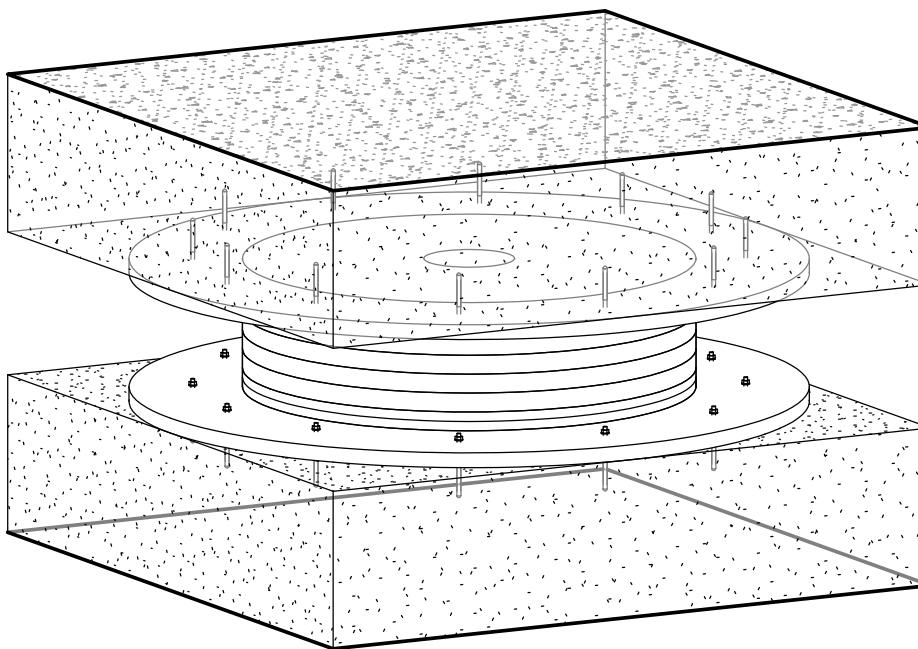
DETAIL LRB LH120G4A



1

DETAIL LRB LH120G4A

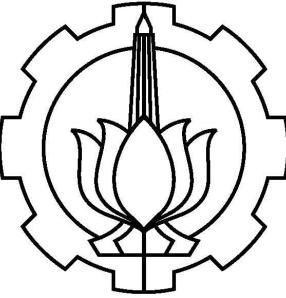
1 : 20



2

3D LRB

SKALA	KODE
1 : 20	STR
NO. GAMBAR	TANGGAL
S34	



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

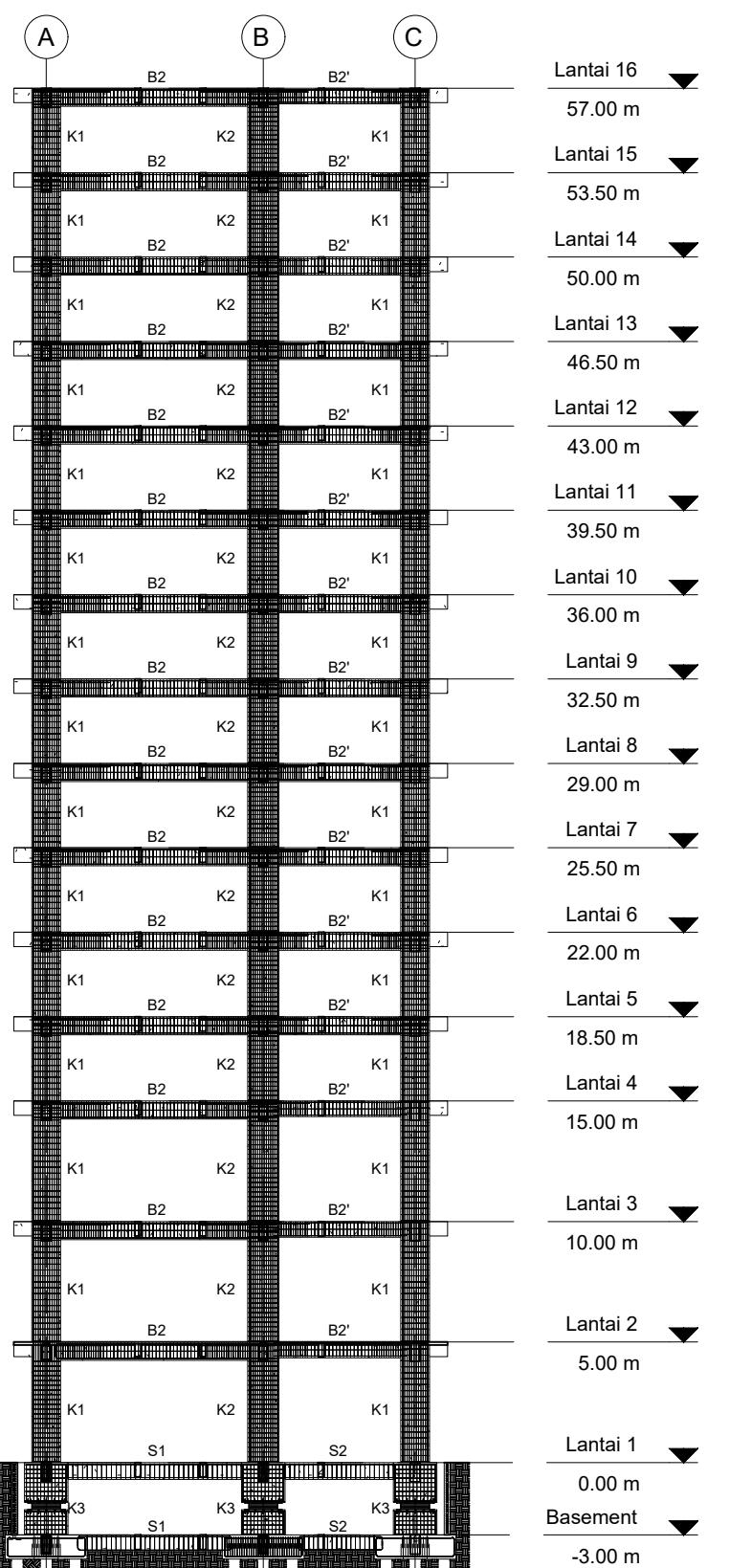
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

POTONGAN PORTAL AS 4

SKALA	KODE
1 : 300	STR

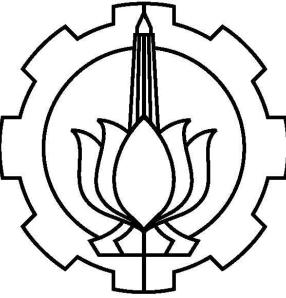
NO. GAMBAR	TANGGAL
S35	



1

1 : 300

POTONGAN PORTAL AS 4



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

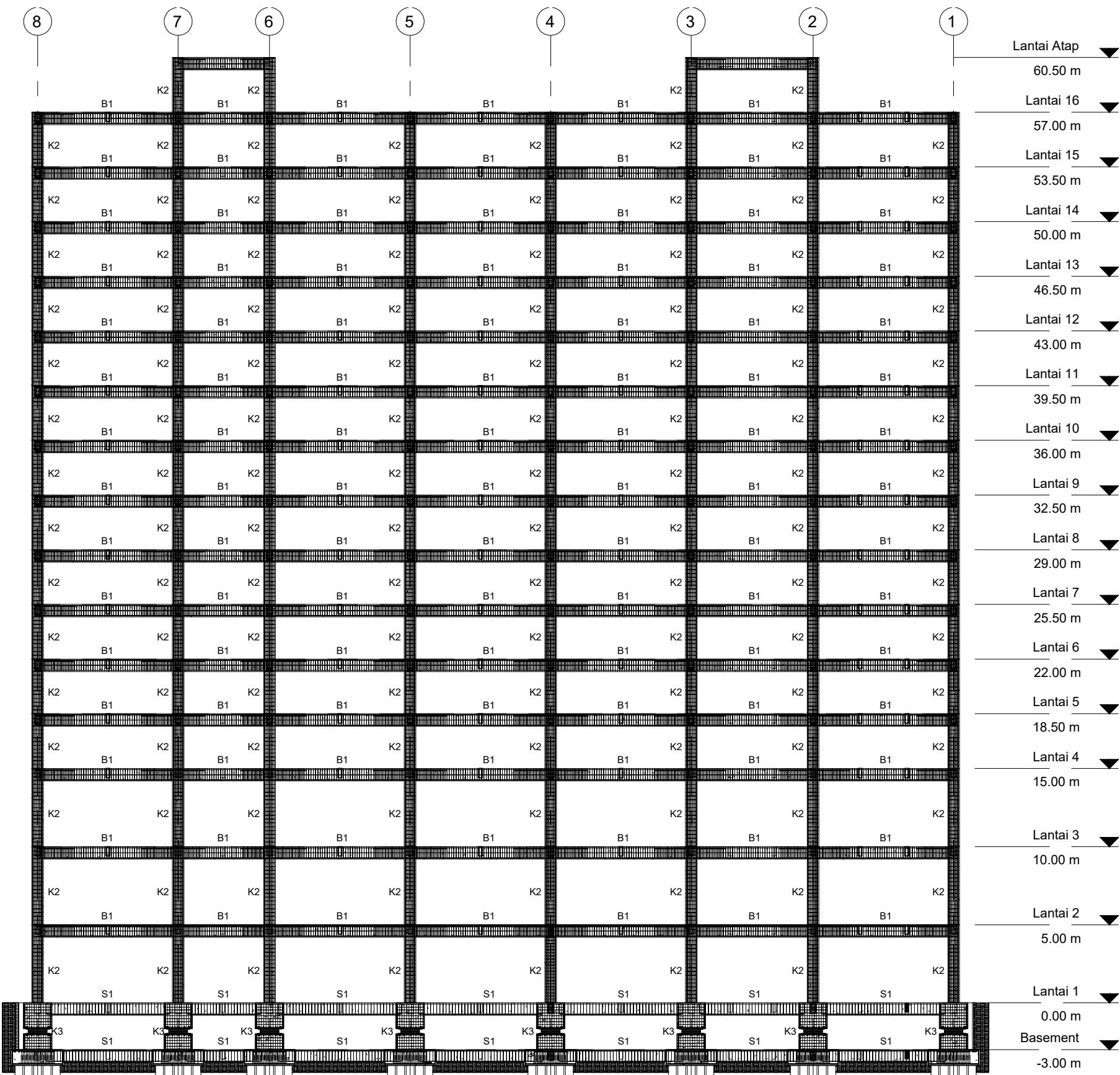
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

POTONGAN PORTAL AS C

SKALA	KODE
1 : 300	STR

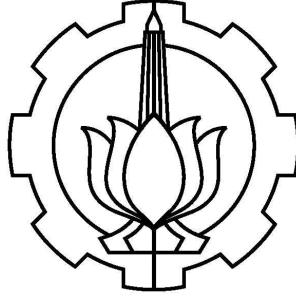
NO. GAMBAR	TANGGAL
S36	



POTONGAN PORTAL AS C

1

1 : 300



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN GEDUNG HOTEL DI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION LEAD RUBBER
BEARING

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M.EngSc.,Ph.D.
NIP. 19630726 198901 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. YUYUN TAJUNNISA, S.T.,M.T
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

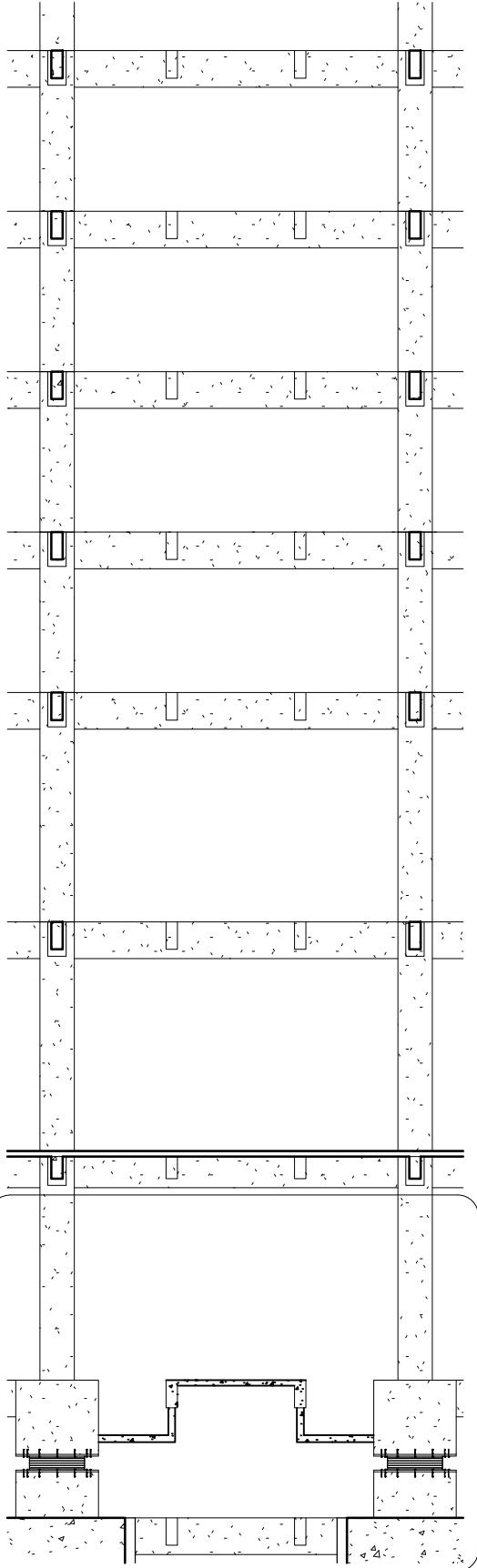
MUHAMMAD KHILMI AZIZ
NRP. 10111710013048

JUDUL GAMBAR

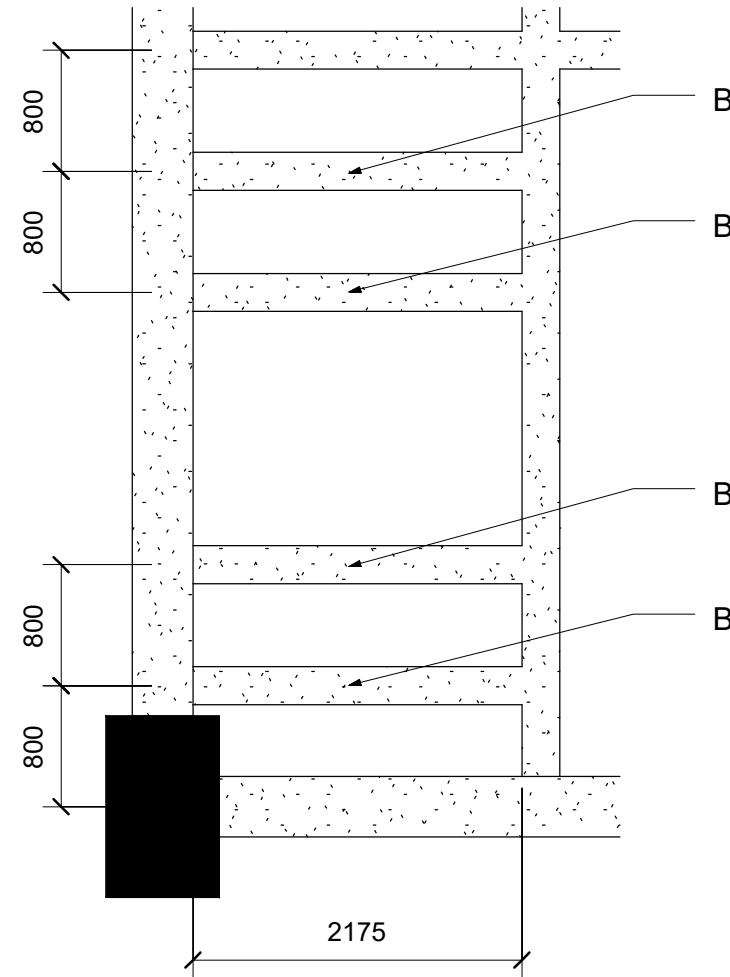
DETAIL PIT LIFT

SKALA	KODE
As indicated	STR

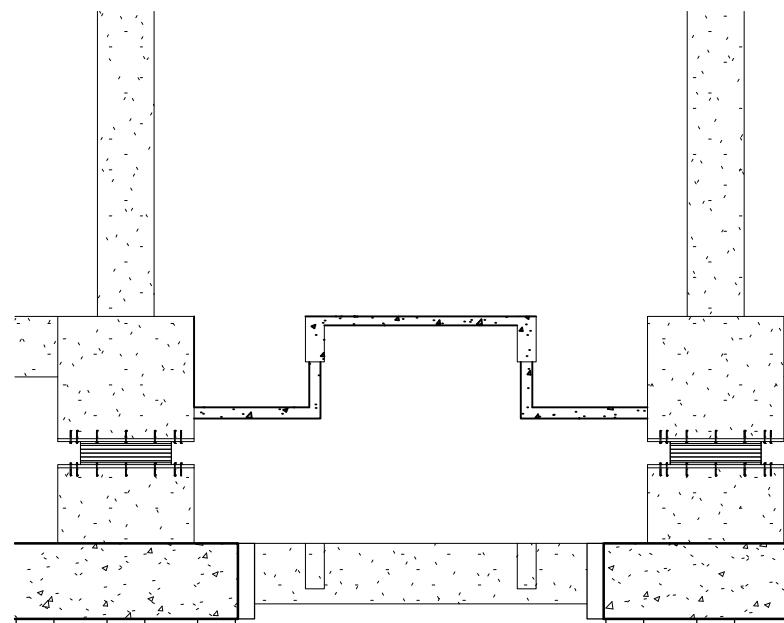
NO. GAMBAR	TANGGAL
S37	



2 POTONGAN LIFT
1 : 150



1 TOP HOISTHOOK PLAN
1 : 50



3 DETAIL PIT LIFT
1 : 100