



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA DENGAN  
*BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDRB)***

BAGAS DINANTHA ADJI

NRP. 0311154000052

Dosen Pembimbing I

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019





TUGAS AKHIR – RC18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA DENGAN  
*BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDRB)***

BAGAS DINANTHA ADJI

NRP. 0311154000052

Dosen Pembimbing I

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019







FINAL PROJECT – RC18-4803

**DESIGN MODIFICATION OF GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA TOWER  
WITH BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING  
RUBBER BEARING (HDRB)**

BAGAS DINANTHA ADJI

NRP. 0311154000052

Supervisor I

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Supervisor II

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering Sepuluh

Nopember Institute of Technology

Surabaya

2019



**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA DENGAN  
BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**BAGAS DINANTHA ADJI**

NRP. 0311154000052

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D. (.....)
2. Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D. (.....)



**SURABAYA  
JULI, 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA DENGAN  
BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)**

**Nama Mahasiswa** : Bagas Dinantha Adji  
**NRP** : 0311154000052  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK ITS  
**Dosen Konsultasi** : 1. Data Iranata ST., MT., Ph.D  
2. Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

**Abstrak**

*Penggunaan bahan beton pada struktur semakin banyak ditemui dalam pembangunan konstruksi bangunan sipil. Hal tersebut dikarenakan beton mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan baja, diantaranya adalah beton dapat menahan gaya tekan jauh lebih besar dari baja dan dari segi biaya beton lebih ekonomis. Selain itu beton dapat mudah dibentuk sesuai keinginan dan beton mempunyai sifat tahan terhadap panas atau api. Sehingga penggunaan beton bertulang sebagai bahan struktur bangunan lebih cocok dipilih untuk peningkatan pembangunan. Penggunaan teknologi Base Isolator sebagai peredam gempa dinilai sangat penting bagi konstruksi bangunan gedung karena dapat mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur.*

*Pembangunan Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon saat ini menggunakan struktur gedung beton bertulang dan shearwall. Dalam Tugas Akhir ini, gedung tersebut akan dimodifikasi menjadi 42 lantai dan 1 lantai pemeliharaan dengan menggunakan struktur beton bertulang pemikul momen biasa dengan Base Isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB). Perencanaan meliputi: perencanaan struktur sekunder, struktur primer, base isolator dan pondasi.*

*Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung dengan menggunakan struktur beton bertulang dengan Base Isolator: HDRB dan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, SNI 2847:2013 dan beberapa literatur dan peraturan lainnya. Dengan acuan tersebut direncanakan struktur dapat menerima gaya statis dan dinamis berupa gaya gempa sehingga gedung dapat berfungsi sebagai mana mestinya dan dapat memberikan keamanan dalam penggunaan gedung bertingkat.*

*Dari analisa dan perhitungan diperoleh hasil bahwa dengan adanya Base Isolator dapat mereduksi gaya geser dasar gempa (V) arah X sebesar 26,27% dan arah Y sebesar 25,93%, serta dapat mereduksi simpangan antar lantai pada arah X sebesar 14,34% dan arah Y sebesar 18,69%. Didapatkan pula dimensi elemen struktur: tebal pelat atap 12 cm, pelat lantai 12 cm, dimensi balok anak terbesar 25/40 cm, dimensi balok induk terbesar 50/80 cm, dimensi kolom terbesar 200/150 cm, dan dimensi base isolator HDRB dengan diameter rubber 110 cm.*

***Kata Kunci : Struktur Beton Bertulang, SPRMB, Base Isolator, High Damping Rubber Bearing***

**DESIGN MODIFICATION OF GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA TOWER WITH  
BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)**

**Student Name** : Bagas Dinantha Adji  
**Student Number** : 0311154000052  
**Department** : Teknik Sipil FTSLK ITS  
**Supervisor** : 1. Data Iranata ST., MT., Ph.D  
2. Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

**Abstract**

*The use of concrete materials in structures is increasingly in the construction of civilian construction. This is because concrete has several advantages over steel, including concrete that can withstand compressive forces greater than steel and in cost analysis, concrete building is more economical than steel. In addition, concrete can be easily formed as desired and concrete has the properties of resistance to heat or fire. So that the use of reinforced concrete as building material is more suitable to be chosen for increased development. The use of Base Isolator technology as an earthquake damper is considered very important for building construction because it can reduce the earthquake force received by the structure.*

*The construction of the Grand Dharmahusada Lagoon Apartment Building currently uses a reinforced concrete building structure and shearwall. In this Final Project, the building will be modified into 42 floors and 1 maintenance floor using ordinary moment resisting frame structures with Base Isolator : High Damping Rubber Bearings (HDRB). Planning includes: planning secondary structures, primary structures, base isolators and foundations.*

*The purpose of this Final Project is to produce building structure planning using reinforced concrete structures with Base Isolator: HDRB and meet structural safety requirements based on SNI 1726: 2012, SNI 1727: 2013, SNI 2847: 2013 and some other literature and regulations. With the reference planned structures can accept static and dynamic forces in the form of earthquake forces so that the building can function as it should and can provide security in the use of highrise building.*

*From the analysis and calculation, the results show that with the Base Isolator can reduce the base shear force of the earthquake (V) X direction by 26.27% and Y direction by 25.93%, and can reduce the interstory drift in the X direction of 14.34% and the direction of Y is 18.69%. The dimensions of structural elements were also obtained : 12 cm thick roof plate, 12 cm floor plate, the largest dimension of the secondary beam 25/40 cm, the largest dimension of the beam 50/80 cm, the largest column dimensions 200/150 cm, and dimension rubber of base isolator HDRB is 110 cm.*

***Kata Kunci : Reinforced Concrete, SPRMB, Base Isolator, High Damping Rubber Bearing***



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt, yang memberikan rahmat serta hidayah-Nya serta berkahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Adapun tulisan ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan. Tulisan ini terdiri dari tiga bab yang berisi Pendahuluan, Kajian Pustaka, dan Metodologi Pelaksanaan.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang sudah membantu dalam penyusunan tulisan ini, antara lain:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas ini.
2. Bapak Data Iranata ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
5. Karisma Fica Devy yang selalu memberikan semangat dan kesabaran dalam menampung keluh kesah, serta diskusi yang bermanfaat.
6. Keluarga KDR dan Konco Kenthel yang selalu memberikan semangat, diskusi yang bermanfaat dan keceriaan setiap saat.
7. Teman-teman Teknik Sipil ITS angkatan 2015 yang selalu memberi semangat dan bantuan dalam bentuk apapun selama pengerjaan Tugas ini.

8. Seluruh dosen pengajar, staff, dan karyawan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, ITS.
9. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.  
    Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat kedepannya dan dapat dijadikan bahan pembelajaran.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan masalah.....	4
1.3    Tujuan .....	4
1.4    Batasan Masalah.....	5
1.5    Manfaat .....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1    Umum.....	7
2.2    Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa.....	8
2.3 <i>Base Isolation Elastomeric Rubber Bearing</i> .....	9
2.4 <i>High Damping Rubber Bearing</i> .....	11
2.5 <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	12
2.6    Pemasangan <i>Base Isolator</i> .....	13
BAB III .....	17
METODOLOGI .....	17
3.1    Umum.....	17
3.2    Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	17
3.3    Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir .....	18
3.3.1    Pengumpulan Data.....	18
3.3.2    Studi Literatur.....	19
3.3.3 <i>Preliminary Design</i> .....	20
3.3.3.1    Dimensi Pelat .....	20
3.3.3.2    Dimensi Balok.....	21
3.3.3.3    Dimensi Kolom .....	22
3.3.4    Pembebanan.....	23
3.3.5    Perencanaan Struktur Sekunder .....	27
3.3.5.1    Tangga.....	27

3.3.5.2	Balok anak.....	27
3.3.5.3	Perencanaan Lift.....	27
3.3.6	Perencanaan <i>Base Isolator</i> .....	27
3.3.6.1	Persyaratan Perencanaan Umum.....	28
3.3.6.2	Gerak tanah untuk sistem isolasi.....	29
3.3.6.3	Pemilihan prosedur analisis.....	30
3.3.6.4	Prosedur analisis dinamis.....	31
3.3.6.5	Batasan simpangan antar lantai.....	36
3.3.6.6	Desain Dimensi High Damping Rubber Bearing (HDRB).....	37
3.3.7	Permodelan dan Analisa Struktur.....	37
3.3.7.1	Permodelan Struktur Utama.....	37
3.3.8	Perencanaan Struktur Utama.....	37
3.3.9	Perencanaan Pondasi.....	42
3.3.9.1	Perencanaan Pondasi Tiang Bor.....	43
3.3.9.2	Perencanaan <i>Pile Cap</i> (Poer).....	46
3.3.10	Penggambaran Hasil Perencanaan.....	46
BAB IV	.....	47
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	47
4.1	Preliminary Desain.....	47
4.1.1	Umum.....	47
4.1.2	Data Perencanaan.....	47
4.1.3	Perencanaan Dimensi Balok.....	48
4.1.3.1	Perencanaan Dimensi Balok Induk.....	48
4.1.3.2	Perencanaan Dimensi Balok Anak.....	50
4.1.3.3	Perencanaan Dimensi Balok Kantilever.....	51
4.1.4	Perencanaan Dimensi Pelat.....	52
4.1.4.1	Perhitungan Tebal Pelat.....	52
4.1.5	Perencanaan Dimensi Kolom.....	58
4.1.5.1	Perhitungan Dimensi Kolom.....	59
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder.....	70
4.2.1	Umum.....	70
4.2.2	Perencanaan Tangga.....	70
4.2.2.1	Data Perencanaan Tangga.....	70
4.2.2.2	Pembebanan Tangga dan Bordes.....	72

4.2.2.3	Perhitungan Gaya Dalam .....	73
4.2.2.4	Perhitungan Tulangan Tangga .....	75
4.2.3	Perencanaan Pelat .....	94
4.2.3.1	Data Perencanaan .....	94
4.2.3.2	Pembebanan Pelat.....	94
4.2.3.3	Perhitungan Tulangan Pelat .....	95
4.2.4	Perencanaan Balok Anak .....	102
4.2.4.1	Pembebanan Balok Anak.....	102
4.2.4.2	Perhitungan Gaya Dalam .....	104
4.2.4.3	Penulangan Balok Anak .....	105
4.2.5	Perencanaan Balok Lift.....	115
4.2.5.1	Spesifikasi Lift .....	115
4.2.5.2	Perencanaan Awal Dimensi Balok Lift.....	116
4.2.5.3	Pembebanan Balok Lift .....	117
4.2.5.4	Penulangan Balok Lift .....	120
4.3	Pembebanan dan Analisa Struktur .....	130
4.3.1	Umum.....	130
4.3.2	Permodelan Struktur .....	131
4.3.3	Pembebanan Gravitasi .....	131
4.3.4	Pembebanan Gempa Dinamis .....	133
4.3.4.1	Faktor Keutamaan Gempa .....	133
4.3.4.2	Kelas Situs.....	134
4.3.4.3	Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral 135Desain .....	135
4.3.4.4	Kategori Desain Seismik .....	136
4.3.4.5	Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain .....	137
4.3.4.6	Faktor Reduksi Gempa (R).....	138
4.3.5	Kombinasi Pembebanan .....	138
4.3.6	Analisa Struktur <i>Fixed Base</i> .....	139
4.3.6.1	Kontrol Partisipasi Massa .....	140
4.3.6.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	141
4.3.6.3	Kontrol Nilai Akhir Respon.....	143
4.3.6.4	Kontrol Simpangan Antar Lantai ( <i>drift</i> ) .....	146
4.3.6.5	Kontrol Pengaruh P- $\Delta$ .....	151

4.3.7	Sistem Struktur Isolasi Dasar .....	154
4.3.7.1	Persyaratan Perencanaan Umum.....	154
4.3.7.2	Perhitungan Dimensi <i>High Damping Rubber Bearing</i> 155(HDRB) .....	155
4.3.7.3	Perhitungan Dimensi HDRB Kolom Interior .....	157
4.3.7.4	Perhitungan Dimensi HDRB Kolom Eksterior .....	158
4.3.7.5	Spesifikasi HDRB.....	159
4.3.8	Analisa Struktur Isolasi Dasar .....	161
4.3.8.1	Permodelan Struktur Isolasi Dasar.....	161
4.3.8.2	Analisa Permodelan Struktur Isolasi Dasar.....	164
4.3.8.3	Kontrol Analisa Base Isolator .....	171
4.4	Perencanaan Struktur Primer .....	180
4.4.1	Umum.....	180
4.4.2	Perencanaan Balok Induk .....	181
4.4.2.1	Penulangan Lentur Balok.....	186
4.4.2.2	Penulangan Torsi Balok.....	206
4.4.2.3	Penulangan Geser Balok.....	212
4.4.2.4	Panjang Penyaluran Tulangan.....	216
4.4.3	Perencanaan Kolom.....	217
4.4.3.1	Data Perencanaan Kolom K8.....	217
4.4.3.2	Kontrol Dimensi Kolom .....	219
4.4.3.3	Tulangan Longitudinal Kolom.....	219
4.4.3.4	Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	223
4.4.3.5	Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor .....	224
4.4.3.6	Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana .....	226
4.4.3.7	Tulangan Geser Kolom.....	227
4.4.3.8	Kontrol Kebutuhan Torsi .....	229
4.4.3.9	Sambungan Lewatan.....	231
4.4.4	Perencanaan Sambungan Kolom Pedestal dengan <i>Base Plate</i> .....	232
4.5	Perencanaan Bangunan Bawah .....	238
4.5.1	Perencanaan Basement .....	238
4.5.1.1	Perencanaan Dinding Penahan Tanah.....	238

4.5.1.2	Perencanaan Pelat Dasar Basement .....	251
4.5.2	Perencanaan Pondasi .....	255
4.5.2.1	Umum.....	255
4.5.2.2	Daya Dukung Tiang Bor.....	256
4.5.2.3	Kontrol Kekuatan Tiang Bor .....	261
4.5.2.4	Penulangan Tiang Bor .....	268
4.5.2.5	Daya Dukung Tiang Grup .....	271
4.5.2.6	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang ( $P_{max}$ ) .....	273
4.5.3	Perencanaan Poer.....	274
4.5.4	Perencanaan Sloof .....	285
BAB V .....		290
KESIMPULAN DAN SARAN .....		291
4.1	Kesimpulan.....	291
4.2	Saran.....	292
DAFTAR PUSTAKA .....		293
LAMPIRAN.....		295

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Lempeng Tektonik Dunia.....	2
Gambar 1. 2 Tampak Utara GDL .....	3
Gambar 2. 1 Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan Fixed Base (a) dan Base Isolator (b) .....	10
Gambar 2.2 <i>High Damping Rubber Bearing</i> .....	11
Gambar 2. 3 <i>Hysteretic Loop of HDRB</i> .....	12
Gambar 2. 4 <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	12
Gambar 2. 5 <i>Hysteretic Loop of LRB</i> .....	13
Gambar 2. 6 Pemasangan <i>Base Isolator</i> pada Gedung .....	14
Gambar 2. 7 Pemasangan Base Isolator pada Bangunan Tanpa Basement.....	14
Gambar 2. 8 Pemasangan Base Isolator pada Bangunan dengan Basement.....	15
Gambar 2. 9 Pemasangan Base Isolator pada Dinding Bangunan .....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir.....	18
Gambar 3. 2 Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 ..	25
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Lentur Pelat..	38
Gambar 4. 1 Denah dan Potongan Gedung.....	47
Gambar 4. 2 Denah Pembalokan .....	49
Gambar 4. 3 Denah Pelat.....	52
Gambar 4. 4 Pelat Tipe 600 x 418 .....	53
Gambar 4. 5 Pelat Tipe 600 x 267 .....	56
Gambar 4. 6 Kolom yang Ditinjau untuk Desain Awal .....	59
Gambar 4. 7 Denah Perencanaan Tangga.....	71
Gambar 4. 8 Potongan B Tangga.....	71
Gambar 4. 9 Ketebalan Tangga .....	72
Gambar 4. 10 Permodelan Tangga pada SAP2000.....	74
Gambar 4. 11 Output Gaya Dalam Perencanaan Tangga.....	74
Gambar 4. 12 Dimensi Pelat C1 .....	95

Gambar 4. 13 Panjang d Pelat .....	96
Gambar 4. 14 Pembebanan <i>Trybutary Area</i> Balok Anak.....	103
Gambar 4. 15 Koefisien Momen Balok Berdasarkan PBI 1971	104
Gambar 4. 16 Denah Ruang Lift .....	115
Gambar 4. 17 Potongan Ruang Lift.....	116
Gambar 4. 18 Denah Pembalokan Balok Lift.....	116
Gambar 4. 19 Pembebanan Balok Penggantung Lift.....	119
Gambar 4. 20 Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	120
Gambar 4. 21 Tampak 3D Permodelan Struktur pada SAP2000 .....	131
Gambar 4. 22 Grafik Respon Spektrum Desain.....	138
Gambar 4. 23 Permodelan Struktur Fixed Base pada SAP2000	139
Gambar 4. 24 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X Sturktur Fixed Base.....	150
Gambar 4. 25 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y Sturktur Fixed Base.....	150
Gambar 4. 26 Denah Pemasangan HDRB .....	156
Gambar 4. 27 Parameter Dimensi HDRB.....	160
Gambar 4. 28 Detail HDRB tipe HH110X6R.....	160
Gambar 4. 29 Define Properties HDRB .....	161
Gambar 4. 30 Inpur Spesifikasi Dimensi HDRB .....	162
Gambar 4. 31 Input Data Directional Properties.....	163
Gambar 4. 32 Input Data Directional Properties Arah X dan Y .....	163
Gambar 4. 33 Permodelan Base Isolator .....	164
Gambar 4. 34 Respon Spektrum Komposit dengan Redaman 24% .....	171
Gambar 4. 35 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Fixed Base dan Isolasi Dasar Arah X.....	178
Gambar 4. 36 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Fixed Base dan Isolasi Dasar Arah Y .....	179
Gambar 4. 37 Grafik Perpindahan Lantai Arah X .....	179
Gambar 4. 38 Grafik Perpindahan Lantai Arah Y .....	180

Gambar 4. 39 Denah Balok Induk .....	182
Gambar 4. 40 Letak Balok Induk BIA1 .....	183
Gambar 4. 41 Letak Sumbu Neutral Balok T .....	205
Gambar 4. 42 Ilustrasi Luasan Aoh .....	207
Gambar 4. 43 Ilustrasi Penyaluran Tulangan .....	217
Gambar 4. 44 Diagram Interaksi Aksial dan Momen pada spColumn .....	220
Gambar 4. 45 Perumusan Gaya Geser Kolom (SNI 2847:2013) .....	226
Gambar 4. 46 Ilustrasi Sambungan Lewatan Kolom .....	231
Gambar 4. 47 Ilustrasi Sambungan HDRB dengan Kolom Pedestal .....	232
Gambar 4. 48 Ilustrasi Arah Beban Sumbu X pada Sambungan HDRB .....	234
Gambar 4. 49 Ilustrasi Arah Beban Sumbu Y pada Sambungan HDRB .....	235
Gambar 4. 50 Denah Perencanaan Bangunan Bawah .....	238
Gambar 4. 51 Dimensi Perencanaan Dinding Penahan Tanah ..	239
Gambar 4. 52 Penentuan Titik dan Pembagian Lapisan Tanah	240
Gambar 4. 53 Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp) .....	243
Gambar 4. 54 Denah Perencanaan Pondasi .....	255
Gambar 4. 55 Diagram Gaya Lateral Tiang.....	264
Gambar 4. 56 Grafik Harga f berdasarkan Jenis Tanah .....	264
Gambar 4. 57 Grafik harga Fm berdasarkan L/T .....	265
Gambar 4. 58 Grafik harga Fd berdasarkan L/T .....	267
Gambar 4. 59 Diagram Interaksi Aksial dan Momen Tiang Bor pada spColumn.....	269
Gambar 4. 60 Konfigurasi Tiang Bor pada Poer Tipe 1 .....	272
Gambar 4. 61 Penampang Kritis Poer Akibat Geser Pons Kolom Pedestal .....	275
Gambar 4. 62 Penampang Kritis Poer Akibat Geser Pons Tiang Pancang .....	277
Gambar 4. 63 Pembebanan Poer.....	279

Gambar 4. 64 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Sloof S1 .....	286
Gambar 4. 65 Hasil Analisa spColumn Sloof S1 .....	287

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketentuan Pasal 7.2.2 tentang Faktor R, $\Omega_0$ dan Cd untuk sistem penahan gaya gempa .....	8
Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non-prategang dan Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung .....	22
Tabel 3. 2 Koefisien Redaman, BD atau BM .....	33
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk .....	50
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak.....	51
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Balok Kantilever.....	52
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Dimensi Tebal Pelat.....	57
Tabel 4. 5 Beban Mati Lantai 42-38.....	60
Tabel 4. 6 Beban Hidup Lantai 42-38 .....	60
Tabel 4. 7 Beban Mati Lantai 37-33.....	61
Tabel 4. 8 Beban Hidup Lantai 37-33 .....	61
Tabel 4. 9 Beban Mati Lantai 32-28.....	62
Tabel 4. 10 Beban Hidup 32-28 .....	62
Tabel 4. 11 Beban Mati Lantai 27-23.....	63
Tabel 4. 12 Beban Hidup Lantai 27-23 .....	64
Tabel 4. 13 Beban Mati Lantai 22-18.....	65
Tabel 4. 14 Beban Hidup Lantai 22-18 .....	65
Tabel 4. 15 Beban Mati Lantai 17-13.....	66
Tabel 4. 16 Beban Hidup Lantai 17-13 .....	66
Tabel 4. 17 Beban Mati Lantai 12-7.....	67
Tabel 4. 18 Beban Hidup Lantai 12-7 .....	68
Tabel 4. 19 Beban Mati Lantai 6-1 .....	69
Tabel 4. 20 Beban Hidup Lantai 6-1 .....	69
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Dimensi Kolom.....	70
Tabel 4. 22 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Section Cut .....	75
Tabel 4. 23 Nilai Momen dan Gaya Geser Pelat Tangga dan Bordes .....	75
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Tulangan Tangga .....	93

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Tulangan Pelat Atap.....	101
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Tulangan Pelat Lantai .....	102
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Lantai Atap.....	113
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Anak Lantai Atap .....	113
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Lantai Apartemen.....	114
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Anak Lantai Apartemen.....	114
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi .....	132
Tabel 4. 32 Pembebanan Gravitasi Hasil SAP2000 Kombinasi 1D + 1L.....	132
Tabel 4. 33 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2013 pasal 4.1.2).....	133
Tabel 4. 34 Perhitungan Penentuan Kelas Situs Tanah.....	134
Tabel 4. 35 Klasifikasi Kelas Situs Tanah (SNI 1726:2013 tabel 3).....	135
Tabel 4. 36 Parameter Respon Gempa Gedung GDL.....	135
Tabel 4. 37 Nilai Fa, Fv, Sms, Sm1, Sds, dan Sd1 .....	136
Tabel 4. 38 Kategori Desai Seismik berdasarkan Nilai Sds .....	136
Tabel 4. 39 Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai Sd1 ...	137
Tabel 4. 40 Perhitungan Respon Spektrum Desain.....	137
Tabel 4. 41 Kontrol Partisipasi Massa.....	140
Tabel 4. 42 Nilai Parameter Pendekatan Ct dan x (SNI 1726:2012) .....	141
Tabel 4. 43 Koefisien untuk Batas Atas Periode (SNI 1726:2012) .....	142
Tabel 4. 44 Hasil Analisa Periode Struktur .....	142
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi .....	144
Tabel 4. 46 Hasil Analisa Gaya Geser Dasar Struktur Fixed Base .....	144

Tabel 4. 47 Hasil Analisa Gaya Geser Struktur Fixed Base Setelah Pembesaran.....	145
Tabel 4. 48 Batas Simpangan Antar Lantai .....	147
Tabel 4. 49 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X .....	148
Tabel 4. 50 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y .....	149
Tabel 4. 51 Hasil Perhitungan Pengaruh P- $\Delta$ Arah X.....	152
Tabel 4. 52 Hasil Perhitungan Pengaruh P- $\Delta$ Arah Y.....	153
Tabel 4. 53 Gaya Reaksi Dasar Kolom Struktur Fixed Base ....	156
Tabel 4. 54 Spesifikasi HDRB tipe HH110X6R (Bridgestone,2017).....	159
Tabel 4. 55 Koefisien Redaman BD atau BM .....	165
Tabel 4. 56 Beban Gravitasi Kombinasi 1D + 1L.....	166
Tabel 4. 57 Perhitungan Respon Spektrum Komposit.....	170
Tabel 4. 58 Kontrol Partisipasi Massa Struktur Isolasi Dasar...	171
Tabel 4. 59 Base Reaction Gaya Geser Dinamik Base Isolator	172
Tabel 4. 60 Perbandingan Gaya Geser Fixed dengan Base Isolator .....	173
Tabel 4. 61 Batas Simpangan Antar Lantai Struktur Isolasi Dasar (SNI 1726:2012 pasal 7.9.3).....	174
Tabel 4. 62 Kontrol Simpangan Antar Lantai Struktur Isolasi Dasar Arah X .....	175
Tabel 4. 63 Kontrol Simpangan Antar Lantai Struktur Isolasi Dasar Arah Y .....	176
Tabel 4. 64 Periode Fundamental Struktur Isolasi Dasar.....	177
Tabel 4. 65 Reduksi Simpangan Antar Lantai .....	178
Tabel 4. 66 Dimensi Balok Induk.....	181
Tabel 4. 67 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok Induk.....	186
Tabel 4. 68 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Induk .....	197
Tabel 4. 69 Rekapitulasi Kontrol Jarak Antar Tulangan Lentur Tarik.....	197
Tabel 4. 70 Rekapitulasi Kontrol Jarak Antar Tulangan Lentur Tekan .....	198
Tabel 4. 71 Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik .....	198

Tabel 4. 72 Rekapitulasi Kontrol Asumsi Phi Tulangan Tarik .	199
Tabel 4. 73 Rekapitulasi Kontrol Asumsi Phi Tulangan Tekan	199
Tabel 4. 74 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol Kekuatan Balok	200
Tabel 4. 75 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan dalam Menahan	
Momen Negatif dan Positif (1)	203
Tabel 4. 76 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan dalam Menahan	
Momen Negatif dan Positif (2)	204
Tabel 4. 77 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Tarik Terpasang	
.....	204
Tabel 4. 78 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Tekan	
Terpasang	205
Tabel 4. 79 Rekapitulasi Kontrol Balok T	206
Tabel 4. 80 Rekapitulasi Cek Kebutuhan Tulangan Torsi	210
Tabel 4. 81 Rekapitulasi Kontrol Penampang terhadap Torsi	211
Tabel 4. 82 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Tulangan Torsi	211
Tabel 4. 83 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Balok pada	
Tumpuan	215
Tabel 4. 84 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Balok pada	
Lapangan	216
Tabel 4. 85 Rekapitulasi Dimensi Awal Perencanaan Kolom	217
Tabel 4. 86 Hasil Analisa SAP2000 Kolom Tipe A	218
Tabel 4. 87 Hasil Analisa SAP2000 Kolom Tipe B	219
Tabel 4. 88 Rekapitulasi Kontrol $\phi M_n$ Kolom Tipe A	220
Tabel 4. 89 Rekapitulasi Kontrol $\phi M_n$ Kolom Tipe B	221
Tabel 4. 90 Rekapitulasi Kontrol Spasi Tulangan Longitudinal	
Kolom Jenis A	222
Tabel 4. 91 Rekapitulasi Kontrol Spasi Tulangan Longitudinal	
Kolom Jenis B	222
Tabel 4. 92 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal	
Kolom Tipe A	223
Tabel 4. 93 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal	
Kolom Tipe B	224



Tabel 4. 94 Rekapitulasi Kontrol Kapasitas Beban Aksial Terfaktor pada Kolom Tipe A .....	225
Tabel 4. 95 Rekapitulasi Kontrol Kapasitas Beban Aksial Terfaktor pada Kolom Tipe B .....	225
Tabel 4. 96 Rekapitulasi Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana Kolom Tipe A.....	227
Tabel 4. 97 Rekapitulasi Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana Kolom Tipe B .....	227
Tabel 4. 98 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom Tipe A .....	229
Tabel 4. 99 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom Tipe B .....	229
Tabel 4. 100 Kebutuhan Tulangan Torsi Kolom Tipe A .....	230
Tabel 4. 101 Kebutuhan Tulangan Torsi Kolom Tipe B .....	231
Tabel 4. 102 Dimensi Perencanaan Dinding Penahan Tanah ...	239
Tabel 4. 103 Parameter Tanah.....	240
Tabel 4. 104 Tegangan Vertikal ( $\sigma_v$ ) .....	241
Tabel 4. 105 Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ ).....	242
Tabel 4. 106 Tegangan Horizontal Air ( $\sigma_h$ ) .....	243
Tabel 4. 107 Nilai Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp) ....	244
Tabel 4. 108 Perhitungan Momen pada Kontrol Guling .....	244
Tabel 4. 109 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Arah X	254
Tabel 4. 110 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Arah Y	254
Tabel 4. 111 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tanah ...	258
Tabel 4. 112 Hasil Analisa Struktur untuk Poer Tipe 1 .....	260
Tabel 4. 113 Hasil Analisa Struktur untuk Poer Tipe 2 .....	261
Tabel 4. 114 Rekapitulasi Kontrol Gaya Momen Tiang Bor pada Poer 1 .....	263
Tabel 4. 115 Rekapitulasi Kontrol Gaya Momen Tiang Bor pada Poer 2 .....	263
Tabel 4. 116 Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Bor pada Poer 1 .....	266
Tabel 4. 117 Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Bor pada Poer 2 .....	267

Tabel 4. 118 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (Pmax) pada Poer 1 .....	274
Tabel 4. 119 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (Pmax) pada Poer 2 .....	274
Tabel 4. 120 Data Perencanaan Poer .....	274
Tabel 4. 121 Rekapitulasi Tulangan Poer .....	285
Tabel 4. 122 Rekapitulasi Tulangan Lentur Sloof .....	289
Tabel 4. 123 Rekapitulasi Tulangan Geser Sloof .....	289

# **BAB I**

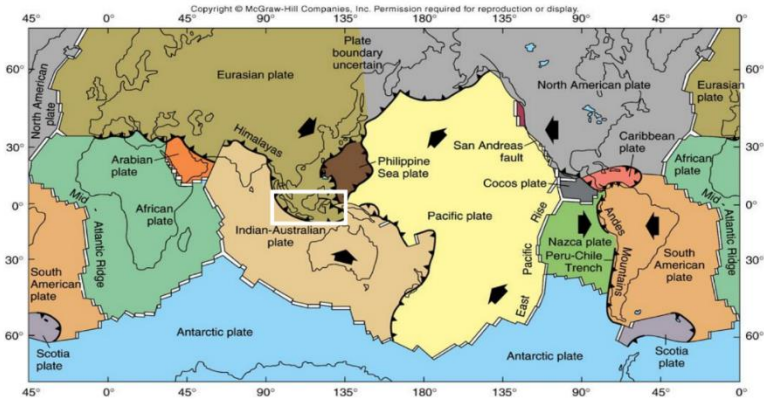
## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Gempa merupakan salah satu fenomena alam yang tidak dapat diprediksi, tidak dapat dihindari serta dijinakkan, sehingga dampak yang ditimbulkan bisa sangat mengerikan (Widodo, 2009). Oleh karena itu perlu adanya pencegahan atau antisipasi kota-kota besar pada suatu negara agar tidak terjadi dampak yang cukup besar dan menimbulkan dampak bagi daerah-daerah disekitarnya. Kota terbesar kedua di Indonesia adalah kota Surabaya, dimana luas wilayah kota kurang lebih 33.048 ha, dan 60,17% luas wilayah adalah kawasan terbangun dan jumlah penduduk kurang lebih 3 juta jiwa. Serta kota Surabaya yang terus berkembang secara dinamis sebagai salah satu pusat regional dan nasional yang kompleks (Bahri dan Madlazim, 2012). Oleh karena itu potensi dampak yang akan sangat besar bagi kota Surabaya dan daerah-daerah disekitar kota Surabaya jika terjadi gempa.

Hal tersebut ditunjang oleh kondisi geologi negara Indonesia yang berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pacific dan lempeng India-Australia yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Menurut pengamatan yang dilakukan Dr Amien Widodo menunjukkan bahwa adanya potesi gempa di dekat kota Surabaya dan sekitarnya. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya sesar aktif di kota Surabaya dan patahan dekat permukaan yang secara umum berarah Timur Laut – Barat Daya dan berasosiasi dengan keberadaan gunung lumpur serta watakosek *escarpment*.

Sebagai objek studi, dipilih gedung Grand Dharmahusada Lagoon yang berlokasi di jalan Dharmahusada Mas III Block A No. 097. Gedung ini memiliki 42 lantai dan 3 basement dan dibangun menggunakan beton bertulang.

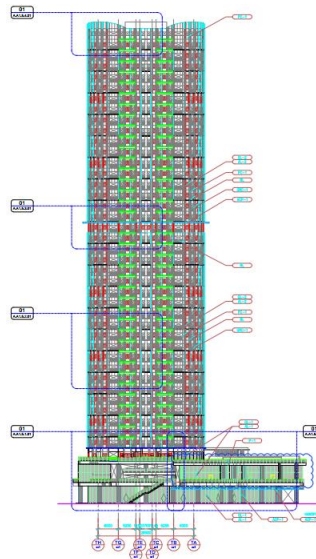


Gambar 1. 1 Kerangka Lempeng Tektonik Dunia

Sumber : Kajian Sesar Sesar di Kota Surabaya dan Sekitarnya

Gedung Grand Dharmahusada Lagoon memiliki fungsi bangunan sebagai apartemen dan dibangun di kota Surabaya dengan kelas situs tanah SD (tanah sedang). Dari fungsi bangunan, data tanah dan potensi adanya gempa di kota Surabaya, sehingga perlu diterapkan desain gedung tahan gempa. Pada dasarnya perencanaan gedung tahan gempa bertujuan untuk mendapatkan struktur gedung dan fasilitasnya mampu menahan beban gempa bumi yang datang dari sembarang arah dan mampu pula berfungsi secara baik dan aman serta ekonomis (Mochammad Teguh, 1994).

Semakin berjalannya waktu semakin banyak teknologi yang dapat digunakan untuk mendesain bangunan tahan gempa. Diantara beberapa metode perancangan struktur tahan gempa, metode *base isolation of structure* dengan menggunakan *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* dirasa salah yang paling menjanjikan untuk perencanaan struktur tahan gempa (Robert Jankowski, 2004). Sehingga metode konvensional gedung tahan gempa seperti shearwall pada Gedung Grand Dharmahusada Lagoon akan digantikan oleh *base isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.



Gambar 1. 2 Tampak Utara GDL

Sumber : Proyek Gedung Grand Dharmahusada Lagoon

Pergantian metode perencanaan struktur tahan gempa konvensional ke metode isolasi dasar dikarenakan perencanaan struktur konvensional selama ini berdasarkan pada konsep bagaimana meningkatkan kapasitas ketahanan struktur terhadap gaya gempa. Hal tersebut dirasa tidak praktis untuk meningkatkan kekuatan struktur dengan tak terbatas. Sehingga dengan penggunaan metode isolasi dasar dilakukan pendekatan desain bukan dengan cara memperkuat struktur bangunan, melainkan dengan mereduksi gaya gempa yang akan bekerja pada struktur. Ditambah lagi penggunaan metode *base isolation* pada struktur gedung dipilih karena dapat memperbesar perioda alami struktur sehingga gaya gempa yang bekerja pada bangunan akan menjadi kecil dan akan meningkatkan kenyamanan orang yang berada didalamnya, serta *intersrory drift* bangunan lebih kecil daripada bangunan konvensional yaitu mendekati nol sehingga bangunan lebih stabil. Secara umum *base isolator* terdiri dari beberapa jenis,

yaitu : (1) *Laminated Rubber (Elastomeric) Bearing*, (2) *Lead Rubber Bearing (LRB)*, (3) *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*, (4) *Friction Pendulum System (FPS)* (Supardi, 2013).

Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini dilakukan modifikasi perencanaan gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan menggunakan *base isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang modifikasi perencanaan gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan menggunakan *base isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB)* diatas dapat ditarik masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder dan primer dengan peraturan yang berlaku?
2. Bagaimana merencanakan *Base Isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB)*?
3. Bagaimana merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur?
4. Bagaimana menjelaskan hasil akhir perencanaan modifikasi dalam bentuk gambar teknik?

## 1.3 Tujuan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :  
Dapat merencanakan struktur sekunder dan primer dengan peraturan yang berlaku.

1. Dapat merencanakan struktur sekunder dan primer dengan peraturan yang berlaku.
2. Dapat merencanakan *Base Isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.
3. Dapat merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur.
4. Dapat menjelaskan hasil akhir perencanaan modifikasi dalam bentuk gambar teknik.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan untuk penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. *Base Isolator* yang digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing* (HDRB).
2. Tidak memperhitungkan manajemen konstruksi, perhitungan analisa biaya dan arsitektural.
3. Perencanaan tidak meliputi instalasi *mechanical electrical*, dan sanitasi.
4. Perencanaan jumlah basement satu basement.

#### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi salah satu pertimbangan perencanaan bangunan tahan gempa menggunakan *Base Isolator: High Damping Rubber Bearing*.
2. Sebagai tambahan ilmu dan pembelajaran mengenai perencanaan *Base Isolator: High Damping Rubber Bearing*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Kebutuhan pembangunan infrastruktur semakin lama mengalami peningkatan. Terutama kebutuhan terhadap struktur bangunan vertikal yang dirasa dapat mengatasi penggunaan lahan bebas untuk sarana infrastruktur. Infrastruktur bangunan tersebut dapat berfungsi sebagai perkantoran, rumah hunian, hotel, pusat perbelanjaan, dan sebagainya. Dari fungsi guna bangunan tersebut terdapat persamaan bahwa struktur gedung diharapkan dapat menahan beban yang akan dipikul struktur tersebut. Beban tersebut diantaranya adalah beban berat sendiri, berat bahan struktur, beban angin dan beban gempa.

Berdasarkan bahannya, struktur gedung secara umum dibedakan menjadi struktur bangunan baja dan struktur bangunan beton. Dari kedua bahan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Untuk bahan baja sering digunakan pada struktur bangunan tinggi, karena dirasa mempunyai berat yang ringan dan mudah dalam metode palaksanaannya. Namun bahan baja mempunyai kekurangan diantaranya mudah menalami korosi atau pengeroposan, lemah terhadap gaya tekan dan tidak tahan terhadap suhu tinggi atau api.

Pada saat ini bahan beton sering dipilih untuk struktur bangunan. Hal tersebut dikarenakan beton mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan baja, diantaranya adalah beton dapat menahan gaya tekan jauh lebih besar dari baja dan dari segi biaya beton lebih ekonomis. Selain itu beton dapat mudah dibentuk sesuai keinginan dan beton mempunyai sifat tahan terhadap panas atau api. Sehingga penggunaan beton bertulang sebagai bahan struktur bangunan lebih cocok dipilih untuk peningkatan pembangunan.

## 2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

Dalam perencanaan konstruksi bangunan perencanaan dituntut merencanakan bangunan yang daktail. Bangunan yang daktail adalah bangunan yang dapat menahan respon inelastik yang diakibatkan oleh beban gempa yang disebut dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem rangka diimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem rangka pemikul momen dapat dibagi menjadi 3, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa adalah sistem yang direncanakan untuk memiliki daktilitas yang paling rendah tapi memiliki kekuatan yang besar. Oleh karena itu desain struktur yang menggunakan SRPMB dapat mengabaikan persyaratan “*Strong Column Weak Beam*” yang dipakai untuk mendesain struktur yang mengandalkan daktilitas yang tinggi.

Menurut SNI 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung mengatur untuk faktor reduksi gempa ( $R$ ) untuk SRPMB=3.

Tabel 2. 1 Ketentuan Pasal 7.2.2 tentang Faktor  $R$ ,  $\Omega_0$  dan  $C_d$  untuk sistem penahan gaya gempa

Kategori Desain Sismik	Jenis Struktur	Faktor Modifikasi Respon ( $R$ )	Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0$ )	Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ )
KDS B	SRPMB (Pasal 21.2)	3	3	2,5
	SRPMM (Pasal 21.3)	5	3	4,5

Kategori Desain Sismik	Jenis Struktur	Faktor Modifikasi Respon (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0$ )	Faktor Pembesaran Defleksi (Cd)
	SRPMK (Pasal 21.5-21.8)	8	3	5,5
KDS C	SRPMM (Pasal 21.3)	5	3	2,5
	SRPMK (Pasal 21.5-21.8)	8	3	5,5
KDS D, E dan F	SRPMK (Pasal 21.5-21.8)	8	3	5,5

### 2.3 Base Isolation Elastomeric Rubber Bearing

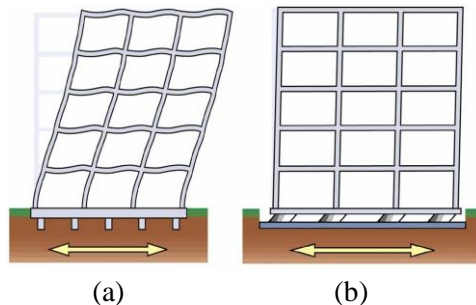
*Base Isolation* atau sering disebut *seismic isolation* diciptakan untuk mengantisipasi beban gempa (*seismic*). Menurut Ismail (2012) mendefinisikan bahwa *seismic isolation* adalah sebagai bagian yang dapat memisahkan struktur atas dengan pondasi, atau bagian lain yang memang dapat memisahkan struktur bawah.

*Base isolator* terdiri dari lapisan-lapisan karet baik karet alam maupun karet sintetis yang mempunyai ratio redaman tertentu. Untuk menahan beban vertikal (agar tidak terjadi tekuk), maka didalam karet diberi lempengan baja yang dilekatkan pada lapisan karet dengan system vulkanisir.

Penggunaan bantalan lapis karet dan baja berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan sebagai penahan stabilitas bangunan ketika terjadi gempa, dan berfungsi mengisolasi beban gempa yang terjadi agar tidak sampai menyentuh struktur atas bangunan. Mekanisme kerja dari base isolator adalah menggunakan karet untuk mengurangi getaran

gempa sedangkan lempengan baja digunakan untuk menambah kekakuan bantalan karet sehingga defleksi dan deformasi bangunan saat bertumpu diatas bantalan karet tidak terlalu besar seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1. Pada saat terjadi gempa dengan adanya base isolator memungkinkan bangunan bergerak bebas. Ragam getar pertama bangunan hanya menimbulkan deformasi lateral pada sistem isolasi, sedangkan pada struktur atas akan berperilaku sebagai rigid *body motion*. Ragam-ragam getar yang lebih tinggi yang menimbulkan deformasi pada struktur adalah orthogonal terhadap ragam pertama dan erakan tanah sehingga ragam getar ini tidak ikut berpartisipasi didalam respon struktur, atau dengan kata lain energi gempa tidak disalurkan ke struktur bangunan (Suardi, 2013).

Prinsip utama dan cara kerja base isolator adalah dengan memperpanjang waktu getar alami struktur diluar frekuensi dominan gempa terhadap waktu getar sehingga gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan menjadi lebih kecil.



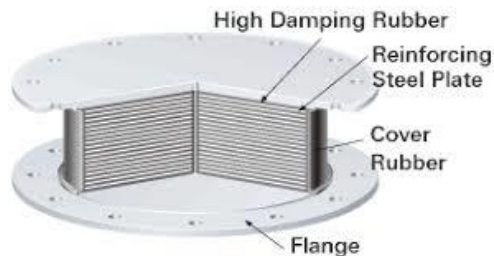
Gambar 2. 1 Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan Fixed Base (a) dan Base Isolator (b)

Sumber : Ismail (2002)

Pada umumnya tipe base isolation elastomeric rubber bearing yang sering digunakan adalah tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB) dan Lead Rubber Bearing (LRB).

## 2.4 High Damping Rubber Bearing

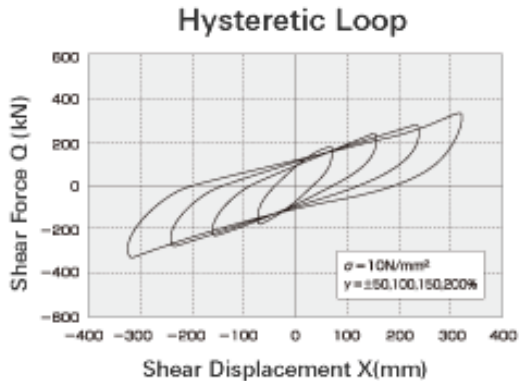
*High Damping Rubber Bearing* seperti digambarkan pada Gambar 2.2 *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) adalah bantalan karet peredam yang terbuat dari karet alam yang memiliki disipasi energi dari campuran elastomer. Rasio redamannya umumnya berkisar antara 8% sampai 20% dan memiliki modulus elastisitas antara 0,34 MPa hingga 1,40 MPa. Material yang digunakan bersifat nonlinear pada regangan geser yang bernilai kurang dari 20% dan dapat dilihat dari kekakuan dan redaman yang lebih tinggi. Hal tersebut untuk meminimalisir respon terhadap beban angin dan beban gempa (*seismic*) tingkat rendah (Nassani dan Abdulmajeed, 2015).



Gambar 2.2 *High Damping Rubber Bearing*

Sumber : *Isolation Bridgestone Brosure*

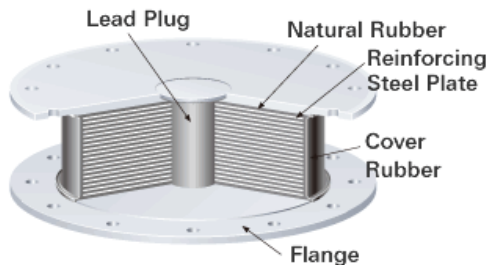
Regangan geser pada rentang 20% - 120% menghasilkan modulus yang rendah dan konstan. Sedangkan pada gaya geser yang lebih besar akan menghasilkan modulus dan disipasi energi meningkat. Peningkatan kekakuan dan redaman pada regangan yang besar dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan struktur yang kaku dan dapat membatasi perpindahan yang tak terduga yang melebihi desain (Nassani dan Abdulmajeed, 2015). Sehingga dapat digambarkan seperti diagram *hysteretic loop* pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Hysteretic Loop of HDRB*  
Sumber : *Isolation Bridgestone Brosure*

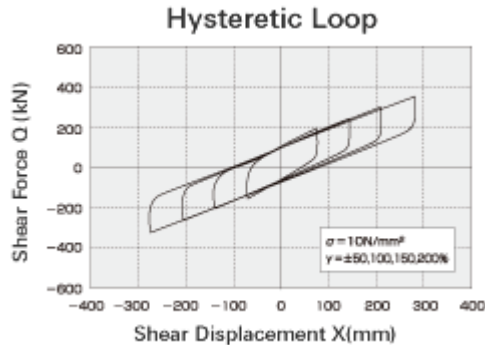
## 2.5 *Lead Rubber Bearing*

*Lead Rubber Bearing* (LRB) seperti digambarkan pada Gambar 2. 4 *Lead Rubber Bearing* pada umumnya terbuat dari bahan elastomer redaman rendah dengan inti baja yang ada ditengahnya seperti pada Gambar 2.4. Dengan ukuran diameter antara 15% sampai 33 % dari diameter total. Baja yang terletak ditengah berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya gempa dan perpindahan (Nassani dan Abdulmajeed, 2015).



Gambar 2. 4 *Lead Rubber Bearing*  
Sumber : *Isolation Bridgestone Brosure*

Bantalan karet dapat menahan perpindahan yang terjadi untuk mendukung isolasi seismik. Dengan menggabungkan bantalan karet dan baja di tengahnya akan menghasilkan disipasi energi hysteresis dan redaman yang diperlukan, seperti pada *hysteretic loop* pada Gambar 2.5.

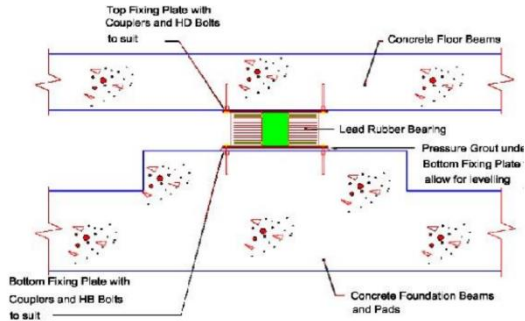


Gambar 2. 5 *Hysteretic Loop of LRB*  
Sumber : *Isolation Bridgestone Brosure*

## 2.6 Pemasangan *Base Isolator*

Secara konsep isolator dipasang diantara pondasi dan struktur atas. Desain sambungan dipastikan dapat mentransfer gaya maksimum dengan aman dari pondasi ke base isolator dan selanjutnya ke struktur atas. Direncanakan hubungan dari *base isolator* pada suatu struktur harus mampu mentransfer gaya geser, beban vertikal dan momen lentur. Secara umum konsep pemasangan base isolator pada struktur gedung seperti pada Gambar 2.6.

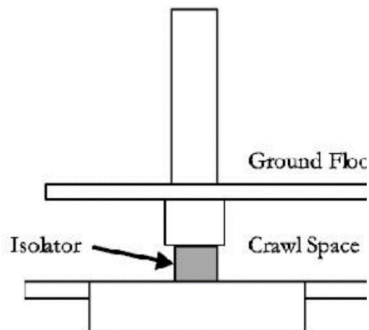
Dalam pemasanngannya, pada sistem isolasi seismic mempunyai syarat instalasi bangunan dapat bergerak secara horizontal minimal 100 mm dan dalam kasus tertentu sampai dengan 1 meter. Berikut adalah lokasi pemasangan base isolator pada gedung:



Gambar 2. 6 Pemasangan *Base Isolator* pada Gedung  
Sumber : [www.academia.edu](http://www.academia.edu)

#### 1) Bangunan tanpa basement

Pada bangunan tanpa basement, isolator ditempatkan diantara pondasi dan struktur atas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Tinggi bebas spasi (*crawl space*) biasanya dirancang sedemikian hingga dapat memberikan keleluasan untuk dilakukannya inspeksi dan kemungkinan penggantian isolator. Tinggi bebas spasi yang umum digunakan adalah berkisar antara 1,2 – 1,5 meter.

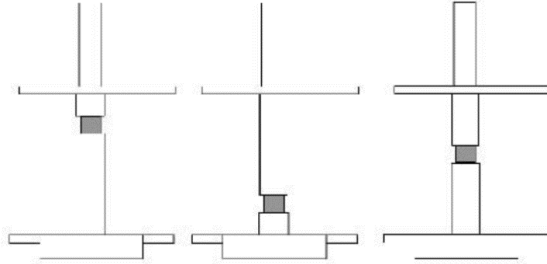


Gambar 2. 7 Pemasangan Base Isolator pada Bangunan  
Tanpa Basement  
Sumber : [www.academia.edu](http://www.academia.edu)



## 2) Bangunan dengan basement

Pada bangunan dengan basement, maka lokasi pemasangan isolator biasa ditempatkan di puncak kolom, tengah-tengah, atau pada bagian dasar kolom/dinding basement seperti pada Gambar 2.8.

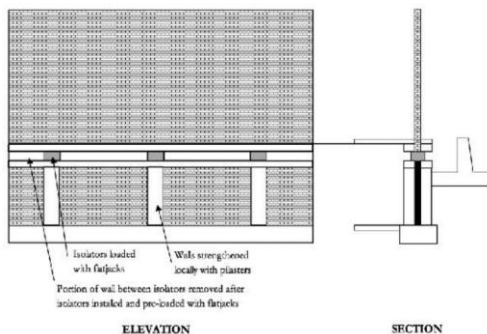


Gambar 2. 8 Pemasangan Base Isolator pada Bangunan dengan Basement

Sumber : [www.academia.edu](http://www.academia.edu)

## 3) Instalasi isolator pada dinding

Untuk instalasi isolator yang diletakkan pada dinding, maka dinding tersebut harus diperkuat untuk bias mentransfer momen lentur dari gaya-gaya yang bekerja pada isolator ke pondasi, dalam hal ini biasanya pilar segi empat seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Pemasangan Base Isolator pada Dinding Bangunan

Sumber : [www.academia.edu](http://www.academia.edu)

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

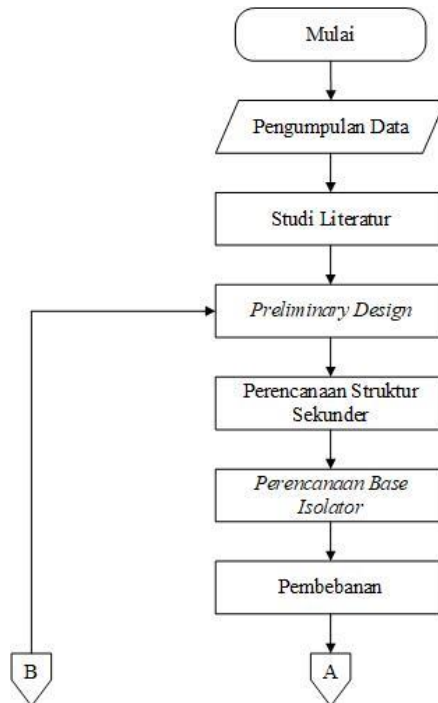
## BAB III METODOLOGI

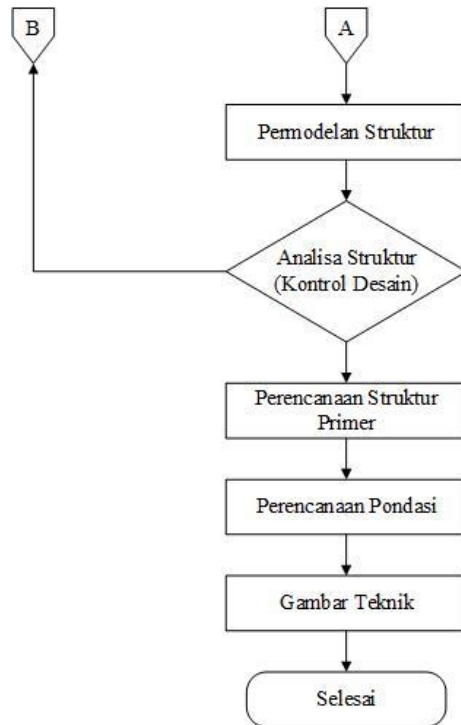
### 3.1 Umum

Dalam penyelesaian tugas akhir ini diperlukan langkah-langkah yang tepat, dimulai dari pengumpulan data perencanaan hingga pembuatan gambar teknik dari tugas akhir ini. Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan dalam membantu pengerjaan tugas akhir ini.

### 3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut adalah *flow chart* langkah pengerjaan tugas akhir ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1 berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir

### 4.3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Berdasarkan *flow chart* diatas, berikut adalah metodologi pengerjaan tugas akhir secara terperinci:

#### 4.3.1 Pengumpulan Data

Dalam penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan modifikasi perencanaan dari gedung apartemen Grand Dharmahusada Lagoon. Adapun data yang telah dikumpulkan sebagai berikut:

- 1) Data Umum
  - Nama Gedung : Apartement Grand Dharmahusada Lagoon
  - Lokasi : Jl. Dharmahusada Mas III Blok A No. 097
  - Fungsi Bangunan : Apartement
  - Jumlah Lantai : 42
  - Jumlah Basement : 3
  - Struktur Utama : Struktur beton bertulang
  
- 2) Data Modifikasi
  - Nama Gedung : Apartement Grand Dharmahusada Lagoon
  - Lokasi : Jl. Dharmahusada Mas III Blok A No. 097
  - Fungsi Bangunan : Apartement
  - Jumlah Lantai : 42
  - Jumlah Basement : 1 (Lantai Pemeliharaan)
  - Struktur Utama : Struktur beton bertulang dengan *base isolator tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB)*
  - Mutu Bahan : Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) 40 MPa, tulangan ( $f_y$ ) 420 Mpa
  
- 3) Data Tanah
  - Kelas Situs : Terlampir
  
- 4) Data Gambar
  - Gambar Struktur : Terlampir

### 3.3.2 Studi Literatur

Dilakukan studi terhadap literatur yang membahas hal-hal dalam Tugas Akhir ini dan mengacu peraturan (*code*) yang berkaitan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

Adapun berikut adalah beberapa peraturan dan literatur yang digunakan sebagai acuan perencanaan dalam Tugas Akhir ini:

- 1) SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- 2) SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung
- 3) SNI 1727:2013 tentang Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah Dan Gedung
- 4) Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983
- 5) ACI 318-11 *Building Code Requirements for Structural Concrete*

### 3.3.3 Preliminary Design

*Preliminary design* dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2013. Pada Tugas Akhir ini dalam perencanaan digunakan Sistem Struktur Pemikul Momen Biasa.

#### 3.3.3.1 Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat dilakukan langkah perhitungan sebagai berikut:

- 1) Syarat penentuan pelat dua arah diatur sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2.

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2 \quad (3.1)$$

Dimana :

$l_y$  = bentang panjang balok interior (m)

$l_x$  = bentang pendek balok interior (m)

- 2) Dimensi pelat satu arah minimum diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5(a).
- 3) Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan disetiap sisinya diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

- a. Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih dari 0.2 harus sesuai pasal 9.5.3.2
- b. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0.2 tapi tidak lebih dari 2,0, maka  $h$  pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0.2)} \quad (3.2)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (3.3)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana :

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

$l_n$  = panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok.

$\beta$  = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat.

- 4) Kontrol tebal pelat terhadap lendutan diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5 (b).

### 3.3.3.2 Dimensi Balok

Tebal minimum balok non-prategang ( $h_{min}$ ) dapat dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 dan 9.5.2.2 tabel 9.5(a).

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non-prategang dan Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

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

Sumber : SNI 2847:2013

### 3.3.3.3 Dimensi Kolom

Perhitungan dimensi kolom dilakukan setelah menjumlah total beban yang akan membebani kolom tersebut. Dimana faktor reduksi terhadap nilai beban hidup diberikan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 4.7.3. Perhitungan luas penampang kolom



berdasarkan beban aksial yang diterima kolom dibagi dengan mutu beton yang terkena faktor reduksi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 seperti ditunjukkan pada persamaan (3.4) dibawah ini.

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'} \quad (3.4)$$

Dimana :

- A = luas penampang kolom
- W = beban total yang dipikul kolom
- $f_c'$  = mutu beton kolom
- $\phi$  = faktor reduksi kekuatan (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2, 9.3.4, dan 9.3.5)

### 3.3.4 Pembebanan

Pembebanan pada struktur dilakukan dengan berdasarkan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban yang akan diterima struktur gedung adalah berupa beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

#### 1) Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1), serta juga diatur dalam PPIUG 1983.

#### 2) Beban hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa,

beban banjir, atau beban mati. Menurut SNI 1727:2013 pasal 4.7.2, untuk beban hidup merata terdapat reduksi sesuai rumus dibawah ini.

$$L = L_o \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \quad (3.5)$$

Dimana :

- L = beban hidup rencana tereduksi per m<sup>2</sup> dari luasan yang didukung oleh komponen struktur
- L<sub>o</sub> = beban hidup rencana tanpa reduksi per m<sup>2</sup> dari luasan yang didukung oleh komponen struktur (lihat tabel 4-1)
- K<sub>LL</sub> = faktor elemen beban hidup (lihat tabel 4-2)
- A<sub>T</sub> = luas tributari dalam (m<sup>2</sup>)

L tidak boleh kurang dari 0,5L<sub>o</sub> untuk komponen struktur yang mendukung satu lantai dan L boleh kurang dari 0,4L<sub>o</sub> untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih dari dua lantai. Pengecualian terdapat seperti yang telah dijelaskan pada SNI 1727:2013 pasal 4.7.2.

### 3) Beban angin

Struktur harus dapat menahan beban angin yang dijelaskan dalam SNI 1727:2013 pasal 26.1.1 sampai dengan pasal 31. Dalam pasal tersebut menjelaskan bahwa suatu struktur termasuk Penahan Beban Angin Penahan Utama (SPBAU) dan harus dirancang sesuai ketentuan pada pasal tersebut.

### 4) Beban tanah

Dalam perencanaan struktur dibawah tanah harus memperhatikan beban lateral karena tekanan tanah. Beban lateral minimum diatur dalam SNI 1727:2013 tabel 3-1.

Tegangan tanah aktif :

$$\sigma = Ka_{\gamma} \times \gamma \times z_1 + Ka_q \times q_1 - \sqrt{Ka_c} \times 2c \quad (3.6)$$

Tegangan tanah pasif :

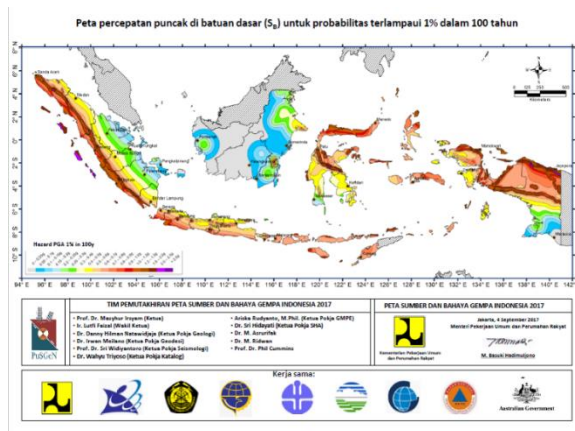
$$\sigma = Kp_\gamma \times \gamma \times z_2 + Kp_q \times q_1 - \sqrt{Kp} \times 2c \quad (3.7)$$

Tekanan tanah lateral adalah luasan dari diagram tegangan tanah.

### 5) Beban gempa

Analisa beban gempa dilakukan berdasarkan SNI 1726:2012. Berikut adalah langkah-langkah menghitung beban gempa:

- a. Penentuan wilayah gempa, dalam menentukan wilayah dapat dilihat pada gambar peta sumber bahaya dan gempa Indonesia 2017 sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017  
Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

- b. Respon seismik ( $C_s$ )  
SNI 1726:2012

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.8)$$

Dimana :

$S_{DS}$  = percepatan spektrum respons desain dalam

- rentan periode pendek  
 R = faktor modeifikasi respons (SNI 1726:2012  
 Tabel 7.2-1)  
 Ie = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai  
 SNI 1726:2012 Tabel 6.4  
 Nilai  $C_s$  maksimum tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.9)$$

c. Gaya geser dasar dan gaya seismic lateral

$$V = C_s \times W \quad (3.10)$$

$$C_{VX} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (3.11)$$

Dimana :

- $C_s$  = koefisien respons seismic SNI 1726:2012 pasal  
 7.8.1.1  
 W = berat seismic efektif menurut SNI 1726:2012  
 pasal 7.7.2

d. Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013  
 pasal 9.2.1

➤  $U = 1,4D$  (3.12)

➤  $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$  (3.13)

➤  $U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$  (3.14)

➤  $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$  (3.15)

➤  $U = 1,2D + 1,0L + 1,0E$  (3.16)

➤  $U = 0,9D + 1,0W$  (3.17)

➤  $U = 0,9D + 1,0E$  (3.18)

### 3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder dilakukan sebelum perencanaan struktur primer dikarenakan struktur sekunder akan meneruskan beban ke struktur utama. Dimana pada tugas akhir ini direncanakan struktur sekunder berupa tangga, balok anak dan perencanaan lift.

#### 3.3.5.1 Tangga

Diasumsikan dalam permodelan pada SAP2000 perencanaan tangga perletakan yang digunakan adalah jepit-jepit. Dimana dalam perencanaan tangga harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

- a)  $64 \leq 2.t + i \leq 65$
- b) Syarat kemiringan tangga :  $20 \leq \alpha \leq 40$

Dimana :

- |          |                     |
|----------|---------------------|
| t        | = tinggi tanjakan   |
| i        | = lebar injakan     |
| $\alpha$ | = kemiringan tangga |

#### 3.3.5.2 Balok anak

Direncanakan beban balok anak adalah beban pelat yang diasumsikan pembagian transfer beban berbentuk trapezium, segitiga dan dua segitiga. Setelah dimensi didapatkan seperti dalam perhitungan sebelumnya, maka beban yang ditumpu balok anak akan digunakan untuk menentukan tulangan lentur dan geser.

#### 3.3.5.3 Perencanaan Lift

Perencanaan lift dilakukan dengan memperhitungkan analisa ruang lift, balok penggantung katrol lift dan balok penumpu.

### 3.3.6 Perencanaan *Base Isolator*

Perencanaan struktur dengan menggunakan isolasi sesimik harus direncanakan dan dibangun berdasarkan persyaratan-persyaratan yang telah diatur pada SNI 1726:2012 pasal 12.

### 3.3.6.1 Persyaratan Perencanaan Umum

Dalam SNI 1726:2012 pasal 12.2 mengatur perencanaan struktur dengan isolasi dasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Faktor keutamaan gempa

Semua bagian struktur dengan isolasi seismic harus menggunakan faktor keutamaan ( $I_e$ ) sebesar 1,0, tanpa membedakan kategori resiko yang diterapkan.

2. Parameter percepatan respons spectral  $MCE_R$ ,  $S_{MS}$  dan  $S_{MI}$   
Direncanakan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.2

3. Sistem isolasi

Selain persyaratan-persyaratan untuk beban-beban vertikal dan lateral akibat angin dan gempa, struktur dengan isolasi dasar juga harus memperhatikan persyaratan perencanaan yang diatur pada SNI 1726:2012 pasal 12.2.4 sebagai berikut:

a) Kondisi lingkungan

Sistem isolasi harus memperhitungkan keadaan lingkungan lainnya, termasuk pengaruh usia, rangkai, Lelah (*fatigue*), suhu operasional, dan pengaruh dari kelembaban atau bahan-bahan lain yang merusak

b) Beban angin

Di batas pemisahan isolasi, untuk membatasi perpindahan lateral sistem isolasi sehingga perlu disediakan pengekang angin ditujukan agar perpindahan lateral sistem isolasi sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI 1726:2012 pasal 12.5.6.

c) Ketahanan kebakaran

Elemen kolom, dinding, dan elemen-elemen penahan beban gravitasi lainnya didaerah yang sama harus memenuhi syarat ketahanan kebakaran sesuai dengan syarat.

d) Gaya pemulih lateral

Gaya pemulih harus direncanakan sehingga gaya lateral pada saat perpindahan rencana total adalah

sekurang-kurangnya 0,025W lebih besar dari gaya yang terjadi pada 50 persen dari perpindahan rencana total.

- e) Pengekang perpindahan  
Struktur dengan sistem isolasi dasar tidak diperbolehkan direncanakan menggunakan pengekang perpindahan lateral akibat gempa maksimum yang dipertimbangkan yang lebih kecil daripada perpindahan maksimum total.
- f) Stabilitas beban vertikal  
Setiap elemen sistem harus direncanakan agar stabil akibat beban vertical rencana yang mengalami suatu perpindahan horizontal sama dengan perpindahan maksimum total.
- g) Guling  
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 harus ditinjau.
- h) Pemeriksaan dan penggantian  
Untuk kepentingan pemeriksaan dan penggantian isolator maka perlu disediakan jalan/akses untuk semua komponen isolasi. Struktur dengan isolasi dasar harus mempunyai suatu program pengawasan, pemeriksaan dan perawatan secara berkala terhadap sistem isolasi.

### **3.3.6.2 Gerak tanah untuk sistem isolasi**

#### **1. Spektrum rencana**

Tata cara penentuan gerak tanah spesifik-situs yang ditetapkan di SNI 1726:2012 pasal 6 boleh digunakan untuk menentukan gerak tanah untuk semua jenis struktur. Untuk struktur dengan kelas situs SF, analisis respons situs harus dilakukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.10.2. Suatu

spektrum rencana harus dibuat untuk gerak tanah  $MCE_R$ . Spektrum untuk gerak tanah  $MCE_R$  harus tidak boleh kurang dari 1,5 kali spektrum untuk gerak tanah gempa rencana.

## 2. Riwayat gerak tanah

Jika prosedur respons spektrum digunakan, rekaman gerak tanah harus terdiri dari pasangan komponen-komponen percepatan gerak tanah horizontal yang sesuai pada SNI 1726:2012 pasal 11.1.3.2, dengan catatan  $0,2T$  dan  $1,5T$  digantikan masing-masing menjadi  $0,5T_D$  dan  $1,25T_M$ , dimana  $T_D$  dan  $T_M$  dijelaskan pada SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.

### 3.3.6.3 Pemilihan prosedur analisis

Dalam melakukan proses analisis struktur isolasi dasar terdapat pemilihan prosedur analisis yang telah diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 12.4. Struktur dengan isolasi dasar, kecuali yang memenuhi persyaratan prosedur gaya lateral ekuivalen pada SNI 1726:2012 pasal 12.4.1 harus direncanakan dengan prosedur dinamis. Berikut adalah syarat perencanaan struktur isolasi dasar dengan menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen :

1. Struktur terletak di situs dengan  $S_1$  kurang atau sama dengan 0,60g.
2. Struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD.
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 seperti yang dideskripsikan pada SNI 1726:2012 pasal 3.
4. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum,  $T_M$ , kurang atau sama dengan 3,0 detik.
5. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan rencana,  $T_D$ , lebih besar dari 3 kali periode elastic struktur *fixed base* dari struktur dengan isolasi dasar.
6. Sistem isolasi harus memenuhi kriteria sebagai berikut :



- a) Kekakuan efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana lebih besar dari 1/3 kekakuan efektif pada saat 20 persen perpindahan rencana.
- b) Sistem isolasi mampu menghasilkan suatu gaya pemulih.
- c) Sistem isolasi tidak membatasi perpindahan gempa maksimum yang mempertimbangkan lebih kecil dari perpindahan maksimum total.

### 3.3.6.4 Prosedur analisis dinamis

Berdasarkan syarat yang telah ditentukan diatas, maka struktur yang akan digunakan sebagai objek akan dilakukan prosedur analisis dinamis seperti dijelaskan pada SNI 1726:2012 pasal 12.6.

#### 1. Prosedur spektrum respons

Analisis respon spektrum harus dilakukan menggunakan nilai redaman fundamental dari arah yang ditinjau tidak lebih besar dari nilai yang terkecil dari redaman efektif sistem isolasi atau 30 persen redaman kritis. Nilai redaman harus sesuai untuk analisis respon spektrum struktur di atas sistem isolasi yang diasumsikan *fixed base*.

Analisis respon spektrum digunakan untuk menentukan perpindahan rencana total dan perpindahan maksimum yang didapatkan melalui model yang digetarkan oleh 100 persen di arah kritis dan 30 persen di arah tegak lurus nya.

Gaya geser rencana di setiap tingkat tidak boleh kurang dari gaya geser tingkat yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3.19) dan suatu nilai  $V_s$  yang sama dengan gaya geser dasar yang diperoleh dari analisis respon spektrum di arah yang ditinjau.

$$F_x = \frac{V_s W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad (3.19)$$

Dimana :

$F_x$  = bagian  $V_s$  yang bekerja di tingkat x.

- $V_s$  = gaya gempa lateral rencana total atau geser dari elemen-elemen di atas sistem isolasi.
- $W_x$  = bagian dari  $W$  yang ditempatkan / dipasang ditingkat  $x$ .
- $h_x$  = tinggi tingkat  $x$  dari dasar

## 2. Perpindahan dan gaya lateral minimum

- a) Sistem isolasi dan elemen struktur di bawah sistem isolasi

Elemen struktur dibawah sistem isolasi yang dimaksud adalah sistem isolasi, fondasi dan semua elemen structural di bawah sistem isolasi harus direncanakan dengan persyaratan sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan gaya-gaya diperoleh dari analisis dinamis tanpa pengurangan (reduksi), namun gaya lateral rencana harus diambil tidak kurang dari 90 persen  $V_b$  yang ditentukan sesuai persamaan (3.20):

$$V_b = k_{Dmax} D_D \quad (3.20)$$

Dimana :

$k_{Dmax}$  = kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.

$D_D$  = perpindahan gempa lateral minimum yang didapatkan dari persamaan (3.21).

Berikut adalah persamaan perpindahan gempa lateral minimum :

$$D_D = \frac{g \cdot S_{D1} \cdot T_D}{4 \cdot \pi \cdot B_D} \quad (3.21)$$

Dimana :

$g$  = percepatan gravitasi ( $mm/det^2$ )

$S_{D1}$  = parameter percepatan spectral rencana dengan redaman 5 persen pada periode 1 detik

$T_D$  = periode efektif struktur dengan isolasi seismic, dalam detik, pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam

persamaan (3.22)  
 $B_D$  = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana,  $\beta_D$ , seperti diatur pada Tabel 3.2 .

Tabel 3. 2 Koefisien Redaman,  $B_D$  atau  $B_M$ 

Redaman Efektif, $\beta_D$ atau $\beta_M$ (Persentase dari Redaman Kritis) <sup>a,b</sup>	Faktor $B_D$ atau $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
$\geq 50$	2,0

Sumber : SNI 1726:2012

Berikut adalah persamaan perioda efektif struktur dengan isolasi seismik:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Dmin} \cdot g}} \quad (3.22)$$

Dimana :

$W$  = berat sismik efektif di atas pemisah isolasi  
 $k_{Dmin}$  = kekakuan efektif minimum sistem isolasi (kN/mm)

Perpindahan maksimum sistem isolasi,  $D_M$ , pada arah yang paling menentukan dari respons horizontal harus dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$D_M = \frac{g \cdot S_{M1} \cdot T_M}{4\pi^2 B_M} \quad (3.23)$$

Dimana :

- $S_{MI}$  = parameter percepatan spectral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5 persen pada perioda 1 detik
- $T_M$  = perioda efektif struktur dengan isolasi seismic, dalam detik, pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan
- $B_M$  = koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum,  $\beta_M$ , seperti pada Tabel 3.2.

Perioda efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan maksimum,  $T_M$ , harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Mmin} \cdot g}} \quad (3.24)$$

Dimana :

- $k_{Mmin}$  = kekakuan efektif minimum sistem isolasi (kN/mm), pada saat perpindahan maksimum di arah horizontal yang ditinjau.

Batasan perpindahan yang ditetapkan harus dievaluasi dengan menggunakan nilai  $D_{TD}$  dan  $D_{TM}$  seperti yang dirumuskan dalam persamaan (3.25) dan persamaan (3.26) kecuali jika  $D'_D$  diijinkan untuk digunakan sebagai pengganti  $D_D$  dan  $D'_M$  diijinkan untuk digunakan sebagai pengganti  $D_M$  seperti dirumuskan dalam persamaan (3.27) dan persamaan (3.28).

$$D_{TD} = D_D \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (3.25)$$

$$D_{TM} = D_M \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (3.26)$$

Dimana :

- y = jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan, diukur tegak lurus terhadap arah beban gempa yang ditinjau.
- e = eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas batas pemisah isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil 5 persen 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.

$$D'_D = \frac{D_D}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}} \quad (3.27)$$

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}} \quad (3.28)$$

Dimana :

- T = perioda elastis struktur *fixed base*
- TD = perioda efektif struktur dengan isolasi seismic pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau
- TM = perioda efektif struktur dengan isolasi seismic pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau

b) Elemen-elemen structural di atas sistem isolasi

Elemen struktur di atas sistem isolasi harus direncanakan dengan menggunakan persyaratan struktur tanpa isolasi dan gaya-gaya yang diperoleh dari analisis dinamis dibagi faktor

R<sub>1</sub> seperti persamaan (3.29) gaya geser lateral rencana di atas sistem isolasi tidak boleh kurang dari 80 persen V<sub>s</sub> atau kurang dari batasan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 pasal 12.5.4.3.

$$V_S = \frac{k_{Dmax} D D}{R_1} \quad (3.29)$$

Dimana :

R<sub>1</sub> = koefisien numerik yang berhubungan dengan tipe sistem penahan gaya gempa di atas sistem isolasi.

Batasan V<sub>s</sub> diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 12.5.4.3. Dimana nilai V<sub>s</sub> tidak boleh diambil kurang dari nilai-nilai berikut :

- Gaya gempa lateral *fixed base structure* dengan berat (W) yang sama dan periode yang sama (T<sub>D</sub>).
- Gaya geser sesuai dengnagn desain beban angin.
- Gaya lateral yang disyaratkan pada sistem *isolation* dengan faktor 1,5.

### 3.3.6.5 Batasan simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai maksimum struktur dengan analisis respon spektrum isolasi dasar tidak boleh melebihi batasan 0,015h<sub>sx</sub>. Simpangan antar lantai harus dihitung berdasarkan persamaan :

$$\delta_x = \frac{c_D \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.30)$$

Dimana :

C<sub>d</sub> = faktor implikasi defleksi (Tabel 9 SNI 1726:2012).

δ<sub>xe</sub> = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisa elastis.

I<sub>e</sub> = faktor keutamaan gempa (Pasal 4.1.2 SNI 1726:2012).

### **3.3.6.6 Desain Dimensi High Damping Rubber Bearing (HDRB)**

Setelah dilakukan permodelan struktur *fixed base*, kemudian adalah memodelkan struktur menggunakan *base isolator* dengan mengganti perletakan dengan *isolation device*. Maka dari itu terlebih dahulu dibutuhkan parameter kekakuan *isolator*.

1. Penentuan kekakuan *base isolator* (*Base Isolation*)  
Dengan diperolehnya parameter saat analisa *fixed base* (periode natural bangunan dan reaksi perletakan) maka akan ditentukan nilai kekakuan vertikal ( $K_v$ ) dan nilai kekakuan horizontal ( $K_h$ ) dari *isolator device*. Parameter ini dibutuhkan saat memodelkan struktur yang menggunakan *base isolator*.
2. Penentuan dimensi *High Damping Rubber Bearing*  
Dari parameter gaya dan reaksi analisa struktur *fixed base* dapat didesain kebutuhan dimensi *base isolator*.
3. Data *High Damping Rubber Bearing*  
Data *base isolator* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah brosur spesifikasi HDRB katalog Bridgestone (terlampir).

### **3.3.7 Permodelan dan Analisa Struktur**

#### **3.3.7.1 Permodelan Struktur Utama**

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000 dengan memasukkan beban-beban yang telah dihitung pada sub-bab sebelumnya. Dari analisa SAP2000 didapatkan gaya dalam pada struktur utama. Sehingga selanjutnya dapat menghitung pendetailan elemen-elemen struktur utama berupa perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

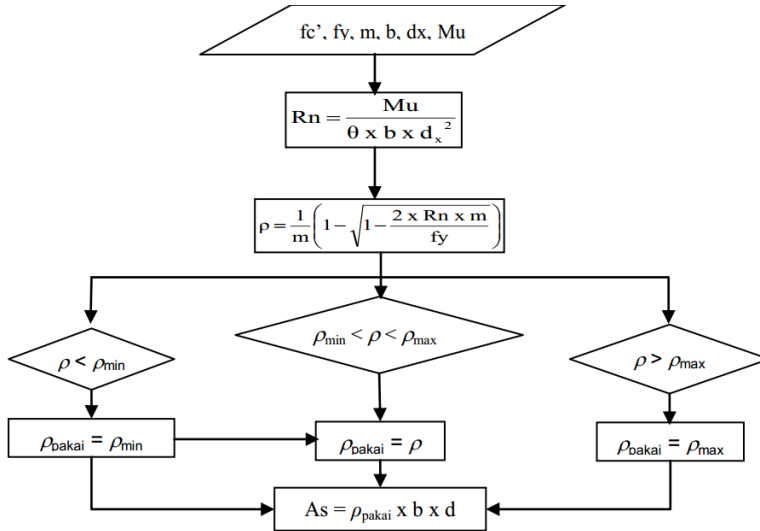
#### **3.3.8 Perencanaan Struktur Utama**

Hasil gaya-gaya dalam terbesar dari semua kombinasi yang dimasukkan dalam permodelan struktur sebelumnya akan menjadi acuan dalam merencanakan penulangan struktur utama.

Penulangan yang dihitung dalam tugas akhir ini meliputi penulangan pelat, balok dan kolom.

1. Perencanaan penulangan pelat

a) Perhitungan Tulangan Lentur Pelat



Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Lentur Pelat

b) Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4. Dimana apabila Sengkang tertutup tidak diperlukan, Sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus disasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang Panjang komponen struktur berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4.

c) Perhitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1.

d) Kontrol Retak Tulangan



Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.6.4.

## 2. Perencanaan penulangan balok

Balok merupakan struktur yang akan memikul beban lentur, sehingga perlu diperhitungkan tulangan lentur dan geser. Direncanakan perhitungan penulangan balok harus memenuhi persyaratan untuk komponen Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SPRMB) yang dapat menahan beban gempa dan beban lentur. Perencanaan penulangan balok harus memenuhi ketentuan dalam SNI 2847:2013 pasal 21.2. Adapun dalam tugas akhir ini perhitungan penulangan balok mengikuti tahapan sebagai berikut:

- a) Menentukan data-data perencanaan tulangan berupa diameter tulangan ( $d$ ), mutu baja ( $f_y$ ), kuat tekan beton ( $f'_c$ ), dan momen ultimate balok ( $M_u$ ).
- b) Menentukan syarat kebutuhan tulangan longitudinal minimum ( $\rho_{\min}$ ) dan kebutuhan tulangan maksimum ( $\rho_{\max}$ ) sesuai dengan SNI 2847:2013.

Kebutuhan tulangan maksimum :

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b \quad (3.31)$$

(SNI 2847:2013 lampiran b (10.3.3))

Kebutuhan tulangan minimum :

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3.32)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.33)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

Kebutuhan tulangan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right) \quad (3.34)$$

(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.7)

Dimana kebutuhan rasio tulangan yang diperlukan harus memenuhi  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ .

- c) Menentukan jumlah dan spasi tulangan longitudinal sesuai SNI 2847:2013 pasal 7.6.
- d) Menghitung kebutuhan tulangan geser yang harus memenuhi kapasitas terhadap momen probable yang terjadi. Perhitungan tulangan geser diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 21.5.3. Kuat geser nominal dari penampang merupakan gabungan kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ ).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.35)$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.1.1)

$$V_c = 0,17 \cdot \alpha \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (3.36)$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1)

$$\emptyset V_n \geq V_u \quad (3.37)$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.1)

Dimana :

$\emptyset$  = reduksi kekuatan untuk geser (0,75)

- e) Menentukan jarak tulangan geser sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2.
- f) Kontrol torsi perlu diperhatikan dalam perencanaan. Pengaruh torsi dapat diabaikan apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

$$Tu < \emptyset. 0,083. \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \quad (3.38)$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$Tu \leq \emptyset Tn \quad (3.39)$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.5)

$$Tn = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \quad (3.40)$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6)

### 3. Perencanaan penulangan kolom

Dari hasil analisa struktur sebelumnya diambil gaya aksial terbesar dan momen terbesar yang terjadi pada kolom. Dari gaya aksial dan momen tersebut, kemudian dilakukan perhitungan tulangan memanjang pada kolom yang dibantu dengan *software* PCA COL. Dari perhitungan tersebut didapatkan diagram interaksi antara gaya aksial dan momen pada kolom. Berikut adalah urutan perhitungan perencanaan tulangan kolom:

- a) Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom. Rasio tulangan longitudinal kolom diatur pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1. Dimana luas tulangan memanjang ( $A_{st}$ ) tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  dan tidak boleh lebih dari  $0,06A_g$ .
- b) Kontrol kapasitas beban aksial maksimum pada kolom. Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.3.6 bahwa desain beban aksial  $\emptyset P_n$  tidak boleh lebih besar dari  $\emptyset P_{n,max}$ . Dimana  $\emptyset P_{n,max}$  dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\emptyset P_{n,max} = 0,80 \emptyset [0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3.41)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.1)

Kuat tekan rencana kolom sebagai berikut :

$$\emptyset P_n = \emptyset [0,85 f' c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3.42)$$

Dimana :

$\emptyset$  = faktor reduksi (0,65)

- c) Menghitung kebutuhan tulangan transversal (sengkang) dan jarak antar tulangan. Tulangan transversal harus dipasang sepanjang lo muka joint. Dimana panjang lo : diatur pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1. Jumlah tulangan Sengkang persegi, Ash, tidak boleh kurang dari persamaan (21-4) dan (21-5) SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4. Dan jarak antar Sengkang harus memenuhi syarat pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3.
- d) Kontrol kebutuhan tulangan torsi. Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.2.2, pengaruh punter untuk struktur non-prategang yang dibebani Tarik atau tekan dapat diabaikan apabila nilai momen punter kurang dari :

$$Tu = \emptyset 0,33 \sqrt{f' c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{Nu}{0,33 \sqrt{f' c}}} \quad (3.43)$$

Dimana :

$\emptyset$  = 0,75

### 3.3.9 Perencanaan Pondasi

Untuk dapat menahan beban struktur atas gedung, perlu direncanakan pondasi yang meliputi pondasi tiang pancang dan *pile cap* (*poer*). Perencanaan pondasi didukung oleh data sekunder yang telah didapat yaitu berupa data hasil *Standart Penetration Test* (SPT).

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat

bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

### 3.3.9.1 Perencanaan Pondasi Tiang Bor

Dari data SPT yang didapat dari pengujian dilapangan tidak dapat digunakan langsung sebagai parameter perencanaan daya dukung tiang panjang. Sebelumnya perlu adanya koreksi terhadap data SPT yang didapat.

Koreksi ini dilakukan apabila tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$  :

$$i. \quad N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N-15) \quad (3.44)$$

(Terzaghi & Peck, 1960)

$$ii. \quad N_1 = 0,6 N \quad (3.45)$$

(Bazaraa, 1967)

Dari nilai hasil persamaan diatas dipilih nilai yang paling kecil. Dan untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar dan apabila  $N \leq 15$ , maka tidak perlu adanya koreksi. Sehingga nilai  $N_1 = N$ .

Kemudian dapat dihitung daya dukung tiang bor dengan menggunakan metode Luciano Decourt. Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan daya dukung tanah dengan metode Luciano Decourt :

1. Menghitung Tegangan Ultimate Ujung Tiang ( $q_p$ )  
Tegangan ultimate ujung tiang ( $q_p$ ) dapat dihitung dengan rumusan berikut ini:  

$$q_p = N_p \cdot K \quad (3.46)$$

Dimana :

$N_p$  = Nilai Rata-Rata NSPT Terkoreksi

$K$  = koefisien karakteristik tanah, dengan nilai :

- Lempung,  $K = 12 \text{ t/m}^2$
- Lanau berlempung,  $K = 20 \text{ t/m}^2$
- Lanau berpasir,  $K = 25 \text{ t/m}^2$
- Pasir,  $K = 40 \text{ t/m}^2$

## 2. Menghitung Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) dapat dihitung dengan mengkalikan nilai  $q_p$  dan luas penampang dasar tiang ( $A_p$ ), seperti rumusan berikut ini :

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad (3.47)$$

Dimana :

$q_p$  = tegangan ultimate ujung tiang

$A_p$  = luas penampang dasar tiang

## 3. Menghitung Nilai Rata-Rata $N$ Sepanjang Tiang Tertanam ( $N_s$ )

Harga rata-rata  $N$  sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan  $3 \leq N \leq 5$  dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$N_s = \frac{\sum N_i}{L_i} \quad (3.48)$$

Dimana :

$\sum N_i$  = kumulatif nilai  $N$  pada kedalaman  $i$

$L_i$  = kedalaman  $i$

## 4. Menghitung Daya Dukung Akibat Gesekan Tiang ( $Q_s$ )

Daya dukung akibat gesekan tiang dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$Q_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \quad (3.49)$$

Dimana :

$N_s$  = harga rata-rata  $N$  sepanjang tiang yang tertanam

5. Menghitung Daya Dukung Tanah Maksimum ( $Q_u$ )  
 Daya dukung tanah maksimum dapat dihitung dengan menjumlahkan nilai daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) dan nilai daya dukung akibat gesekan tanah ( $Q_s$ ).
6. Menghitung P ijin 1 tiang  
 Nilai P ijin 1 tiang adalah perbandingan nilai daya dukung tanah maksimum ( $Q_u$ ) dan  $S_f$  (*safety factor*) = 3. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan P ijin 1 tiang tiap kedalaman yang ditunjukkan pada Tabel 4.111.

Dalam penggunaan pondasi tiang grup, terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang bor. Sehingga perlu dihitung repartisi beban tiang bor seperti berikut :

$$Pv = \frac{V}{n} \pm \frac{My \times Xi}{\sum_{i=1}^n (Xi)^2} \pm \frac{Mx \times Yi}{\sum_{i=1}^n (Yi)^2} \quad (3.50)$$

Perlu diperhatikan jarak minimum antar tiang, dianjurkan jarak minimum antar tiang adalah 2 s/d 3 diameter tiang.

Dari perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal dan kelompok perlu diambil korelasi antar keduanya menggunakan harga  $C_e$  (*Converse-Labarre*). Berikut adalah rumus perhitungan nilai  $C_e$ :

$$C_e = 1 - \frac{(\arctan \frac{D}{s})}{90} \times \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (3.51)$$

Maka :

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1\text{tiang}) \times n \times C_e \quad (3.52)$$

Syarat :

$$Pv \text{ maks} < Q_L (\text{group}) \quad (3.53)$$

Dimana :

$n$  = jumlah tiang pancang dalam grup.

### **3.3.9.2 Perencanaan *Pile Cap* (Poer)**

Perencanaan *pile cap* harus memenuhi ketentuan yang telah diatur pada SNI 2847:2013 pasal 15. Dimana ketentuan tersebut antara lain adalah :

1. Tebal minimum *pile cap* diatas tiang pancang minimum 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 15.7).
2. Konsentrasi tiang boleh diasumsikan berada di tengah (pusat) tiang (SNI 2847:2013 pasal 15.2.3).

Dan juga perlu diperhatikan kapasitas terhadap geser pons haruslah terkecil berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.

### **3.3.10 Penggambaran Hasil Perencanaan**

Hasil analisa struktur yang telah dilakukan diatas divisualisasikan dalam gambar teknik. Dalam penggambaran ini digunakan program bantu AutoCAD2016.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

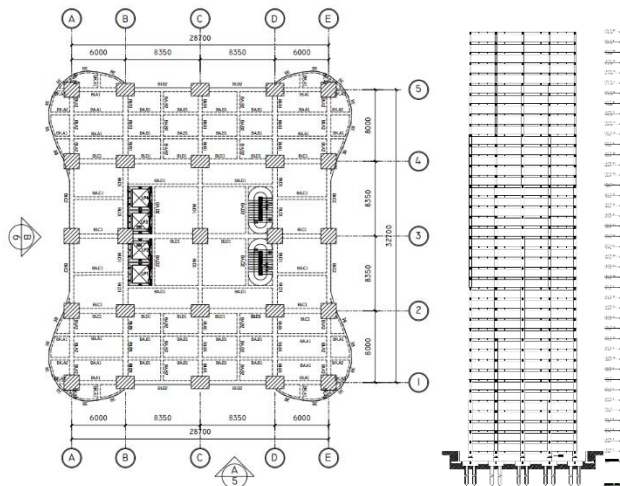
### 4.1 Preliminary Desain

#### 4.1.1 Umum

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary sebaiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

#### 4.1.2 Data Perencanaan

Dalam modifikasi perencanaan Gedung apartemen Grand Dharmahusada Lagoon pada Tugas Akhir ini menggunakan struktur beton bertulang dengan data perencanaan sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Denah dan Potongan Gedung

- Nama Gedung : Apartement Grand Dharmahasada Lagoon
- Lokasi : Jl. Dharmahasada Mas III Blok A No. 097
- Fungsi Bangunan : Apartement
- Jumlah Lantai : 42
- Jumlah Basement : 1 (Lantai Pemeliharaan)
- Struktur Utama : Struktur beton bertulang
- Ketinggian Lantai : 3,2 m
- Total Tinggi Gedung : + 131,2 m
- Mutu Beton ( $f'c$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Data Tanah : terlampir

#### 4.1.3 Perencanaan Dimensi Balok

Dimensi balok direncanakan dalam preliminary design sebagai berikut:

##### 4.1.3.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Dimensi tinggi minimum ( $h_{min}$ ) balok induk direncanakan berdasarkan Tabel 3.1 yang mengacu pada table 9.5(a) SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. Sehingga direncanakan tinggi minimum ( $h_{min}$ ) balok induk menggunakan persamaan sebagai berikut;

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

Dimana:

$h_{min}$  = tinggi minimum balok (cm)

L = bentang balok (cm)

Dalam menentukan lebar balok digunakan persamaan sebagai berikut:

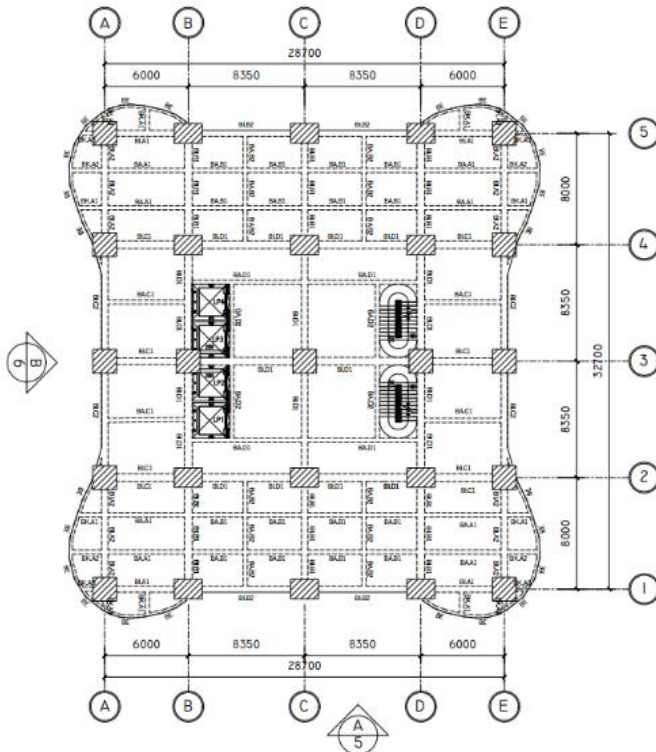
$$b_{min} = \frac{2}{3}h$$

Dimana:

$b_{\min}$  = lebar minimum balok (cm)

$h$  = tinggi balok (cm)

Berikut pada Gambar 4.2 adalah denah pembalokan modifikasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon:



Gambar 4. 2 Denah Pembalokan

Berdasarkan perumusan diatas sehingga didapatkan rekapitulasi perencanaan awal dimensi balok induk seperti pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BLA1	6	40	70	cm
BLA2	8	50	80	cm
BLB1	8	50	80	cm
BLB2	8,35	50	80	cm
BLC1	6	40	70	cm
BLC2	8,35	50	80	cm
BLD1	8,35	50	80	cm

#### 4.1.3.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Dimensi tinggi minimum ( $h_{min}$ ) balok anak direncanakan berdasarkan Tabel 3.1 yang mengacu pada table 9.5(a) SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. Sehingga direncanakan tinggi minimum ( $h_{min}$ ) balok anak menggunakan persamaan sebagai berikut;

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

Dimana:

$h_{min}$  = tinggi minimum balok (cm)

L = bentang balok (cm)

Dalam menentukan lebar balok digunakan persamaan sebagai berikut :

$$b_{min} = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

$b_{min}$  = lebar minimum balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

Berdasarkan perumusan diatas sehingga didapatkan rekapitulasi perencanaan awal dimensi balok anak seperti pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BA.A1	6	25	40	cm
BA.B1	4,18	25	40	cm
BA.B2	2,67	25	40	cm
BA.C1	6	25	40	cm
BA.D1	8,35	30	50	cm
BA.D2	5,7	25	40	cm
BE	2,68	25	40	cm

#### 4.1.3.3 Perencanaan Dimensi Balok Kantilever

Dimensi tinggi minimum ( $h_{min}$ ) balok kantilever direncanakan berdasarkan Tabel 3.1 yang mengacu pada table 9.5(a) SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. Sehingga direncanakan tinggi minimum ( $h_{min}$ ) balok kantilever menggunakan persamaan sebagai berikut ;

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

Dimana :

$h_{min}$  = tinggi minimum balok (cm)

L = bentang balok (cm)

Dalam menentukan lebar balok digunakan persamaan sebagai berikut :

$$b_{min} = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

$b_{min}$  = lebar minimum balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

Berdasarkan perumusan diatas sehingga didapatkan rekapitulasi perencanaan awal dimensi balok kantilever seperti pada Tabel 4.3 berikut :

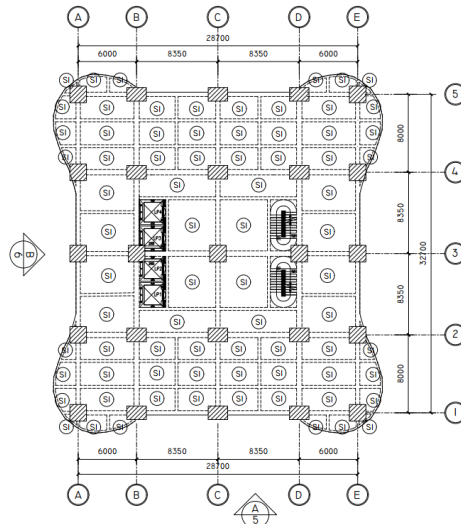
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Balok Kantilever

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BK.A1	2	25	40	cm
BK.A2	2,5	30	50	cm
BK.A3	1,8	25	40	cm

#### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

Berikut pada Gambar 4.3 adalah denah pelat modifikasi gedung Grand Dharmahasada Lagoon dengan spesifikasi perencanaan pelat dalam Tugas Akhir ini :

- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu Baja : 420 Mpa
- Rencana Pelat Atap : 12 cm
- Rencana Pelat Lantai : 12 cm

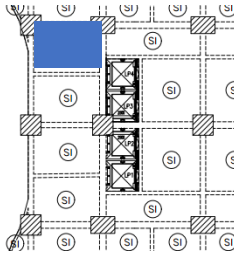


Gambar 4. 3 Denah Pelat

##### 4.1.4.1 Perhitungan Tebal Pelat

Contoh perhitungan tebal pelat :

## 1. Pelat 600 x 418 cm



Gambar 4. 4 Pelat Tipe 600 x 418

Direncanakan :

$$h_f = 12 \text{ cm}$$

Dihitung :

$$L_n = 600 - (50+50)/2$$

$$L_n = 550 \text{ cm}$$

$$S_n = 418 - (25+40)/2$$

$$S_n = 385,5 \text{ cm}$$

$$\beta = L_n/S_n$$

$$\beta = 550/385,5$$

$$\beta = 1,43 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

➤ Balok B1.C1

Perhitungan lebar efektif :

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

$$be = 40 + 2 \times (70 - 12)$$

$$be = 156 \text{ cm}$$

$$- be = bw + 8 \times hf$$

$$be = 40 + 8 \times 12$$

$$be = 136 \text{ cm (menentukan)}$$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{81366}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,58$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3 \qquad I_{pelat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,58 \times 40 \times 70^3 \qquad I_{pelat} = 600 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_{balok} = 252494,77 \text{ cm}^4 \qquad I_{balok} = 86400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{252494,77}{86400} = 2,92$$

➤ Balok BA.C1

Perhitungan lebar efektif :

$$- \quad be = bw + 2 \times (hw - hf)$$

$$be = 25 + 2 \times (40 - 12)$$

$$be = 81 \text{ cm (menentukan)}$$

$$- \quad be = bw + 8 \times hf$$

$$be = 25 + 8 \times 12$$

$$be = 121 \text{ cm}$$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$



$$k = 1,15$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3 \qquad I_{pelat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,15 \times 25 \times 40^3 \qquad I_{pelat} = 600 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_{balok} = 51544 \text{ cm}^4 \qquad I_{balok} = 86400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{51810,42}{86400} = 0,6$$

➤ Balok B1.C2

Perhitungan lebar efektif :

- $be = bw + 2 \times (hw - hf)$   
 $be = 50 + 2 \times (80 - 12)$   
 $be = 186 \text{ cm}$  (menentukan)
- $be = bw + 8 \times hf$   
 $be = 50 + 8 \times 12$   
 $be = 146 \text{ cm}$  (menentukan)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{80}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{80}\right) + 4 \left(\frac{12}{80}\right)^2 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{80}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{80}\right)}$$

$$k = 1,64$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3 \qquad I_{pelat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,64 \times 50 \times 80^3 \quad I_{pelat} = 418 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_{balok} = 1182169,95 \text{ cm}^4 \quad I_{balok} = 60120 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{1182169,95}{60120} = 19,66$$

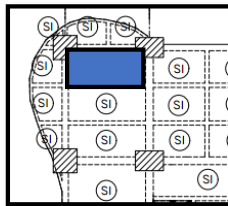
Jadi  $\alpha_m$  rata-rata pelat adalah sebagai berikut:

$$\alpha_m = \frac{2,92 + 0,6 + (2 \times 19,66)}{4} = 10,71 > 2$$

Sehingga perhitungan  $h_{min}$  harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5. Berikut adalah perhitungan  $h_{min}$  pelat C1:

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L_n(0,8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{5,5 \cdot (0,8 + 420/1400)}{36 + 9 \times 1,43} \\ &= 12,6 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

## 2. Pelat 600 x 267 cm



Gambar 4. 5 Pelat Tipe 600 x 267

Direncanakan :

$$h_f = 12 \text{ cm}$$

Dihitung :

$$L_n = 600 - (50+50)/2$$

$$L_n = 550 \text{ cm}$$

$$S_n = 267 - (25+40)/2$$

$$S_n = 234,5 \text{ cm}$$

$$\beta = L_n/S_n$$

$$\beta = 550/234,5$$

$$\beta = 2,35 > 2 \text{ (Pelat 1 Arah)}$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a). Didapatkan perhitungan  $h_{\min}$  pelat adalah sebagai berikut:

$$h_{\min} = L / 28 = 550 / 28 = 19,6 \text{ cm} > 12 \text{ cm}$$

Dikarenakan perhitungan masih pada tahap *preliminary design*, jadi tetap menggunakan tebal pelat 12 cm.

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan tebal pelat seperti pada Tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Dimensi Tebal Pelat

KODE	Tipe	h min	h	Satuan
A1	Satu Arah	10,83455	12	cm
A2	Satu Arah	10,91571	12	cm
A3	Dua Arah	6,16	12	cm
A4	Dua Arah	5,821168	12	cm
A5	Dua Arah	4,033333	12	cm
B1	Dua Arah	8,401346	12	cm

KODE	Tipe	h min	h	Satuan
B2	Dua Arah	8,501449	12	cm
C1	Dua Arah	12,61242	12	cm
D1	Satu Arah	13,09638	12	cm
D2	Dua Arah	12,8559	12	cm

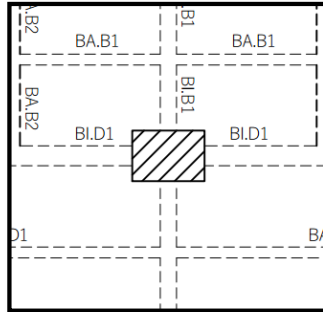
Sehingga direncanakan pelat menggunakan dimensi tebal 12 cm.

#### 4.1.5 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi awal kolom perlu meninjau kolom yang mengalami pembebanan dan mempunyai bentang terbesar dalam struktur. Direncanakan kolom memikul beban pada luasan 8,175 x 8,35 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Kolom direncanakan harus dapat memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Dimana faktor beban yang diberikan pada struktur adalah 1,2DL+1,6LL.

Pembebanan kolom berdasarkan SNI 1727:2013 untuk beban mati dan beban hidup yang bekerja. Beban diberikan di tiap lantai dan atap sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dimensi kolom direncanakan terdapat beberapa variasi dimensi kolom, dimana variasi dimensi satu kolom yang berbeda setiap 5 dan 6 tingkatnya.



Gambar 4. 6 Kolom yang Ditinjau untuk Desain Awal

Untuk beban hidup yang diberikan pada struktur diijinkan terdapat reduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.7.2. Dimana direncanakan beban hidup kolom tereduksi sebesar 30%.

Data-data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut:

- Tebal Pelat : 12 cm
- Tinggi R. Pemeliharaan : 3,2 m
- Tinggi Tiap Lantai : 3,2 m
- Jumlah R. Pemeliharaan : 1 Lantai
- Jumlah Lantai : 42 Lantai

#### 4.1.5.1 Perhitungan Dimensi Kolom

Berikut adalah perhitungan pembebanan dan dimensi kolom gedung Grand Dharmahusada Lagoon:

- Lantai 42-38
  - Beban Mati

Tabel 4. 5 Beban Mati Lantai 42-38

Beban Mati Lantai 42-38						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	5	48096
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	5	50200
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	5	19200
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	5	60120
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	5	20040
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	5	4800
Plafond	8,175	8,35	-	11	5	3754
Penggantung	8,175	8,35	-	7	5	2389
Plumbing	8,175	8,35	-	25	5	8533
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	5	751
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	5	35837
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	5	6826
Tegel	8,175	8,35	-	22	5	7509
TOTAL BEBAN MATI (DL)						268055

## - Beban Hidup

Tabel 4. 6 Beban Hidup Lantai 42-38

Beban Hidup Lantai 42-38						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	5	65531
Berat Total (LL)						65531
Koefisien Reduksi 30%						0,70
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						45872

Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 395060,81 \text{ kg}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{395060,81}{0,3 \times 392} = 3359,4 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{3359,4} = 57,96 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Kolom Tipe B:

$$b = 75 \text{ cm}$$

$$h = \frac{3359,4}{75} = 44,79 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Kolom} &= 0,6 \times 0,6 \times 3,2 \times 2400 \times 5 = 13824 \text{ kg} \\ \text{Total Berat Lantai 42-38} &= 395060,81 + 13824 \\ &= 409460 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Lantai 37-33  
- Beban Mati

Tabel 4. 7 Beban Mati Lantai 37-33

Beban Mati Lantai 37-33						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	5	48096
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	5	50200
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	5	19200
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	5	60120
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	5	20040
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	5	4800
Plafond	8,175	8,35	-	11	5	3754
Penggantung	8,175	8,35	-	7	5	2389
Plumbing	8,175	8,35	-	25	5	8533
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	5	751
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	5	35837
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	5	6826
Tegel	8,175	8,35	-	22	5	7509
TOTAL BEBAN MATI (DL)						268055

- Beban Hidup

Tabel 4. 8 Beban Hidup Lantai 37-33

Beban Hidup Lantai 37-33						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	5	65531
Berat Total (LL)						65531
Koefisien Reduksi 30%						0,70
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						45872

Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 395060,81 \text{ kg}$

Beban terfaktor + Beban lantai 42-38 =  $804521,62 \text{ kg}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{804521,62}{0,3 \times 392} = 6841,2 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{6841,2} = 82,71 \text{ cm} \approx \mathbf{80 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{100 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{6841,2}{100} = 68,41 \text{ cm} \approx \mathbf{60 \text{ cm}}$$

$$\text{Berat Kolom} = 0,8 \times 0,8 \times 3,2 \times 2400 \times 5 = 24576 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Berat Lantai 37-33} &= 804521,62 + 24576 \\ &= \mathbf{829097,62 \text{ kg}} \end{aligned}$$

➤ Lantai 32-28

- Beban Mati

Tabel 4. 9 Beban Mati Lantai 32-28

Beban Mati Lantai 32-28						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	5	48096
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	5	50200
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	5	19200
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	5	60120
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	5	20040
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	5	4800
Plafond	8,175	8,35	-	11	5	3754
Penggantung	8,175	8,35	-	7	5	2389
Plumbing	8,175	8,35	-	25	5	8533
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	5	751
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	5	35837
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	5	6826
Tegel	8,175	8,35	-	22	5	7509
TOTAL BEBAN MATI (DL)						268055

- Beban Hidup

Tabel 4. 10 Beban Hidup Lantai 32-28

Beban Hidup Lantai 32-28						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	5	65531
Berat Total (LL)						65531
Koefisien Reduksi 30%						1
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						45872



Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 395060,81 \text{ kg}$

Beban terfaktor + Beban lantai 42-33 = 1224158,43 kg

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{1224158,43}{0,3 \times 392} = 10410 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{10410} = 102,03 \text{ cm} \approx \mathbf{100 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{120 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{10410}{120} = 86,74 \text{ cm} \approx \mathbf{75 \text{ cm}}$$

Berat Kolom =  $1 \times 1 \times 3,2 \times 2400 \times 5 = 38400 \text{ kg}$

Total Berat Lantai 42-28 = 1224158,43 + 38400  
= 1262558,43 kg

➤ Lantai 27-23

- Beban Mati

Tabel 4. 11 Beban Mati Lantai 27-23

Beban Mati Lantai 27-23						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	5	48096
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	5	50200
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	5	19200
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	5	60120
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	5	20040
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	5	4800
Plafond	8,175	8,35	-	11	5	3754
Penggantung	8,175	8,35	-	7	5	2389
Plumbing	8,175	8,35	-	25	5	8533
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	5	751
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	5	35837
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	5	6826
Tegel	8,175	8,35	-	22	5	7509
TOTAL BEBAN MATI (DL)						268055

- Beban Hidup

Tabel 4. 12 Beban Hidup Lantai 27-23

Beban Hidup Lantai 27-23						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	5	65531
Berat Total (LL)						65531
Koefisien Reduksi 30%						0,70
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						45872

Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 395060,81 \text{ kg}$

Beban terfaktor + Beban lantai 42-28 =  $1657619,24 \text{ kg}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{1657619,24}{0,3 \times 392} = 14095 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{14095} = 118,72 \text{ cm} \approx \mathbf{110 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{140 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{14095}{140} = 100,68 \text{ cm} \approx \mathbf{90 \text{ cm}}$$

Berat Kolom =  $1,1 \times 1,1 \times 3,2 \times 2400 \times 5 = 46464 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Total Berat Lantai 42-23} &= 1657619,24 + 46464 \\ &= 1706003,24 \end{aligned}$$

- Lantai 22-18
  - Beban Mati

Tabel 4. 13 Beban Mati Lantai 22-18

Beban Mati Lantai 22-18						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	5	48096
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	5	50200
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	5	19200
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	5	60120
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	5	20040
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	5	4800
Plafond	8,175	8,35	-	11	5	3754
Penggantung	8,175	8,35	-	7	5	2389
Plumbing	8,175	8,35	-	25	5	8533
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	5	751
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	5	35837
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	5	6826
Tegel	8,175	8,35	-	22	5	7509
TOTAL BEBAN MATI (DL)						268055

- Beban Hidup

Tabel 4. 14 Beban Hidup Lantai 22-18

Beban Hidup Lantai 22-18						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	5	65530,8
Berat Total (LL)						65530,8
Koefisien Reduksi 30%						0,7
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						45871,56

Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 395060,81 \text{ kg}$ 

Beban terfaktor + Beban lantai 42-23 = 2101064,05 kg

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$ 

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{2101064,05}{0,3 \times 392} = 17866 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{17866} = 133,66 \text{ cm} \approx \mathbf{120 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{160 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{17912}{160} = 105,6 \text{ cm} \approx \mathbf{90 \text{ cm}}$$

$$\text{Berat Kolom} = 1,2 \times 1,2 \times 3,2 \times 2400 \times 5 = 55296 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Berat Lantai 42-18} &= 2101064,05 + 55296 \\ &= 2156360,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Lantai 17-13  
- Beban Mati

Tabel 4. 15 Beban Mati Lantai 17-13

Beban Mati Lantai 17-13						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	5	48096
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	5	50200
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	5	19200
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	5	60120
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	5	20040
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	5	4800
Plafond	8,175	8,35	-	11	5	3754
Penggantung	8,175	8,35	-	7	5	2389
Plumbing	8,175	8,35	-	25	5	8533
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	5	751
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	5	35837
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	5	6826
Tegel	8,175	8,35	-	22	5	7509
TOTAL BEBAN MATI (DL)						268055

- Beban Hidup

Tabel 4. 16 Beban Hidup Lantai 17-13

Beban Hidup Lantai 17 - 13						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	5	65531
Berat Total (LL)						65531
Koefisien Reduksi 30%						0,70
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						45872

$$\text{Beban terfaktor } 1,2\text{DL}+1,6\text{LL} = 395060,81 \text{ kg}$$

$$\text{Beban terfaktor} + \text{Beban lantai 42-18} = 2551420,86 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

$$\text{Mutu Beton (f'c)} = 40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{2551420,86}{0,3 \times 392} = 21696 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{21696} = 147,29 \text{ cm} \approx \mathbf{130 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{170 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{21696}{170} = 99,41 \text{ cm} \approx \mathbf{100 \text{ cm}}$$

$$\text{Berat Kolom} = 1,4 \times 1,4 \times 3,2 \times 2400 \times 5 = 64896 \text{ kg}$$

$$\text{Total Berat Lantai 42-13} = 2551420,86 + 64896$$

$$= 2616700,86 \text{ kg}$$

➤ Lantai 12-7

- Beban Mati

Tabel 4. 17 Beban Mati Lantai 12-7

Beban Mati Lantai 12-7						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	6	57715
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	6	60240
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	6	23040
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	6	72144
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	6	24048
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	6	5760
Plafond	8,175	8,35	-	11	6	4505
Penggantung	8,175	8,35	-	7	6	2867
Plumbing	8,175	8,35	-	25	6	10239
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	6	901
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	6	43005
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	6	8191
Tegel	8,175	8,35	-	22	6	9010
TOTAL BEBAN MATI (DL)						321666

- Beban Hidup

Tabel 4. 18 Beban Hidup Lantai 12-7

Beban Hidup Lantai 12-7						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	6	78637
Berat Total (LL)						78637
Koefisien Reduksi 30%						0,70
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						55046

Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 474072,97 \text{ kg}$

Beban terfaktor + Beban lantai 42-13 =  $3090773,83 \text{ kg}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{3090773,83}{0,3 \times 392} = 26282 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{26282} = 162,12 \text{ cm} \approx \mathbf{140 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{190 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{26282}{190} = 138,33 \text{ cm} \approx \mathbf{105 \text{ cm}}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Kolom} &= 1,4 \times 1,4 \times 3,2 \times 2400 \times 6 \\ &= 90316 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Berat Lantai 42-7} &= 3090773,83 + 90316 \\ &= 3181090,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Lantai 6-1
  - Beban Mati

Tabel 4. 19 Beban Mati Lantai 6-1

Beban Mati Lantai 6-1						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Pelat (12)	4	8,35	0,12	2400	6	57715
Pelat (12)	4,175	8,35	0,12	2400	6	60240
BI (50/80)	4	0,5	0,8	2400	6	23040
BI (50/80)	12,525	0,5	0,8	2400	6	72144
BA (25/40)	16,7	0,25	0,4	2400	6	24048
BA (25/40)	4	0,25	0,4	2400	6	5760
Plafond	8,175	8,35	-	11	6	4505
Penggantung	8,175	8,35	-	7	6	2867
Plumbing	8,175	8,35	-	25	6	10239
Spesi (2 cm)	8,175	8,35	0,2	11	6	901
Dinding	8,175	8,35	0,15	700	6	43005
Sanitasi	8,175	8,35	-	20	6	8191
Tegel	8,175	8,35	-	22	6	9010
TOTAL BEBAN MATI (DL)						321666

## - Beban Hidup

Tabel 4. 20 Beban Hidup Lantai 6-1

Beban Hidup Lantai 6-1						
Elemen	P (m)	L (m)	t (m)	Berat Jenis	Tingkat	Berat (kg)
Beban Lantai	8,175	8,35		192	6	78637
Berat Total (LL)						78637
Koefisien Reduksi 30%						0,70
TOTAL BEBAN HIDUP (LL)						55046

Beban terfaktor  $1,2DL+1,6LL = 474072,97 \text{ kg}$

Beban terfaktor + Beban lantai  $42-7 = 3655163,6 \text{ kg}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2, direncanakan luas penampang kolom sebagai berikut:

Mutu Beton ( $f'c$ ) =  $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f'c} = \frac{3655163,6}{0,3 \times 392} = 31081 \text{ cm}^2$$

Kolom Tipe A:

$$b = h = \sqrt{31081} = 176,3 \text{ cm} \approx \mathbf{150 \text{ cm}}$$

Kolom Tipe B:

$$b = \mathbf{200 \text{ cm}}$$

$$h = \frac{31081}{200} = 112,5 \text{ cm} \approx \mathbf{115 \text{ cm}}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Kolom} &= 1,5 \times 1,5 \times 3,2 \times 2400 \times 6 \\ &= 103680 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Berat Lantai 42-1} &= 3655163,6 + 103680 \\ &= 3758843,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka direncanakan dimensi kolom adalah sebagai berikut pada tabel 4.21. Dimensi kolom diatas dipilih dalam *preliminary design* dikontrol pada bab berikutnya.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Dimensi Kolom

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE A		DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	b	h	
K8	42-38	+ 131.2	60	60	75	50	cm
K7	37-33	+ 115.2	80	80	100	60	cm
K6	32-28	+ 99.2	100	100	120	75	cm
K5	27-23	+ 83.2	110	110	140	90	cm
K4	22-18	+ 67.2	120	120	160	90	cm
K3	17-13	+ 51.2	130	130	170	100	cm
K2	12-7	+ 35.2	140	140	190	105	cm
K1	6-1	+ 16	150	150	200	115	cm

## 4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

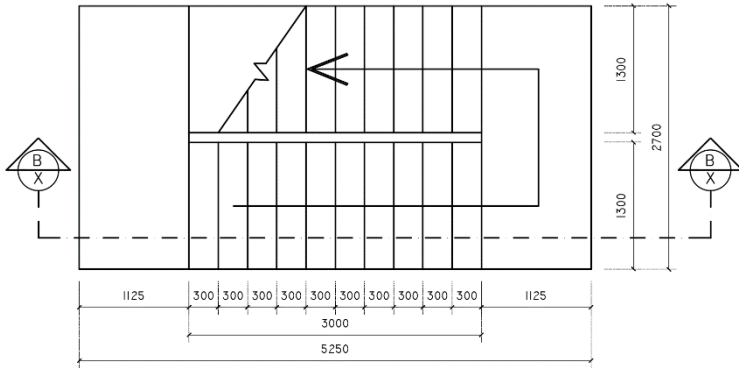
### 4.2.1 Umum

Perencanaan struktur sekunder meliputi perencanaan tangga, pelat, balok anak serta balok penggantung dan balok penumpu lift. Pada sub bab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder

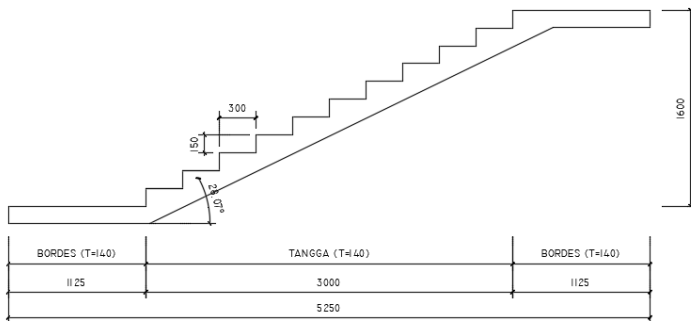
### 4.2.2 Perencanaan Tangga

#### 4.2.2.1 Data Perencanaan Tangga





Gambar 4. 7 Denah Perencanaan Tangga



Gambar 4. 8 Potongan B Tangga

- Tinggi Lantai : 320 cm
- Tinggi Injakan (t) : 15 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Tebal Pelat Tangga (Tp) : 14 cm
- Tebal Pelat Bordes : 14 cm
- Lebar Bordes : 1125 cm
- Panjang Bordes : 270 cm
- Elevasi Bordes : + 160 cm

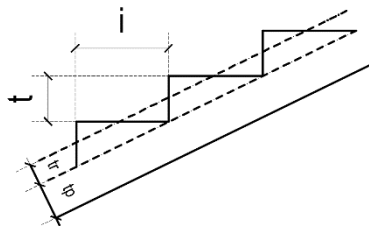
- Lebar Tangga : 130 cm
- Panjang Horizontal : 300 cm
- Kemiringan Tangga :  $\text{arc tan } \alpha = \frac{160}{300} = 28^\circ$
- Jumlah Tanjakan (nt) :  $\frac{160}{15} = 11 \text{ buah}$
- Jumlah Injakan (ni) :  $11 - 1 = 10 \text{ buah}$
- Tebal Pelat Rata-rata : Tebal pelat tangga + tr

Cek syarat :

1.  $60 \leq (2t + i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \cdot 15 + 30) \leq 65$   
 $60 \leq 60 \leq 65$  (OK)
2.  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 28^\circ \leq 40^\circ$  (OK)

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat anak tangga rata-rata (tr)} &= (i/2) \cdot \sin \alpha \\ &= (30/2) \cdot \sin 28^\circ \\ &= 7,059 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat rata-rata tangga} &= t_p + t_r \\ &= 14 + 7,059 \\ &= 21,06 \text{ cm} \\ &\approx 22 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 9 Ketebalan Tangga

#### 4.2.2.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

##### a. Pembebanan Pelat Tangga

- Beban Mati
  - Tegel  $= 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi  $= 2 \times 21 = 42$
  - Sandaran  $= 50 = 50 \text{ kg/m}^2$
  - $qD = 116 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup
  - Beban Hidup  $= 192 \text{ kg/m}^2$
  - $qL = 192 \text{ kg/m}^2$
- Kombinasi Beban
  - $qU = 1,2 qD + 1,6 qL$
  - $= 1,2 (116) + 1,6 (192)$
  - $= 446,4 \text{ kg/m}^2$

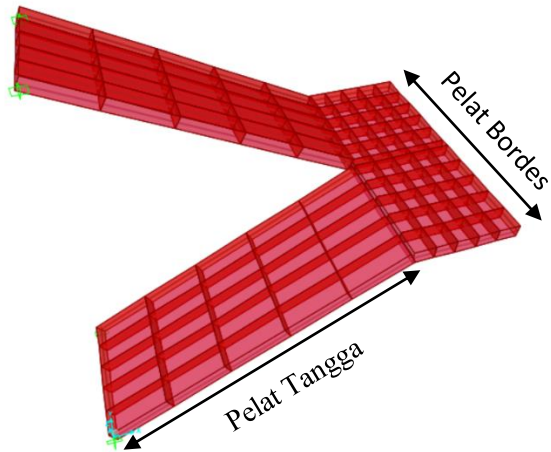
#### b. Pembebanan Pelat Bordes

- Beban Mati
  - Tegel  $= 24 = 24 \text{ kg/m}$
  - Spesi  $= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}$
  - $qD = 66 \text{ kg/m}$
- Beban Hidup
  - Beban Hidup  $= 192 \text{ kg/m}$
  - $qL = 192 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban
  - $qU = 1,2 qD + 1,6 qL$
  - $= 1,2 (66) + 1,6 (192)$
  - $= 386,4 \text{ kg/m}$

#### 4.2.2.3 Perhitungan Gaya Dalam

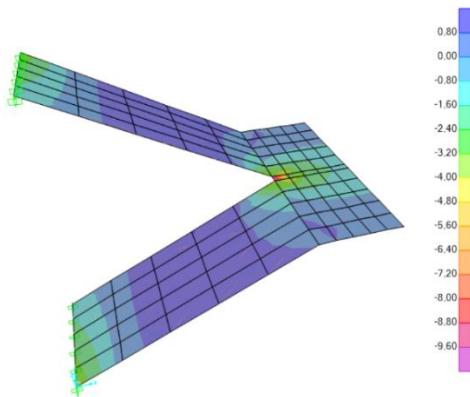
Untuk memperoleh besarnya gaya dalam pada pelat tangga dan pelat bordes untuk desain tulangan, maka dilakukan permodelan tangga menggunakan SAP2000. Dengan dimodelkan struktur tangga secara *freestanding* dengan tumpuan jepit-jepit.

Berikut adalah permodelan struktur tangga pada SAP2000 dengan tumpuan jepit-jepit:



Gambar 4. 10 Permodelan Tangga pada SAP2000

Berikut adalah hasil analisa struktur tangga menggunakan SAP2000. Output gaya dalam yang digunakan dalam desain tulangan adalah momen lentur arah x dan y dengan menggunakan *sectioncut* pada SAP2000.



Gambar 4. 11 Output Gaya Dalam Perencanaan Tangga

Tabel 4. 22 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Section Cut

TABLE: Section Cut Forces - Design									
Lokasi	SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
Pelat Tangga	SC1	1.2D+1.6L	Combination	40,52	1352,07	-1717,08	1334,83	2259,15	-1847,85
	SC2	1.2D+1.6L	Combination	391,34	778,03	-2110,10	771,04	1655,23	-1885,70
	SC3	1.2D+1.6L	Combination	340,28	166,00	-2509,36	348,97	960,80	-1704,64
	SC4	1.2D+1.6L	Combination	356,47	-409,63	-2870,01	125,25	323,71	-1591,29
	SC5	1.2D+1.6L	Combination	-1699,54	-1122,36	-2976,04	218,48	45,94	-131,72
	SC6	1.2D+1.6L	Combination	1699,54	1873,40	2976,04	-607,93	-487,82	131,72
Pelat Bordes	SC7	1.2D+1.6L	Combination	1,43E-10	-1,1E-10	9,16E-11	-2,2E-11	-753,41	-4,7E-13
	SC8	1.2D+1.6L	Combination	-9,9E-11	3,47E-10	4,87E-11	6,18E-11	-876,99	5,09E-12
	SC9	1.2D+1.6L	Combination	4,69E-11	-959,36	3,35E-09	3,12E-10	-1133,25	-215,86
	SC10	1.2D+1.6L	Combination	3,98E-10	-1439,05	2,66E-09	1,85E-10	-1575,78	-485,68
	SC11	1.2D+1.6L	Combination	-2,7E-11	-1918,73	3,61E-09	4,98E-10	-1575,78	-863,43
	SC12	1.2D+1.6L	Combination	2,77E-11	2398,41	-4,4E-09	-5,8E-10	-3183,00	1349,11

Berdasarkan hasil analisa *sectioncut* didapatkan nilai gaya momen dan gaya geser pada pelat tangga dan pelat bordes sebagai berikut :

Tabel 4. 23 Nilai Momen dan Gaya Geser Pelat Tangga dan Bordes

Pelat Tangga		
My (kgm)	Mx (kgm)	V (kg)
-1885,70	2259,15	1699,54
Pelat Bordes		
My (kgm)	Mx (kgm)	V (kg)
-3183,00	1349,11	0,000

#### 4.2.2.4 Perhitungan Tulangan Tangga

##### a. Penulangan Pelat Tangga

Berikut ini adalah data perencanaan penulangan tangga:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Tebal pelat tangga : 14 cm
- Lebar tangga : 130 cm
- Cover : 2 cm
- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \left( \frac{f_c' - 28}{7} \right)$

$$\begin{aligned}
 & : 0,85 - 0,05 \left( \frac{40-28}{7} \right) \\
 & : 0,764 \\
 \bullet \rho_{\min} & : 0,0018 \\
 & \text{(SNI 2847:2013 ps 7.12.2.1)} \\
 \bullet \rho_b & : \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 & : \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
 & : 0,0364 \\
 \bullet \rho_{\max} & : 0,75 \cdot \rho_b \\
 & \text{(SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2)} \\
 & : 0,0273 \\
 \bullet m & : \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 & : \frac{420}{0,85 \cdot 40} \\
 & : 12,353
 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan pelat tangga meliputi tulangan lentur, geser dan susut, yaitu sebagai berikut :

- Tulangan Lentur Arah X

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} & : 2259,15 \text{ kgm} \\
 \text{D (tulangan)} & : 13 \text{ mm} \\
 \text{As (tulangan)} & : \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 & : \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\
 & : 133 \text{ mm}^2 \\
 \text{d} & : t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D/2 \\
 & : 140 - 20 - 13/2 \\
 & : 113,5 \text{ mm} \\
 \text{Rn} & : \frac{\text{Mu}}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 & : \frac{225915}{0,9 \cdot 100 \cdot 11,35^2} \\
 & : 19,48 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &: \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &: \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 19,48}{4200}} \right) \\
 &: 0,00478 \\
 &(\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}) \\
 \rho_{\text{pakai}} &: 0,00478 \\
 \text{As perlu} &: \rho \cdot b \cdot d \\
 &: 0,00478 \cdot 1000 \cdot 113,5 \\
 &: 542,59 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &: \frac{\text{As perlu}}{\frac{As}{n}} \\
 &: \frac{542,59}{\frac{133}{5}} \\
 &: 4,08 \text{ buah} \approx \mathbf{5 \text{ buah}} \\
 S &: \frac{1000}{n} \\
 &: \frac{1000}{5} \\
 &: \mathbf{200 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 disyaratkan untuk tulangan slab tidak melebihi ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 S \text{ max} &: 450 \text{ mm} \\
 S \text{ max} &: 3 \cdot h \\
 &: 3 \cdot 140 \\
 &: 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &: \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &: \frac{542,59 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} \\
 &: 6,7 \text{ mm} \\
 c &: \frac{a}{\beta_1} \\
 &: \frac{6,7}{0,764}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & : 8,77 \text{ mm} \\ \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ & : \frac{(113,5-8,77)}{8,77} \times 0,003 \\ & : \mathbf{0,036} > 0,005 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan lentur arah X **D13-200**

- Tulangan Lentur Arah Y

$$\text{Mu} : -1885,7 \text{ kgm}$$

$$\text{D (tulangan)} : 13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As (tulangan)} & : \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ & : \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\ & : 133 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d & : t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D/2 \\ & : 140 - 20 - 13/2 \\ & : 113,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n & : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ & : \frac{188570}{0,9 \cdot 100 \cdot 113,5^2} \\ & : 16,26 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} & : \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ & : \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 16,26}{4200}} \right) \\ & : 0,00397 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} : 0,00397$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} & : \rho \cdot b \cdot d \\ & : 0,00397 \cdot 1000 \cdot 113,5 \\ & : 450,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} & : \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{As}} \\ & : \frac{450,57}{133} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & : 3,39 \text{ buah} \approx \mathbf{4} \text{ buah} \\
 S & : \frac{1000}{\frac{n}{\frac{1000}{4}}} \\
 & : \mathbf{250} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 disyaratkan untuk tulangan slab tidak melebihi ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 S \text{ max} & : 450 \text{ mm} \\
 S \text{ max} & : 3.h \\
 & : 3.140 \\
 & : 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\
 & : \frac{450,57 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} \\
 & : 5,56 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} \\
 & : \frac{5,56}{0,764} \\
 & : 7,28 \text{ mm} \\
 \epsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(113,5-7,28)}{7,28} \times 0,003 \\
 & : \mathbf{0,043} > 0,005 \\
 & \text{(Penampang terkendali tarik)}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur arah Y **D13-250**

- Tulangan Geser

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$V_u : 16995,4 \text{ N}$$

$$V_c : 0,17 \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d$$

$$\begin{aligned}
 & : 0,17 \times \sqrt{40} \times 1300 \times 93,5 \\
 & : 158641,98 \text{ N} \\
 0,5 \cdot \phi \cdot Vc & : 0,5 \times 0,75 \times 158641,98 \\
 & : 47592,59 \text{ N} \\
 16995,4 \text{ N} & \leq 47592,59 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak memenuhi} \\
 & \text{Sehingga tidak memerlukan perkuatan geser}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Bagi

Tulangan bagi dihitung dengan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} & : 0,0018 \\
 & \text{(SNI 2847:2013 ps 7.12.2.1)} \\
 \text{As perlu} & : \rho \cdot b \cdot d \\
 & : 0,0018 \cdot 1000 \cdot 113,5 \\
 & : 204,3 \text{ mm}^2 \\
 D \text{ (tulangan)} & : 10 \text{ mm} \\
 \text{As (tulangan)} & : 78,54 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} & : \frac{\text{As perlu}}{\frac{As}{n}} \\
 & : \frac{204,3}{78,54} \\
 & : 2,6 \text{ buah} \approx \mathbf{3 \text{ buah}} \\
 S & : \frac{1000}{3} \\
 & : \mathbf{333,33 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 disyaratkan untuk tulangan slab tidak melebihi ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 S \text{ max} & : 450 \text{ mm} \\
 S \text{ max} & : 3 \cdot h \\
 & : 3 \cdot 140 \\
 & : 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **Ø10-300**

b. Penulangan Pelat Bordes

Berikut ini adalah data perencanaan penulangan bordes:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Tebal pelat bordes : 14 cm
- Lebar bordes : 1125 cm
- Cover : 2 cm
- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \left( \frac{f_c' - 28}{7} \right)$   
 :  $0,85 - 0,05 \left( \frac{40 - 28}{7} \right)$   
 : 0,764
- $\rho_{\min}$  : 0,0018  
 (SNI 2847:2013 ps 7.12.2.1)
- $\rho_b$  :  $\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 :  $\frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$   
 : 0,0364
- $\rho_{\max}$  : 0,75  $\cdot \rho_b$   
 (SNI 2847:2013 Lampiran  
 B.8.4.2)  
 : 0,0273
- m :  $\frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$   
 :  $\frac{420}{0,85 \cdot 40}$   
 : 12,353

Perhitungan penulangan pelat bordes meliputi tulangan lentur, geser dan susut, yaitu sebagai berikut :

- Tulangan Lentur Arah X
  - Mu : 1349,11 kgm
  - D (tulangan) : 13 mm
  - As (tulangan) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$   
 :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$

$$\begin{aligned}
 d & : 133 \text{ mm}^2 \\
 & : t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D/2 \\
 & : 140 - 20 - 13/2 \\
 & : 113,5 \text{ mm} \\
 R_n & : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 & : \frac{134911}{0,9 \cdot 1000 \cdot 113,5^2} \\
 & : 13,96 \text{ kg/cm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} & : \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 & : \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 13,96}{4200}} \right) \\
 & : 0,00339 \\
 & (\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}) \\
 \rho_{\text{pakai}} & : 0,00339 \\
 A_s \text{ perlu} & : \rho \cdot b \cdot d \\
 & : 0,00339 \cdot 1000 \cdot 113,5 \\
 & : 385,43 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} & : \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} \\
 & : \frac{385,43}{133} \\
 & : 2,9 \text{ buah} \approx \mathbf{3 \text{ buah}} \\
 S & : \frac{1000}{n} \\
 & : \frac{1000}{3} \\
 & : \mathbf{333,33 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 disyaratkan untuk tulangan slab tidak melebihi ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 S \text{ max} & : 450 \text{ mm} \\
 S \text{ max} & : 3 \cdot h \\
 & : 3 \cdot 140 \\
 & : 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 & : \frac{385,43 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} \\
 & : 4,76 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} \\
 & : \frac{4,76}{0,764} \\
 & : 6,23 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(113,5-6,23)}{6,23} \times 0,003 \\
 & : \mathbf{0,052} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan lentur arah X **D13-300**

- Tulangan Lentur Arah Y

$$\begin{aligned}
 Mu & : -3182,99 \text{ kgm} \\
 D \text{ (tulangan)} & : 13 \text{ mm} \\
 As \text{ (tulangan)} & : \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 & : \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\
 & : 133 \text{ mm}^2 \\
 d & : t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D/2 \\
 & : 140 - 20 - 13/2 \\
 & : 113,5 \text{ mm} \\
 Rn & : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 & : \frac{318299}{0,9 \cdot 100 \cdot 11,35^2} \\
 & : 27,45 \text{ kg/cm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} & : \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 & : \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 27,45}{4200}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & : 0,0068 \\
 & (\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}) \\
 \rho_{\text{pakai}} & : 0,0068 \\
 \text{As perlu} & : \rho \cdot b \cdot d \\
 & : 0,0068 \cdot 1000 \cdot 113,5 \\
 & : 774,55 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} & : \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\frac{A_s}{133}} \\
 & : \frac{774,55}{133} \\
 & : 5,84 \text{ buah} \approx \mathbf{6 \text{ buah}} \\
 S & : \frac{1000}{n} \\
 & : \frac{1000}{6} \\
 & : \mathbf{166,67 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 disyaratkan untuk tulangan slab tidak melebihi ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} & : 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} & : 3 \cdot h \\
 & : 3 \cdot 140 \\
 & : 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 & : \frac{774,55 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} \\
 & : 9,57 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} \\
 & : \frac{9,57}{0,764} \\
 & : 12,52 \text{ mm} \\
 \epsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(113,5-12,52)}{12,52} \times 0,003
 \end{aligned}$$

$$: \mathbf{0,024} > 0,005$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan lentur arah Y **D13-160**

- Tulangan Geser

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

$$V_u : 3,98 \cdot 10^{-9} \text{ N}$$

$$V_c : 0,17 \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d$$

$$: 0,17 \times \sqrt{40} \times 1125 \times 113,5$$

$$: 137286,33 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c : 0,5 \times 0,75 \times 137286,33$$

$$: 41185,89 \text{ N}$$

$3,98 \cdot 10^{-9} \text{ N} \leq 41185,89 \text{ N} \rightarrow$  Tidak memenuhi  
Sehingga tidak memerlukan perkuatan geser

- Tulangan Bagi

Tulangan bagi dihitung dengan rasio tulangan minimum.

$$\rho_{\min} : 0,0018$$

(SNI 2847:2013 ps 7.12.2.1)

$$\text{As perlu} : \text{p.b.d}$$

$$: 0,0018 \cdot 1000 \cdot 113,5$$

$$: 204,3 \text{ mm}^2$$

$$D \text{ (tulangan)} : 10 \text{ mm}$$

$$\text{As (tulangan)} : 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} : \frac{\text{As perlu}}{\text{As}}$$

$$: \frac{204,3}{78,54}$$

$$: 2,6 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S : \frac{1000}{3}$$

$$: \mathbf{333,33} \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **Ø10-300**

### c. Perhitungan Balok Bordes

- Perencanaan Dimensi Awal Balok Bordes

$$\begin{aligned} L & : 270 \text{ cm} \\ h & : L/16 \\ & : 270/16 \\ & : 16,9 \text{ cm} \approx \mathbf{30 \text{ cm}} \\ b & : 2/3.h \\ & : 2/3.16,9 \\ & : 11,3 \text{ cm} \approx \mathbf{20 \text{ cm}} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan dimensi balok bordes 20/30 cm

- Pembebanan Balok Bordes

Beban Mati (D)

$$\begin{aligned} \text{Pelat Bordes} & = 2400 \times 1,125 \times 0,14 = 378 \text{ kg/m} \\ \text{Berat Balok} & = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m} \\ qD & = 522 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup (L)

$$qL = 192 \text{ kg/m}$$

Kombinasi

$$\begin{aligned} qU & = 1,2 (D) + 1,6 (L) \\ qU & = 1,2 (522) + 1,6 (192) = \mathbf{933,6 \text{ kg/m}} \end{aligned}$$

- Penulangan Balok Bordes

Berikut ini adalah data perencanaan penulangan bordes:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- L balok bordes : 270 cm
- b : 20 cm
- h : 30 cm
- Cover : 2 cm
- d :  $h_{\text{balok}} - \text{cover} - D/2$   
:  $300 - 20 - 13/2$   
: 273,5 mm



- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \left( \frac{f_c' - 28}{7} \right)$   
:  $0,85 - 0,05 \left( \frac{40 - 28}{7} \right)$   
: 0,764
- $\rho_{\min}$  :  $0,25 \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}$   
:  $0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{420}$   
: 0,00376
- $\rho_{\min}$  :  $\frac{1,4}{f_y}$   
:  $\frac{1,4}{420}$   
: 0,00333
- $\rho_{\min}$  : 0,00376
- $\rho_b$  :  $\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
:  $\frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$   
: 0,0364
- $\rho_{\max}$  : 0,75 ·  $\rho_b$   
: 0,0273
- m :  $\frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$   
:  $\frac{420}{0,85 \times 40}$   
: 12,353

- Tulangan Lentur Balok Bordes  
Negatif tumpuan

$$\begin{aligned}
 Mu &: \frac{1}{10} \times qU \times L^2 \\
 &: \frac{1}{10} \times 933,6 \times 2,7^2 \\
 &: 580,59 \quad \text{kgm} \\
 Rn &: \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &: \frac{58059}{0,9 \cdot 20 \cdot 27,4^2} \\
 &: 2,106 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &: \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &: \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 2,106}{4200}} \right) \\
 &: 0,000503 \\
 &(\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}) \\
 \rho_{\text{pakai}} &: 0,00376 \\
 \text{As perlu} &: \rho \cdot b \cdot d \\
 &: 0,00376 \cdot 200 \cdot 274 \\
 &: 206 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &: \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} \\
 &: \frac{206}{133} \\
 &: 1,55 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S &: \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{senggang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\
 &: \frac{200 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 13}{2 - 1} \\
 &: \mathbf{114 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &: \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &: \frac{206 \times 420}{0,85 \times 40 \times 200} \\
 &: 12,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &: \frac{a}{\beta_1} \\
 &: \frac{12,72}{0,764} \\
 &: 16,64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_1 &: \frac{(d - c)}{c} \times 0,003 \\
 &: \frac{(273,5 - 16,64)}{16,64} \times 0,003 \\
 &: \mathbf{0,0463} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan negatif tumpuan **2D13**

Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &: 0,5 \cdot \text{As perlu} \\
 &: 0,5 \cdot 206 \\
 &: 102,96 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &: \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} \\
 &: \frac{102,96}{133} \\
 &: 0,77 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

 $S \geq 25 \text{ mm}$ 

$$\begin{aligned}
 S &: \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n-1} \\
 &: \frac{200 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 13}{2-1} \\
 &: \mathbf{114 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &: \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &: \frac{102,96 \times 420}{0,85 \times 40 \times 200} \\
 &: \mathbf{6,359 \text{ mm}} \\
 c &: \frac{a}{\beta_1} \\
 &: \frac{6,359}{0,764} \\
 &: \mathbf{8,321 \text{ mm}} \\
 \epsilon_1 &: \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 &: \frac{(273,5 - 8,321)}{8,321} \times 0,003 \\
 &: \mathbf{0,095} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan positif tumpuan **2D13**

Positif lapangan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &: \frac{1}{11} \times qU \times L^2 \\ &: \frac{1}{11} \times 933,6 \times 2,7^2 \\ &: 618,722 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &: \frac{\text{Mu}}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &: \frac{61872,2}{0,9 \cdot 20 \cdot 27,4^2} \\ &: 4,595 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &: \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right) \\ &: \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 4,595}{4200}} \right) \\ &: 0,0011 \end{aligned}$$

$$(\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}})$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &: 0,00376 \\ \text{As perlu} &: \rho \cdot b \cdot d \\ &: 0,00376 \cdot 200 \cdot 274 \\ &: 206 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &: \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{As}} \\ &: \frac{206}{133} \\ &: 1,55 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &: \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{\frac{n-1}{2-1}} \\ &: \frac{200 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 13}{2-1} \\ &: 114 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} a &: \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ &: \frac{206 \times 420}{0,85 \times 40 \times 200} \\ &: 12,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &: \frac{a}{\beta_1} \\
 &: \frac{12,72}{0,764} \\
 &: 16,64 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 &: \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 &: \frac{(273,5-16,64)}{16,64} \times 0,003 \\
 &: \mathbf{0,0463} > 0,005 \\
 &\quad \text{(Penampang terkendali tarik)}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan positif lapangan **2D13**

Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &: 0,5 \cdot \text{As perlu} \\
 &: 0,5 \cdot 206 \\
 &: 102,96 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &: \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} \\
 &: \frac{102,96}{133} \\
 &: 0,77 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S &: \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n-1} \\
 &: \frac{200 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 13}{2-1} \\
 &: \mathbf{114 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &: \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &: \frac{102,96 \times 420}{0,85 \times 40 \times 200} \\
 &: 6,359 \text{ mm} \\
 c &: \frac{a}{\beta_1} \\
 &: \frac{6,359}{0,764} \\
 &: 8,321 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ & : \frac{(273,5-8,321)}{8,321} \times 0,003 \\ & : \mathbf{0,095} > 0,005 \\ & \text{(Penampang terkendali tarik)}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan Negatif Lapangan  
**2D13**

- Tulangan Geser  
Tumpuan

$$\begin{aligned}V_u & : \frac{1}{2} \cdot (933,6.2,7) \\ & : 1260,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u < \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

$$\begin{aligned}V_c & : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \\ & : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 200 \cdot 273,5 \\ & : 57658,86 \text{ N} \\ & : 5765,886 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u < \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

$$1260,36 < 0,75 \left( 5765,886 + \frac{\left( \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 200 \cdot 273,5 \right)}{10} \right)$$

15005 < 17297,66 kg  $\rightarrow$  Tidak perlu tulangan geser

Maka beton telah dianggap cukup mampu menahan gaya geser, sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 digunakan tulangan geser dengan jarak  $d/2 = 273,5/2 = 136,75 \text{ mm}$ .

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan **Ø10-130**

Lapangan

$$V_n : \frac{V_u}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 &: \frac{12603,6}{0,75} \\
 &: 16804,8 \text{ N} \\
 V_n &: V_s + V_c \\
 V_c &: \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &: \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 200 \cdot 273,5 \\
 &: 57658,86 \text{ N} \\
 &: 5765,886 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$V_n < V_c \rightarrow$  Tidak memenuhi

Maka beton telah dianggap cukup mampu menahan gaya geser, sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 digunakan tulangan geser dengan jarak  $d/2 = 273,5/2 = 136,75$  mm.

Sehingga digunakan tulangan geser lapangan  $\emptyset 10$ -  
**130**

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Tulangan Tangga

Struktur	Tulangan								
	Arah X			Arah Y			Bagi		
Pelat Tangga	D	13	200	D	13	250	$\emptyset$	10	300
Pelat Bordes	D	13	300	D	13	160	$\emptyset$	10	300
Struktur	Tulangan								
	Negatif Tumpuan			Negatif Lapangan					
Balok Bordes	2	D	13	2	D	13			
	Positif Tumpuan			Positif Lapangan					
	2	D	13	2	D	13			
	Geser								
	Lapangan			Tumpuan					
	$\emptyset$	10	130	$\emptyset$	10	130			

### 4.2.3 Perencanaan Pelat

#### 4.2.3.1 Data Perencanaan

Data perencanaan pelat meliputi mutu bahan, dimensi pelat dan pembebanan yang terjadi. Dimana dimensi tebal pelat didapatkan dari proses preliminary design. Berikut adalah data perencanaan pelat:

- Mutu beton : 40 Mpa
- Mutu baja : 420 Mpa
- Tebal pelat atap : 12 cm
- Tebal pelat lantai : 12 cm

#### 4.2.3.2 Pembebanan Pelat

Pembebanan pelat dibagi menjadi dua, yaitu pembebanan pelat atap dan pembebanan pelat lantai. Berikut adalah perhitungan pembebanan pelat:

- Pelat Atap
  - Beban Mati
 

Pelat atap	$= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
Penggantung	$= 7 \text{ kg/m}^2$
Plafond	$= 11 \text{ kg/m}^2$
Spesi (2 cm)	$= 21 \text{ kg/m}^2$
Aspal (1 cm)	$= 14 \text{ kg/m}^2$
Plumbing & Ducting	$= 15 \text{ kg/m}^2$
qD	$= 356 \text{ kg/m}^2$
  - Beban Hidup
 

qL	$= 192 \text{ kg/m}^2$
----	------------------------
  - Kombinasi
 

qU	$= 1,2 (D) + 1,6 (L)$
qU	$= 1,2 (356) + 1,6 (192)$
	$= 734 \text{ kg/m}^2$
- Pelat Lantai
  - Beban Mati
 

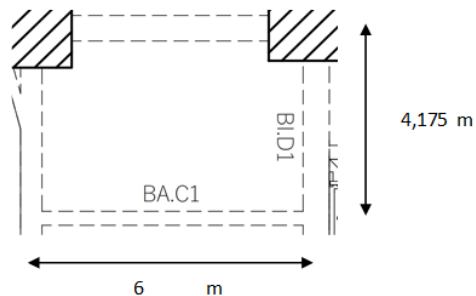
Pelat atap	$= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
------------	---



Penggantung	= 7	kg/m <sup>2</sup>
Plafond	= 11	kg/m <sup>2</sup>
Spesi (2 cm)	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Plumbing & Ducting	= 15	kg/m <sup>2</sup>
qD	= 342	kg/m <sup>2</sup>
+		
- Beban Hidup		
qL	= 192	kg/m <sup>2</sup>
-		
- Kombinasi		
qU	= 1,2 (D) + 1,6 (L)	
qU	= 1,2 (342) + 1,6 (192)	
	= 718	kg/m <sup>2</sup>

#### 4.2.3.3 Perhitungan Tulangan Pelat

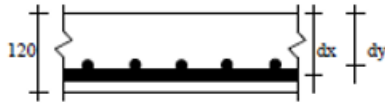
Contoh perhitungan tulangan pelat dilakukan pada tipe pelat lantai C1. Berikut adalah data-data perencanaan untuk penulangan pelat lantai C1:



Gambar 4. 12 Dimensi Pelat C1

- Dimensi pelat : 600 x 418 cm
- Tebal pelat : 12 cm
- Cover : 4 cm
- D tul rencana : 10 mm
- As tul rencana : 78,5 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \bullet \beta_1 & : 0,85 - 0,05 \left( \frac{f_c' - 28}{7} \right) \\
 & : 0,85 - 0,05 \left( \frac{40 - 28}{7} \right) \\
 & : 0,764
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 13 Panjang d Pelat

$$\begin{aligned}
 \bullet dx & = \text{tebal pelat (h)} - \text{cover} - (1/2 \cdot \text{Dtul bawah}) \\
 & = 120 - 40 - (1/2 \cdot 10) \\
 & = 75 \text{ mm} \\
 \bullet dy & = \text{tebal pelat (h)} - \text{cover} - (\text{Dtul bawah}) - (1/2 \cdot \text{Dtul atas}) \\
 & = 120 - 40 - 10 - (1/2 \cdot 10) \\
 & = 65 \text{ mm} \\
 \bullet Ly & = 6000 - \frac{(400+400)}{2} \\
 & = 5600 \text{ mm} \\
 \bullet Lx & = 4180 - \frac{(300+200)}{2} \\
 & = 3930 \text{ mm} \\
 \bullet \beta & = \frac{Ly}{Lx} \\
 & = \frac{5600}{3930} \\
 & = 1,43 < 2 \text{ (Pelat 2 arah)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 13.3.1 pada PBI 1971 didapatkan koefisien momen dalam persamaan momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{lx} & = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 M_{tx} & = -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 M_{ly} & = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 M_{ty} & = -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X
 \end{aligned}$$

Dimana :

$M_{lx}$  : Momen lapangan arah x

$M_{ly}$  : Momen lapangan arah y

$M_{tx}$  : Momen tumpuan arah x

$M_{ty}$  : Momen tumpuan arah y

$X$  : Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

- Perhitungan tulangan arah X

$$\frac{L_y}{L_x} = 1,43 \text{ (terjepit penuh)}$$

Dengan menggunakan rumus interpolasi didapatkan nilai  $X_1$  dan  $X_2$  sebagai berikut :

$$X_1 = 34,5 \text{ (} M_{lx} \text{)}$$

$$X_2 = 73,8 \text{ (} M_{tx} \text{)} \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$M_{tx} = 0,001 \times 718 \times 3,93^2 \times 73,8$$

$$= 923,138 \text{ kgm}$$

$$\rho_{\min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f'c'}}{f_y}$$

$$= 0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{420}$$

$$= 0,00376 \rightarrow \text{Menentukan}$$

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

$$= \frac{1,4}{420}$$

$$= 0,00333$$

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,0364$$

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

$$= 0,0273$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c'}$$

$$= \frac{420}{0,85 \cdot 40}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= 12,353 \\
 &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{9231382}{0,9 \cdot 1000 \cdot 75^2} \\
 &= 1,823 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 1,283}{420}} \right) \\
 &= 0,00446 \\
 &\quad (\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}) \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,00539 \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00446 \cdot 1000 \cdot 75 \\
 &= 334,85 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tul} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} \\
 &= \frac{334,85}{78,54} \\
 &= 5 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{n \text{ tul}} \\
 &= \frac{1000}{5} \\
 &= \mathbf{200} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 3 \cdot h \\
 &= 3 \cdot 120 \\
 &= 360 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= \mathbf{200} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{334,856 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,136 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{4,136}{0,764} \\
 &= 5,412 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{(75-5,412)}{5,412} \times 0,003 \\
 &= \mathbf{0,0386} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan arah X adalah **Ø10-200**

- Perhitungan tulangan arah Y

$$\frac{L_y}{L_x} = 1,43 \text{ (terjepit penuh)}$$

Dengan menggunakan rumus interpolasi didapatkan nilai X1 dan X2 sebagai berikut :

$$X1 = 17,7 \text{ (Mly)}$$

$$X2 = 57 \text{ (Mty)} \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$\begin{aligned}
 Mtx &= 0,001 \times 718 \times 3,93^2 \times 57 \\
 &= 713 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= 0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{420} \\
 &= 0,00376 \rightarrow \text{Menentukan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{420} \\
 &= 0,00333
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0,00376 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,0364
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
&= 0,0273 \\
\rho_{\max} &= 0,025 \rightarrow \text{Menentukan} \\
\rho_{\max} &= 0,025 \\
m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
&= \frac{420}{0,85 \times 40} \\
&= 12,353 \\
R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
&= \frac{7129683}{0,9 \cdot 1000 \cdot 75^2} \\
&= 1,408 \text{ N/mm}^2 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 1,408}{420}} \right) \\
&= 0,00343 \\
&\quad (\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}) \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0,00376 \\
\text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
&= 0,00376 \cdot 1000 \cdot 75 \\
&= 282,346 \quad \text{mm}^2 \\
n \text{ tul} &= \frac{\text{As perlu}}{A_s} \\
&= \frac{282,346}{78,54} \\
&= 4 \text{ buah} \\
S &= \frac{1000}{n \text{ tul}} \\
&= \frac{1000}{4} \\
&= \mathbf{250} \text{ mm}
\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
S_{\max} &= 450 \text{ mm} \\
S_{\max} &= 3 \cdot h \\
&= 3 \cdot 120 \\
&= 360 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ &= \frac{282,346 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} \\ &= 3,487 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{3,487}{0,764} \\ &= 4,563 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{(75-4,563)}{4,563} \times 0,003 \\ &= 0,0463 > 0,005 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan arah Y adalah  $\emptyset 10-250$

Berikut pada Tabel 4.25 adalah rekapitulasi tulangan pelat atap :

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Tulangan Pelat Atap

KODE	Tipe			Pelat Atap	
				Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
A1	600	x	266,7	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
A2	600	x	266,7	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
A3	300	x	200	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
A4	266,7	x	250	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
A5	180	x	180	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
B1	417,5	x	266,7	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
B2	417,5	x	266,7	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
C1	600	x	417,5	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
D1	835	x	265	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
D2	570	x	520	$\emptyset 10 - 200$	$\emptyset 10 - 250$

Berikut pada Tabel 4.26 adalah rekapitulasi tulangan pelat lantai :

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Tulangan Pelat Lantai

KODE	Tipe			Pelat Lantai	
				Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
A1	600	x	266,7	Ø10 - 250	Ø10 - 250
A2	600	x	266,7	Ø10 - 250	Ø10 - 250
A3	300	x	200	Ø10 - 250	Ø10 - 250
A4	266,7	x	250	Ø10 - 250	Ø10 - 250
A5	180	x	180	Ø10 - 250	Ø10 - 250
B1	417,5	x	266,7	Ø10 - 250	Ø10 - 250
B2	417,5	x	266,7	Ø10 - 250	Ø10 - 250
C1	600	x	417,5	Ø10 - 200	Ø10 - 250
D1	835	x	265	Ø10 - 250	Ø10 - 250
D2	570	x	520	Ø10 - 160	Ø10 - 200

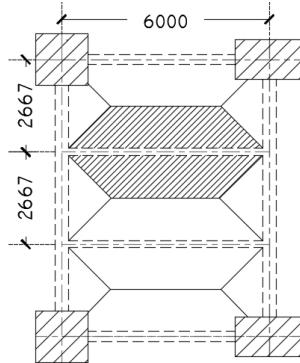
#### 4.2.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi pendistribusi beban. Berikut adalah contoh perhitungan tulangan balok anak gedung Grand Dharmahusada Lagoon yaitu pada balok anak BA.A1 dengan dimensi 25/40 cm dan bentang 6 m.

##### 4.2.4.1 Pembebanan Balok Anak

Balok anak didesain untuk mampu menahan beban pelat lantai. Beban pelat yang diterima oleh balok anak dihitung dengan cara pendekatan *tributary area*. Berikut adalah pembebanan balok anak BA.A1 untuk beban lantai atap :





Gambar 4. 14 Pembebanan *Tributary Area* Balok Anak

Ukuran pelat :

$L_x$	= 2,67 m
$L_y$	= 6 m
Bentang	= 6 m
$b$	= 25 cm
$h$	= 40 cm

Sesuai dengan perhitungan pembebanan pelat lantai atap pada sub bab 4.2.3.2 didapatkan pembebanan beban pelat atap sebagai berikut :

- Beban Mati ( $q_D$ ) = 356 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup ( $q_L$ ) = 96 kg/m<sup>2</sup>

Dengan metode *tributary area* maka didapatkan pembebanan balok anak sebagai berikut :

➤ Beban Mati

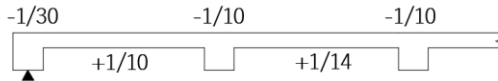
$$\begin{aligned} \text{- Berat balok} &= 0,25 \times 0,4 \times 2400 \\ &= 240 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Beban mati pelat} &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot q_a \cdot L_x \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{L_x^2}{L_y^2} \right) \right\} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 356 \cdot 2,67 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2,67^2}{6^2} \right) \right\} \\ &= 886,26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - qD &= 240 + 886,26 \\
 &= 1126,82 \text{ kg/m} \\
 \text{➤ Beban Hidup} \\
 - qL &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot q_a \cdot L_x \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{Lx^2}{Ly^2} \right) \right\} \\
 &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 2,67 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2,67^2}{6^2} \right) \right\} \\
 &= 239,144 \text{ kg/m} \\
 \text{➤ Kombinasi Beban} \\
 - qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\
 &= 1,2 \cdot 1126,82 + 1,6 \cdot 239,144 \\
 &= 1734,82 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4.2 Perhitungan Gaya Dalam

Gaya yang terjadi pada balok anak merupakan gaya momen lentur akibat beban yang terjadi. Dimana telah dirumuskan pada PBI 1971 pasal 13.2 koefisien momen adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 15 Koefisien Momen Balok Berdasarkan PBI 1971

- Momen Tumpuan  
M (-)
 
$$\begin{aligned}
 &= -1/10 \cdot qU \cdot L^2 \\
 &= -1/10 \cdot 1734,82 \cdot 6^2 \\
 &= 6245,36 \text{ kgm} \\
 &= \mathbf{62,4536 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$
- Momen Lapangan  
M (+)
 
$$\begin{aligned}
 &= 1/14 \cdot qU \cdot L^2 \\
 &= 1/14 \cdot 1734,82 \cdot 6^2 \\
 &= 4460,97 \text{ kgm} \\
 &= \mathbf{44,6097 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$

### 4.2.4.3 Penulangan Balok Anak

➤ Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan tulangan balok anak :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- L balok : 600 cm
- b : 25 cm
- h : 40 cm
- Cover : 4 cm
- D lentur (19) : 19 mm
- As lentur (19) :  $283,529 \text{ mm}^2$
- d :  $h - \text{cover} - 0,5.D(19)$   
:  $400 - 40 - 0,5.19$   
: 340,5 mm
- D sengkang (10) : 10 mm
- As sengkang (10) :  $78,54 \text{ mm}^2$
- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \left( \frac{f_c' - 28}{7} \right)$   
:  $0,85 - 0,05 \left( \frac{40 - 28}{7} \right)$   
: 0,764
- $\rho_{\min}$  :  $0,25 \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}$   
:  $0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{420}$   
: 0,00376
- $\rho_{\min}$  :  $\frac{1,4}{f_y}$   
:  $\frac{1,4}{420}$   
: 0,00333
- $\rho_{\min}$  : 0,00376
- $\rho_b$  :  $\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
:  $\frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$   
: 0,0364
- $\rho_{\max}$  : 0,75.  $\rho_b$

$$\begin{aligned}
 & : 0,0273 \\
 - \rho_{\max} & : 0,025 \\
 - \rho_{\max} & : 0,025 \\
 - m & : \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}'} \\
 & : \frac{420}{0,85 \times 40} \\
 & : 12,353
 \end{aligned}$$

➤ Desain Tulangan Lentur  
Tulangan Lapangan Positif

$$Mu : 4460,97 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n & : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 & : \frac{4460,97 \times 10^4}{0,9 \cdot 250 \cdot 340,5^2} \\
 & : 1,71 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} & : \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 & : \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 1,71}{420}} \right) \\
 & : 0,004179
 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} : 0,004179$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} & : \rho \cdot b \cdot d \\
 & : 0,004179 \cdot 250 \cdot 340,5 \\
 & : 355,77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} & : \frac{As \text{ perlu}}{As D(19)} \\
 & : \frac{355,77}{283,529} \\
 & : 1,25 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S & : \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\
 & : \frac{200 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 19}{2 - 1}
 \end{aligned}$$

$$: 62 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} a & : \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ & : \frac{355,77 \times 420}{0,85 \times 40 \times 250} \\ & : 17,58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c & : \frac{a}{\beta_1} \\ & : \frac{17,58}{0,764} \\ & : 23,01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ & : \frac{(340,5-23,01)}{23,01} \times 0,003 \\ & : 0,041 > 0,005 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan lapangan positif **2D19**

Tulangan Lapangan Negatif

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} & : \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ perlu} \\ & : \frac{1}{2} \cdot 355,77 \\ & : 177,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} & : \frac{A_s \text{ min}}{A_s D(19)} \\ & : \frac{177,88}{283,529} \\ & : 0,627 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S & : \frac{b_w - 2 \cdot D_{sengkang} - 2 \cdot cover - n \cdot D_{lentur}}{n-1} \\ & : \frac{200 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 19}{2-1} \\ & : 62 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\
 & : \frac{177,88 \times 420}{0,85 \times 40 \times 250} \\
 & : 8,79 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} \\
 & : \frac{8,79}{0,764} \\
 & : 11,5 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(340,5-11,5)}{11,5} \times 0,003 \\
 & : \mathbf{0,0858} > 0,005 \\
 & \text{(Penampang terkendali tarik)}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lapangan negatif **2D19**

Tulangan Tumpuan Negatif

$$\begin{aligned}
 Mu & : 6245,36 \text{ kgm} \\
 Rn & : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 & : \frac{6245,36 \times 10^4}{0,9 \cdot 250 \cdot 340,5^2} \\
 & : 2,394 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} & : \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 & : \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 2,394}{420}} \right) \\
 & : 0,00591 \\
 & (\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}) \\
 \rho_{\text{pakai}} & : 0,00591 \\
 As \text{ perlu} & : \rho \cdot b \cdot d \\
 & : 0,00591 \cdot 250 \cdot 340,5 \\
 & : 503,63 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} & : \frac{As \text{ perlu}}{As D(19)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & : \frac{503,63}{283,529} \\
 & : 1,77 \text{ buah} \approx \mathbf{2} \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S & : \frac{b_w - 2.D_{sengkan} - 2.cover - n.D_{lentur}}{n-1} \\
 & : \frac{200 - 2.10 - 2.40 - 2.19}{2-1} \\
 & : \mathbf{62} \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 & : \frac{503,63 \times 420}{0,85 \times 40 \times 250} \\
 & : 24,88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c & : \frac{a}{\beta_1} \\
 & : \frac{24,88}{0,764} \\
 & : 32,57 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(340,5 - 32,57)}{32,57} \times 0,003 \\
 & : \mathbf{0,028} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan tumpuan negatif **2D19**

Tulangan Tumpuan Positif

$$\begin{aligned}
 As \text{ min} & : \frac{1}{2} As \text{ perlu} \\
 & : \frac{1}{2} \cdot 503,63 \\
 & : 251,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} & : \frac{As \text{ min}}{As D(19)} \\
 & : \frac{251,81}{283,529} \\
 & : 0,88 \text{ buah} \approx \mathbf{2} \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$S : \frac{b_w - 2.D_{senggang} - 2.cover - n.D_{lentur}}{n-1}$$

$$: \frac{200 - 2.10 - 2.40 - 2.19}{2-1}$$

$$: \mathbf{62 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$a : \frac{As \times fy}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$: \frac{251,81 \times 420}{0,85 \times 40 \times 250}$$

$$: 12,44 \text{ mm}$$

$$c : \frac{a}{\beta_1}$$

$$: \frac{12,44}{0,764}$$

$$: 16,28 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_1 : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003$$

$$: \frac{(340,5 - 16,28)}{16,28} \times 0,003$$

$$: \mathbf{0,0597} > 0,005$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan tumpuan positif **2D19**

Tulangan Geser Tumpuan

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

$$V_u : \frac{1}{2} q U \cdot L$$

$$: \frac{1}{2} \cdot 1734,82.6$$

$$: 5204,464 \text{ kg}$$

$$V_c : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$: \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 340,5$$

$$: 89729,6 \text{ N}$$

$$: 8972,96 \text{ kg}$$



$$V_u < \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

$$5204,464 < 0,75 \left( 8972,96 + \frac{\left(\frac{2}{3}\right) \cdot \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 340,5}{10} \right)$$

$$5204,464 < 26918,89 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

- i.  $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$   
(Tidak perlu tulangan geser)  
 $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$   
 $5204,464 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 8972,96$   
 $5204,464 \leq 2691,89 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$
- ii.  $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$   
(Dipakai tulangan geser minimum)  
 $2691,89 \leq 5204,464 \leq 0,75 \cdot 8972,96$   
 $2691,89 \leq 5204,464 \leq 5383,77 \text{ kg} \rightarrow \text{dipakai tulangan minimum}$
- iii.  $\phi \cdot V_c < V_u < \phi(V_c + V_s)$   
(Perlu tulangan geser)  
 $V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 340,5$   
 $= 179459,26 \text{ N}$   
 $= 17945,926 \text{ kg}$   
 $\phi \cdot V_c < V_u < \phi(V_c + V_s)$   
 $5383,77 < 5204,464 < 16151,33 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$

Jadi diperlukan tulangan geser karena memenuhi kriteria ii. Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$- d/2 = 340,5/2$$

$$= 170,25 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan **Ø10-170**

Tulangan Geser Lapangan

$$V_u < \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

$$\begin{aligned}
 V_u & : Vu - \frac{1}{4}qU.L \\
 & : 5204,464 - \frac{1}{4}.1734,82.6 \\
 & : 2602,23 \text{ kg} \\
 V_c & : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'}.bw.d \\
 & : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40}.250.340,5 \\
 & : 89729,63 \text{ N} \\
 & : 8972,963 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & Vu < \emptyset \left( Vc + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{fc'}.bw.d \right) \\
 & 2602,23 < 0,75 \left( 8972,963 + \frac{\left( \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40}.250.340,5 \right)}{10} \right) \\
 & 2602,23 < 26918,89 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}
 \end{aligned}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

- i.  $Vu \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc$   
 (Tidak perlu tulangan geser)  
 $Vu \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc$   
 $2602,23 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 8972,963$   
 $2602,23 \leq 2691,89 \text{ kg} \rightarrow$  **memenuhi (sehingga dipasang tulangan minimum)**
- ii.  $0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc$   
 (Dipakai tulangan geser minimum)  
 $2691,89 \leq 2602,23 \leq 0,75 \cdot 8972,963$   
 $2691,89 \leq 2602,23 \leq 5383,77 \text{ kg} \rightarrow$  tidak memenuhi
- iii.  $\emptyset \cdot Vc < Vu < \emptyset(Vc + Vs)$   
 (Perlu tulangan geser)  
 $Vs = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40}.250.340,5$   
 $= 179459,26 \text{ N}$   
 $= 17945,926 \text{ kg}$   
 $\emptyset \cdot Vc < Vu < \emptyset(Vc + Vs)$   
 $5383,77 < 2602,23 < 16151,33 \text{ kg} \rightarrow$  tidak memenuhi  
 Karena tergolong pada kategori i, maka dipasang tulangan geser minimum. Jarak maksimum antar sengkang

tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$- d/2 = 340,5/2 = 170,25 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan  $\varnothing 10-170$

Berikut pada Tabel 4.27 adalah rekapitulasi desain tulangan lentur balok anak lantai atap :

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Lantai Atap

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Tulangan Lentur			
		b (cm)	h (cm)	Positif Lapangan	Negatif Tulangan	Negatif Tumpuan	Positif Tumpuan
BA.A1	6	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BA.B1	4,18	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BA.B2	2,67	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BA.C1	6	25	40	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
BA.D1	8,35	30	50	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
BA.D2	5,7	25	40	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
BE	2,68	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BK.A1	2	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BK.A2	2,5	30	50	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BK.A3	1,8	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19

Berikut adalah pada Tabel 4.28 rekapitulasi desain tulangan geser balok anak lantai atap :

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Anak Lantai Atap

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Lantai Atap	
		b (cm)	h (cm)	Tumpuan	Lapangan
BA.A1	6,00	25	40	$\varnothing 10 - 170$	$\varnothing 10 - 170$
BA.B1	4,18	25	40	$\varnothing 10 - 170$	$\varnothing 10 - 170$
BA.B2	2,67	25	40	$\varnothing 10 - 170$	$\varnothing 10 - 170$
BA.C1	6,00	25	40	$\varnothing 10 - 125$	$\varnothing 10 - 170$
BA.D1	8,35	30	50	$\varnothing 10 - 200$	$\varnothing 10 - 200$
BA.D2	5,70	25	40	$\varnothing 10 - 125$	$\varnothing 10 - 170$
BE	2,68	25	40	$\varnothing 10 - 170$	$\varnothing 10 - 170$
BK.A1	2,00	25	40	$\varnothing 10 - 170$	$\varnothing 10 - 170$
BK.A2	2,50	30	50	$\varnothing 10 - 200$	$\varnothing 10 - 200$
BK.A3	1,80	25	40	$\varnothing 10 - 170$	$\varnothing 10 - 170$

Berikut adalah pada Tabel 4.29 rekapitulasi desain tulangan lentur balok anak lantai apartemen :

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Lantai Apartemen

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Tulangan Lentur			
		b (cm)	h (cm)	Positif Lapangan	Negatif Tulangan	Negatif Tumpuan	Positif Tumpuan
BA.A1	6,00	25	40	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
BA.B1	4,18	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BA.B2	2,67	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BA.C1	6,00	25	40	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
BA.D1	8,35	30	50	2 D19	2 D19	4 D19	2 D19
BA.D2	5,70	25	40	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
BE	2,68	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BK.A1	2,00	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BK.A2	2,50	30	50	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
BK.A3	1,80	25	40	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19

Berikut adalah pada Tabel 4.30 rekapitulasi desain tulangan geser balok anak lantai apartemen :

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Anak Lantai Apartemen

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Lantai Apartemen	
		b (cm)	h (cm)	Tumpuan	Lapangan
BA.A1	6,00	25	40	Ø10 - 120	Ø10 - 170
BA.B1	4,18	25	40	Ø10 - 170	Ø10 - 170
BA.B2	2,67	25	40	Ø10 - 170	Ø10 - 170
BA.C1	6,00	25	40	Ø10 - 120	Ø10 - 170
BA.D1	8,35	30	50	Ø10 - 100	Ø10 - 200
BA.D2	5,70	25	40	Ø10 - 120	Ø10 - 170
BE	2,68	25	40	Ø10 - 170	Ø10 - 170
BK.A1	2,00	25	40	Ø10 - 170	Ø10 - 170
BK.A2	2,50	30	50	Ø10 - 200	Ø10 - 200
BK.A3	1,80	25	40	Ø10 - 170	Ø10 - 170

## 4.2.5 Perencanaan Balok Lift

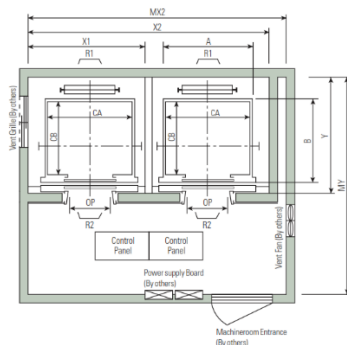
Perencanaan balok lift adalah perencanaan balok-balok yang berada disekeliling ruang luncur lift dan ruang mesin lift. Balok-balok dalam perencanaan ini adalah meliputi balok penggantung dan balok penumpu lift.

### 4.2.5.1 Spesifikasi Lift

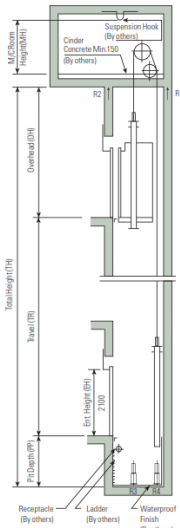
Dalam perencanaan lift digunakan lift yang diproduksi oleh *Hyundai*. Dengan berikut adalah spesifikasi teknis lift:

- Merk : *Hyundai*
- Tipe : *Manufacturer Standart*
- Kecepatan : 1 m/s
- Kapasitas : 24 orang (1600 kg)
- Opening Width : 1100 mm
- Car Size : 2150 x 1600 mm<sup>2</sup>
- Dimensi R. Luncur : 2250 x 1770 mm<sup>2</sup>
- Dimensi R. Mesin : 5650 x 4200 mm<sup>2</sup>
- Reaksi
  - R1 : 8500 kg
  - R2 : 6800 kg

Berikut adalah ilustrasi denah ruang luncur dan ruang mesin serta potongan melintang lift:



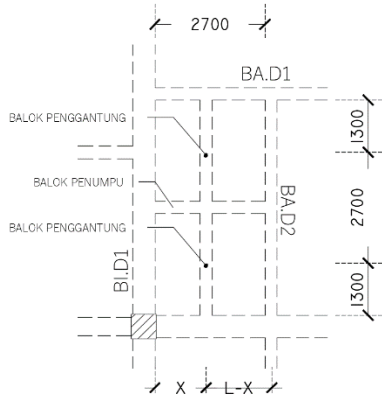
Gambar 4. 16 Denah Ruang Lift



Gambar 4. 17 Potongan Ruang Lift

**4.2.5.2 Perencanaan Awal Dimensi Balok Lift**

Berikut pada Gambar 4.18 adalah denah perencanaan balok penggantung dan penumpu lift :



Gambar 4. 18 Denah Pembalokan Balok Lift

## a. Balok Penggantungan Lift

Bentang balok penggantung lift = 2,7 m

$$h = \frac{L}{16} = \frac{270}{16} = 16,875 \text{ cm} \approx \mathbf{40 \text{ cm}}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}40 = 26,67 \text{ cm} \approx \mathbf{30 \text{ cm}}$$

Sehingga digunakan dimensi balok penggantung lift **30/40**.

## b. Balok Penumpu Lift

Bentang balok penggantung lift = 5,3 m

$$h = \frac{L}{16} = \frac{530}{16} = 33,15 \text{ cm} \approx \mathbf{40 \text{ cm}}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}40 = 26,67 \text{ cm} \approx \mathbf{30 \text{ cm}}$$

Sehingga digunakan dimensi balok penumpu lift **30/40**.

#### 4.2.5.3 Pembebanan Balok Lift

Dalam pembebanan balok lift terdapat koefisien kejut beban hidup yang disebabkan oleh keran. Dimana koefisien kejut beban hidup diatur pada pasal 3.3 (3) PPIUG 1983 yang menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalihkannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumusan berikut ini :

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

Dimana :

$\psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 15.

$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan

keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det.

- k1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.
- k2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3.

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

- R1 : 8500 kg → menentukan
- R2 : 6800 kg

$$P = R \cdot \psi = (8500 + 6800) \times (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1)$$

$$= 27234 \text{ kg}$$

a. Pembebanan Balok Penggantung Lift

➤ Beban Mati

Berat balok =  $0,4 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}$

Berat pelat =  $0,12 \cdot 1,35 \cdot 2400 = 388,8 \text{ kg/m}$

Berat aspal =  $1,35 \cdot 14 = 18,9 \text{ kg/m}$

qD =  $695,7 \text{ kg/m}$

➤ Beban Hidup

Beban hidup atap =  $96 \text{ kg/m}^2$

qL =  $96 \text{ kg/m}^2$

➤ Beban Terpusat

P =  $27234 \text{ kg}$

➤ Kombinasi Beban

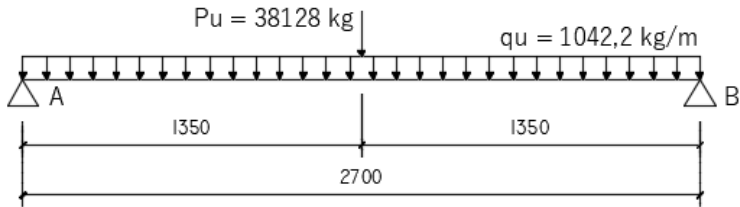
qu =  $1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL}$

=  $1042,2 \text{ kg/m}$

Pu =  $1,4 \text{ P}$

=  $38128 \text{ kg}$





Gambar 4. 19 Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Gaya Dalam pada Balok Penggantung

$$V_u = R_a = R_b$$

$$= \left(\frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot P_u\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2} \cdot 1042,2 \cdot 2,7\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 38128\right)$$

$$= 20471 \text{ kg}$$

$$M_u = \left(\frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot P_u \cdot L\right)$$

$$= \left(\frac{1}{8} \cdot 1042,2 \cdot 2,7^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot 38128 \cdot 2,7\right)$$

$$= 26686 \text{ kgm}$$

#### b. Pembebanan Balok Penumpu Lift

- Beban Mati

$$\text{Berat balok} = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 288 \text{ kg/m}$$

- Beban Terpusat

$$P_u (=V_u \text{ penggantung}) = 20471 \text{ kg}$$

- Kombinasi Beban

$$q_u = 1,2 \cdot q_D$$

$$= 345,6 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,4 \cdot P$$

$$= 28659 \text{ kg}$$

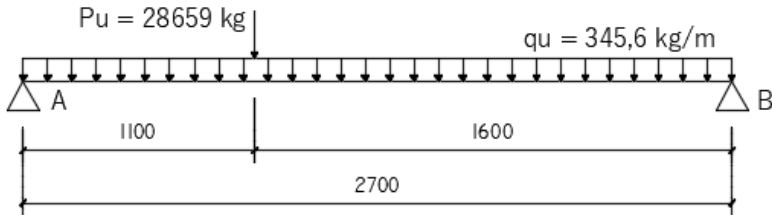
- Mencari  $X_1$

$$\sum M_A = 0$$

$$2,7 \cdot R_B = \left(\frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2\right) + (P_u \cdot X_2)$$

$$2,7 \cdot (6800,178) = \left(\frac{1}{2} \cdot 345,6 \cdot 2,7^2\right) + (28659 \cdot X_2)$$

$$\begin{aligned}
 X_2 &= 1,6 \text{ m} \\
 X_2 &= L - X_1 \\
 X_1 &= 2,7 - 1,6 \\
 X_1 &= 1,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 20 Pembebanan Balok Penumpu Lift

➤ Gaya Dalam pada Balok

$$\Sigma M_A = 0$$

$$2,7 \cdot V_B = \left( \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L^2 \right) + 1,1 \cdot Pu$$

$$2,7 \cdot V_B = \left( \frac{1}{2} \cdot 345,6 \cdot 2,7^2 \right) + 1,1 \cdot 28659$$

$$V_B = 12142,45 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B = qu \cdot L + Pu$$

$$V_A = 17449,67 \text{ kg}$$

$$V_u = 17449,67 \text{ kg}$$

$$M_x = V_A \cdot X - \frac{1}{2} \cdot qu \cdot X^2$$

$$X = 0 \text{ m} \rightarrow M_x = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1,1 \text{ m} \rightarrow M_x = 18985,55 \text{ kgm}$$

$$M_u = 18985,55 \text{ kgm}$$

#### 4.2.5.4 Penulangan Balok Lift

a. Balok Penggantung Lift

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa

- L balok	: 285 cm
- b	: 30 cm
- h	: 40 cm
- Cover	: 4 cm
- D (19)	: 22 mm
- As (19)	: 380,13 mm <sup>2</sup>
- d	: h – cover – 0,5.D(22)
	: 400 – 40 – 0,5.22
	: 336 mm
- D (13)	: 13 mm
- As (13)	: 132,73 mm <sup>2</sup>
- β <sub>1</sub>	: 0,85 – 0,05 $\left(\frac{f_c' - 28}{7}\right)$
	: 0,85 – 0,05 $\left(\frac{40 - 28}{7}\right)$
	: 0,764
- ρ <sub>min</sub>	: 0,25 × $\frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}$
	: 0,25 × $\frac{\sqrt{40}}{420}$
	: 0,00376
- ρ <sub>min</sub>	: $\frac{1,4}{f_y}$
	: $\frac{1,4}{420}$
	: 0,00333
- ρ <sub>min</sub>	: 0,00376
- ρ <sub>b</sub>	: $\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)$
	: $\frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420}\right)$
	: 0,0364
- ρ <sub>max</sub>	: 0,75 · ρ <sub>b</sub>
	: 0,0273
- ρ <sub>max</sub>	: 0,025
- ρ <sub>max</sub>	: 0,025
- m	: $\frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$

$$: \frac{420}{0,85 \times 40}$$

$$: 12,353$$

➤ Tulangan Lentur

- Tulangan Positif

Mu : 26686 kgm

$$R_n : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$: \frac{26686 \times 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 336^2}$$

$$: 8,75 \text{ N/mm}^2$$

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

$$: \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 8,75}{420}} \right)$$

$$: 0,0245$$

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

$\rho_{\text{pakai}}$  : 0,0245

As perlu :  $\rho \cdot b \cdot d$

$$: 0,0245 \cdot 300 \cdot 336$$

$$: 2477,1 \text{ mm}^2$$

n tulangan :  $\frac{As \text{ perlu}}{As D(22)}$

$$: \frac{2477,1}{380,13}$$

$$: 6,51 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$S \geq 25 \text{ mm}$

$$S : \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{senggang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$: \frac{300 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 4 \cdot 22}{4 - 1}$$

$$: 35,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Cek tulangan terkendali tarik

a :  $\frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$

$$\begin{aligned}
 & : \frac{2477,1 \times 420}{0,85 \times 40 \times 300} \\
 & : 102 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1} \\
 & : \frac{102}{0,764} \\
 & : 133,5 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 & : \frac{(336-133,5)}{133,5} \times 0,003 \\
 & : \mathbf{0,0055} > 0,005 \\
 & \text{(Penampang terkendali tarik)}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lapangan positif **7D22**

- Tulangan Negatif

$$\begin{aligned}
 \text{As min} & : \frac{1}{2} \cdot \text{As perlu} \\
 & : \frac{1}{2} \cdot 2447,1 \\
 & : 1238,5 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} & : \frac{\text{As min}}{\text{As } D(22)} \\
 & : \frac{1238,5}{380,13} \\
 & : 3,25 \text{ buah} \approx \mathbf{4} \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S & : \frac{b_w - 2 \cdot D_{sengkan} - 2 \cdot cover - n \cdot D_{lentur}}{n-1} \\
 & : \frac{300 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 4 \cdot 22}{4-1} \\
 & : \mathbf{35,33} \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a & : \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 & : \frac{1238,5 \times 420}{0,85 \times 40 \times 300} \\
 & : 50,99 \text{ mm} \\
 c & : \frac{a}{\beta_1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &: \frac{50,99}{0,764} \\ &: 66,75 \text{ mm} \\ &: \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ &: \frac{(336-66,75)}{66,75} \times 0,003 \\ &: \mathbf{0,012} > 0,005 \\ &\quad \text{(Penampang terkendali tarik)} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan negatif **4D22**

➤ Tulangan Geser

$$V_u < \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \right)$$

$$V_u : 20471 \text{ kg}$$

$$V_c : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

$$: \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 336$$

$$: 106250 \text{ N}$$

$$: 10625 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \right)$$

$$20471 < 0,75 \left( 10625 + \frac{\left( \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 336 \right)}{10} \right)$$

$$20471 < 31876 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

i.  $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

(Tidak perlu tulangan geser)

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

$$20471 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 10625$$

$$20471 \leq 3187,6 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

ii.  $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

(Dipakai tulangan geser minimum)

$$3187,6 \leq 20471 \leq 0,75 \cdot 10625$$

$$3187,6 \leq 20471 \leq 6375 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

iii.  $\phi \cdot V_c < V_u < \phi(V_c + V_{smin})$

(Perlu tulangan geser)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 336 \\ &= 212510 \text{ N} \\ &= 21251 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset (V_c + V_s)$$

$$6375 < 20471 < 19125,25 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

$$\text{iv. } \emptyset (V_c + V_{smin}) < V_u < \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d)$$

$$19125 < 20471 < 19125 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

$$\text{v. } \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d) < V_u < \emptyset (V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d)$$

$$19125 < 20471 < 31875,8 \text{ kg} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Jadi diperlukan tulangan geser karena memenuhi kriteria v.

$$\begin{aligned} V_s &: \frac{Av \cdot fy \cdot d}{S} \\ S &: \frac{2.132,73.420.336}{21251} \\ &: 176,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$\begin{aligned} - d/4 &= 337,5/2 \\ &= 168 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan geser **D13-160**

#### b. Balok Penumpu Lift

- Mutu beton (fc') : 40 Mpa
- Mutu baja (fy) : 420 Mpa
- L balok : 285 cm
- b : 30 cm
- h : 40 cm
- Cover : 4 cm

$$\begin{aligned}
- D(22) & : 22 \text{ mm} \\
- A_s(22) & : 380,13 \text{ mm}^2 \\
- d & : h - \text{cover} - 0,5 \cdot D(22) \\
& : 400 - 40 - 0,5 \cdot 22 \\
& : 336 \text{ mm} \\
- D(13) & : 13 \text{ mm} \\
- A_s(13) & : 132,73 \text{ mm}^2 \\
- \beta_1 & : 0,85 - 0,05 \left( \frac{f'c - 28}{7} \right) \\
& : 0,85 - 0,05 \left( \frac{40 - 28}{7} \right) \\
& : 0,764 \\
- \rho_{\min} & : 0,25 \times \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} \\
& : 0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{420} \\
& : 0,00376 \\
- \rho_{\min} & : \frac{1,4}{f_y} \\
& : \frac{1,4}{420} \\
& : 0,00333 \\
- \rho_{\min} & : 0,00376 \\
- \rho_b & : \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
& : \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
& : 0,0364 \\
- \rho_{\max} & : 0,75 \cdot \rho_b \\
& : 0,0273 \\
- \rho_{\max} & : 0,025 \\
- \rho_{\max} & : 0,025 \\
- m & : \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \\
& : \frac{420}{0,85 \times 40} \\
& : 12,353
\end{aligned}$$



## ➤ Tulangan Lentur

## - Tulangan Positif

$$Mu : 18986 \text{ kgm}$$

$$Rn : \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$: \frac{18986 \times 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 336^2}$$

$$: 6,23 \text{ N/mm}^2$$

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

$$: \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 6,23}{420}} \right)$$

$$: 0,0165$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} : 0,0165$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho \cdot b \cdot d$$

$$: 0,0165 \cdot 300 \cdot 336$$

$$: 1664,6 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} : \frac{As_{\text{perlu}}}{As D(22)}$$

$$: \frac{1664,6}{380,13}$$

$$: 4,38 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

## Kontrol jarak tulangan lentur

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$S : \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{senggang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n-1}$$

$$: \frac{300 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 3 \cdot 22}{3-1}$$

$$: 64 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

## Cek tulangan terkendali tarik

$$a : \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$: \frac{1664,6 \times 420}{0,85 \times 40 \times 300}$$

$$: 68,5 \text{ mm}$$

$$c : \frac{a}{\beta_1}$$

$$: \frac{68,5}{0,85}$$

$$\begin{aligned} & : \frac{68,5}{0,764} \\ & : 89,7 \text{ mm} \\ \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ & : \frac{(336-89,7)}{89,7} \times 0,003 \\ & : \mathbf{0,00824} > 0,005 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan lapangan positif **5D22**

- Tulangan Negatif

$$\begin{aligned} \text{As min} & : \frac{1}{2} \text{As perlu} \\ & : \frac{1}{2} \cdot 1664,6 \\ & : 832,32 \text{ mm}^2 \\ \text{n tulangan} & : \frac{\text{As min}}{\text{As } D(22)} \\ & : \frac{832,32}{380,13} \\ & : 2,19 \text{ buah} \approx \mathbf{3} \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S & : \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{senggang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{\frac{n-1}{3-1}} \\ & : \frac{300 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 3 \cdot 22}{3-1} \\ & : \mathbf{64} \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} a & : \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ & : \frac{832,32 \times 420}{0,85 \times 40 \times 300} \\ & : 34,272 \text{ mm} \\ c & : \frac{a}{\beta_1} \\ & : \frac{34,272}{0,764} \\ & : 44,85 \text{ mm} \\ \varepsilon_1 & : \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \end{aligned}$$

$$: \frac{(336-44,85)}{44,85} \times 0,003$$

$$: \mathbf{0,019} > 0,005$$

(Penampang terkendali tarik)

Sehingga digunakan tulangan lapangan negatif **3D22**

➤ Tulangan Geser

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

$$V_u : 17450 \text{ kg}$$

$$V_c : \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$: \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 336$$

$$: 106250 \text{ N}$$

$$: 10625 \text{ kg}$$

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

$$17450 < 0,75 \left( 10625 + \frac{\left( \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 336 \right)}{10} \right)$$

$$17450 < 31876 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

i.  $V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$

(Tidak perlu tulangan geser)

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$17450 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 10625$$

$$17450 \leq 3187,5 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

ii.  $0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c$

(Dipakai tulangan geser minimum)

$$3187,5 \leq 17450 \leq 0,75 \cdot 10625$$

$$3187,5 \leq 17450 \leq 6375,152 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

iii.  $\emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset (V_c + V_s)$

(Perlu tulangan geser)

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 336$$

$$= 212510 \text{ N}$$

$$= 21251 \text{ kg}$$

$$\emptyset.V_c < V_u < \emptyset(V_c + V_s)$$

$$6375,152 < 17450 < 19125,46 \text{ kg} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Jadi diperlukan tulangan geser karena memenuhi kriteria iii.

$$V_s : \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$S : \frac{2.132,73 \cdot 420 \cdot 336}{212510}$$

$$: 176,29 \text{ mm}$$

Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$- d/4 = 337,5/2$$

$$= 168 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan **D13-160**.

## 4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur

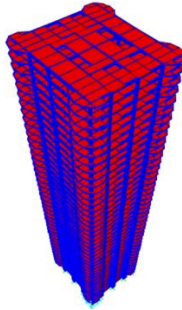
### 4.3.1 Umum

Dalam perencanaan modifikasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon ini perlu dilakukan perencanaan pembebanan yang meliputi beban gravitasi dan beban gempa dinamis. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar struktur gedung mampu memikul beban-beban yang terjadi. Perencanaan pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan dalam SNI 1727:2013, SNI 2847: 2013 dan PPIUG 1983 serta untuk pembebanan gempa dinamis mengacu pada ketentuan SNI 1726:2012.

Permodelan struktur dilakukan dengan 2 tahap, yaitu yang pertama adalah permodelan struktur *fixed base* untuk mendapatkan nilai periode fundamental (T) dan gaya aksial yang diterima oleh kolom paling dasar yang akan digunakan untuk perencanaan *base isolator* serta yang kedua adalah permodelan struktur *base isolation* untuk mendapatkan gaya dalam yang dipikul struktur utama.

### 4.3.2 Permodelan Struktur

Perencanaan gedung 42 lantai dan 1 ruang pemeliharaan dimodelkan menggunakan *software* SAP2000 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.21 dengan menggunakan *base isolation* dan sistem rangka pemikul momen biasa. Permodelan gedung direncanakan berlokasi di daerah Surabaya.



Gambar 4. 21 Tampak 3D Permodelan Struktur pada SAP2000

### 4.3.3 Pembebanan Gravitasi

Pembebanan gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada struktur. Dimana pembebanan mengacu pada SNI 1727: 2013 dan PPIUG 1983. Sebagai berikut adalah beban gravitasi yang bekerja pada gedung :

- Beban Mati (PPIUG 1983)
  - Berat beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
  - Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Adukan finishing : 21 kg/m<sup>2</sup>
  - Dinding setengah bata : 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
  - Penggantung : 7 kg/m<sup>2</sup>
  - Plumbing + ducting : 25 kg/m<sup>2</sup>
  - Aspal : 14 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup (SNI 1727:2013)
  - Lantai atap : 96 kg/m<sup>2</sup>

- Lantai apartemen : 192 kg/m<sup>2</sup>

Dari analisa yang dilakukan, berikut adalah rekapitulasi pembebanan gravitasi ditunjukkan pada Tabel 4.31 :

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi

Rekap Pembebanan			
LANTAI	Beban Mati	Beban Hidup	Total Beban
	kg	kg	kg
ATAP	713.748	70.618	784.366
41-38	3.993.986	564.945	4.558.931
37-33	5.068.562	706.182	5.774.744
32-28	5.167.922	706.182	5.874.104
27-23	5.252.522	706.182	5.958.704
22-18	5.314.322	706.182	6.020.504
17-12	5.390.762	706.182	6.096.944
11-6	6.570.434	706.182	7.276.616
5-R.PEM	6.279.986	706.182	6.986.168
SLOOF	245.376	-	245.376
<b>TOTAL</b>	<b>43.283.872</b>	<b>5.508.217</b>	<b>49.576.455</b>

Dari rekapitulasi pembebanan gravitasi manual diatas didapatkan beban mati sebesar **43.283.872 kg** dan beban hidup sebesar **5.508.217 kg**. Sehingga untuk pembebanan gravitasi dengan kombinasi 1D + 1L adalah sebesar **49.576.455 kg**.

Hasil pembebanan gravitasi manual diatas akan dibandingkan dengan pembebanan gravitasi SAP2000. Pembebanan SAP2000 dikatakan benar apabila memnuhi syarat deviasi nilai dengan pembebanan gravitasi manual sebesar < 5%. Berikut ditunjukkan pada Tabel 4.32 pembebanan gravitasi SAP2000 dengan kombinasi 1D + 1L :

Tabel 4. 32 Pembebanan Gravitasi Hasil SAP2000 Kombinasi 1D + 1L

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1,0D+1,0L	Combination	8,548E-10	3,526E-10	49135368,6

Sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

- $W_{\text{total SAP2000}} = 49.135.368 \text{ kg}$
- $W_{\text{total Manual}} = 49.576.455 \text{ kg}$
- Deviasi = 0,9 %

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi SAP2000 sudah benar.

#### 4.3.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dinamis dilakukan dengan mengacu pada SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.

##### 4.3.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Dimana telah diatur pada SNI 1726:2012 pasal 4.1.2 kategori resiko gedung ditentukan pada tabel 1. Pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan  $I_e$  yang ditentukan pada tabel 2. Sehingga gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan fungsi bangunan sebagai apartemen memiliki kategori resiko II dan nilai  $I_e$  sebesar 1,0.

Tabel 4. 33 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2013 pasal 4.1.2)

Kategori Resiko	Deskripsi	Faktor Keutamaan ( $I_e$ )
IV	Fasilitas Penting (Rumah sakit, kantor polisi dan pemadam kebakaran, emergency shelters dll). Bangunan yang mengandung bahan yang sangat beracun	1,5
III	Bangunan yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (Gedung layan dengan > 300 orang, fasilitas day care dengan kapasitas > 120)	1,25
II	Bangunan lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang sementara)	1,0
I	Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang sementara)	1,0

#### 4.3.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Berikut adalah perhitungan jenis tanah lokasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon :

$$\tilde{N} = \frac{59,25}{1,98} = \mathbf{29,92}$$

Berdasarkan tabel 3 SNI 1726:2012 diklasifikasikan kelas situs adalah sebagai berikut :

- $\tilde{N} \geq 50$  = tanah keras (SC)
- $15 < \tilde{N} < 50$  = tanah sedang (SD)
- $\tilde{N} < 15$  = tanah lunak (SE)

Tabel 4. 34 Perhitungan Penentuan Kelas Situs Tanah

Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/N
0	-	0	-
1,25	1,25	0	-
3,25	2	0	-
5,25	2	0	-
7,25	2	0	-
9,25	2	0	-
11,25	2	0	-
13,25	2	0	-
15,25	2	10	0,20
17,25	2	19	0,11
19,25	2	14	0,14
21,25	2	13	0,15
23,25	2	23	0,09
25,25	2	30	0,07
27,25	2	28	0,07
29,25	2	32	0,06

Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/N
31,25	2	26	0,08
33,25	2	24	0,08
35,25	2	24	0,08
37,25	2	23	0,09
39,25	2	27	0,07
41,25	2	33	0,06
43,25	2	28	0,07
45,25	2	48	0,04
47,25	2	43	0,05
49,25	2	25	0,08
51,25	2	28	0,07
53,25	2	50	0,04
55,25	2	24	0,08
57,25	2	25	0,08
59,25	2	18	0,11
TOTAL	59,25		1,98



Tabel 4. 35 Klasifikasi Kelas Situs Tanah (SNI 1726:2013 tabel 3)

Kelas situs	$\bar{V}_z$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{60}$	$\bar{f}_s$ (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)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristk sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralir $f_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

Sehingga didapatkan kelas situs gedung Grand Dharmahusada Lagoon adalah Tanah Sedang (SD).

#### 4.3.4.3 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain

Data parameter respon spektrum didapatkan dari web puskim.pu.go.id. Data parameter tersebut akan diinput kedalam SAP2000 sebagai beban gempa dinamis.

Berikut ditunjukkan pada Tabel 4.36 data parameter respon spectrum yang berlokasi di gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan kelas situs tanah sedang (SD).

Tabel 4. 36 Parameter Respon Gempa Gedung GDL

<b>PGA (g)</b>	0,328	<b>PSA (g)</b>	0,384
<b>S<sub>S</sub> (g)</b>	0,667	<b>S<sub>MS</sub> (g)</b>	0,845
<b>S<sub>I</sub> (g)</b>	0,248	<b>S<sub>MI</sub> (g)</b>	0,473
<b>C<sub>RS</sub></b>	0,990	<b>S<sub>DS</sub> (g)</b>	0,563
<b>C<sub>RI</sub></b>	0,927	<b>S<sub>DI</sub> (g)</b>	0,315
<b>F<sub>PGA</sub></b>	1,172	<b>T<sub>0</sub> (detik)</b>	0,112
<b>F<sub>A</sub></b>	1,266	<b>T<sub>S</sub> (detik)</b>	0,560
<b>F<sub>V</sub></b>	1,903		

Dengan menggunakan data  $S_s$  sebesar **0,667** dan  $S_1$  sebesar **0,248** dihitung secara manual sehingga didapatkan nilai  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $S_{ms}$ ,  $S_{m1}$ ,  $S_{ds}$  dan  $S_{d1}$  sebagai berikut:

Tabel 4. 37 Nilai  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $S_{ms}$ ,  $S_{m1}$ ,  $S_{ds}$ , dan  $S_{d1}$

<b>F<sub>a</sub></b>	1,266
<b>F<sub>v</sub></b>	1,904
<b>S<sub>ms</sub></b>	0,845
<b>S<sub>m1</sub></b>	0,472
<b>S<sub>ds</sub></b>	0,563
<b>S<sub>d1</sub></b>	0,315

Sehingga parameter respon spektrum diatas dapat dijadikan input ke SAP2000

#### 4.3.4.4 Kategori Desain Seismik

Struktur gedung Grand Dharmahusada Lagoon memiliki kategori desain seismik yang mengikuti SNI 1726:2012 pasal 6.5 pada tabel 6 untuk berdasarkan  $S_{DS}$  dan tabel 7 untuk berdasarkan  $S_{D1}$ . Dengan nilai  $S_{DS}$  sebesar 0,563 maka struktur memiliki kategori desain seismik IID dan berdasarkan nilai  $S_{D1}$  sebesar 0,315 maka struktur memiliki kategori desain seismik IID.

Tabel 4. 38 Kategori Desai Seismik berdasarkan Nilai  $S_{ds}$

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

Tabel 4. 39 Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai  $S_{D1}$ 

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

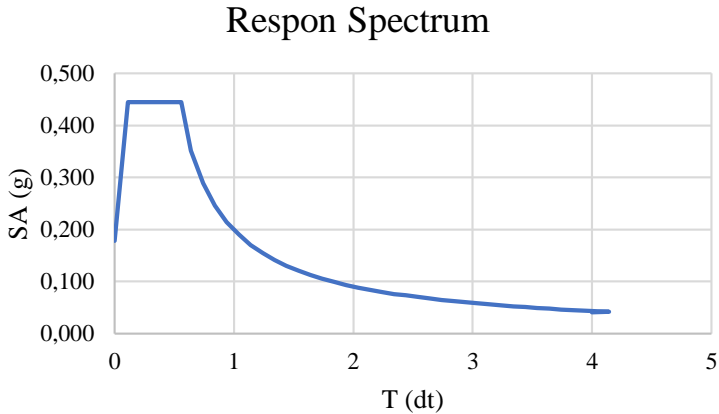
#### 4.3.4.5 Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Periode fundamental dan respon spektrum didapatkan dari web puskim.go.id seperti pada Tabel 4.40 berikut:

Tabel 4. 40 Perhitungan Respon Spektrum Desain

T	SA		
0	0,178	2,340	0,076
0,112	0,445	2,440	0,073
0,560	0,445	2,540	0,070
0,640	0,351	2,640	0,067
0,740	0,289	2,740	0,064
0,840	0,246	2,840	0,062
0,940	0,214	2,940	0,060
1,040	0,190	3,040	0,058
1,140	0,170	3,140	0,056
1,240	0,154	3,240	0,054
1,340	0,141	3,340	0,052
1,440	0,130	3,440	0,051
1,540	0,121	3,540	0,049
1,640	0,112	3,640	0,048
1,740	0,105	3,740	0,046
1,840	0,099	3,840	0,045
1,940	0,093	3,940	0,044
2,040	0,088	4,040	0,043
2,140	0,084	4,140	0,042
2,240	0,080	4,240	0,041

Berikut pada Gambar 4.22 adalah respon spektrum desain berdasarkan nilai periode dan percepatan respon spektral struktur *fixed base* :



Gambar 4. 22 Grafik Respon Spektrum Desain

#### 4.3.4.6 Faktor Reduksi Gempa (R)

Direncanakan struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SPRMB). Dipilihnya SPRMB dikarenakan penggunaan isolasi dasar sehingga terdapat reduksi gaya gempa yang terjadi pada struktur.

Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 didapatkan nilai R, Cd dan  $\Omega_o$ :

- R : 3
- Cd : 2,5
- $\Omega_o$  : 3

#### 4.3.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada permodelan SAP200 mengacu pada SNI 1726:2012 pada pasal 4.2.2 sebagai berikut :

- 1,4 D

- $1,2 D + 1,6 L$
- $1,2 D + 0,5 L \pm E$
- $0,9 D \pm E$

Dimana :

D = beban mati  
 L = beban hidup  
 E = beban gempa

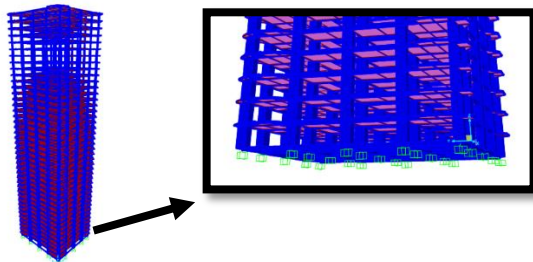
#### 4.3.6 Analisa Struktur *Fixed Base*

Hasil analisa struktur *fixed base* yang telah dilakukan dengan SAP2000 harus dikontrol dengan batasan sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar fundamental struktur
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan antar lantai (*drift*)

Pada perhitungan pembebanan gravitasi sebelumnya telah dibuktikan bahwa permodelan struktur pada SAP2000 telah dikatan benar dengan nilai selisih nilai pembebanan gravitasi manual dan pembebanan gravitasi SAP2000 dengan kombinasi  $1D + 1L$  adalah kurang dari 5%.

Sebagai berikut ditunjukkan pada Gambar 4.23 permodelan struktur *fixed base* pada SAP2000 dengan menggunakan jenis perletakan jepit. Perletakan jepit ini mempunyai sifat mampu menahan momen, gaya horizontal dan gaya vertikal sehingga tidak dapat bergerak ke arah horizontal, vertikal dan berputar.



Gambar 4. 23 Permodelan Struktur Fixed Base pada SAP2000

#### 4.3.6.1 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, perhitungan respons dinamis struktur harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa sebesar paling sedikit 90%.

Berikut adalah ditunjukkan pada Tabel 4.41 partisipasi massa struktur gedung pada Tugas Akhir ini:

Tabel 4. 41 Kontrol Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,721	9,879E-13
MODAL	Mode	2	0,721	0,731
MODAL	Mode	3	0,721	0,731
MODAL	Mode	4	0,837	0,731
MODAL	Mode	5	0,837	0,845
MODAL	Mode	6	0,837	0,845
MODAL	Mode	7	0,837	0,886
MODAL	Mode	8	0,878	0,886
MODAL	Mode	9	0,878	0,886
MODAL	Mode	10	0,878	0,908
MODAL	Mode	11	0,902	0,908
MODAL	Mode	12	0,902	0,908
MODAL	Mode	13	0,902	0,922
MODAL	Mode	14	0,918	0,922
MODAL	Mode	15	0,918	0,922
MODAL	Mode	16	0,918	0,933
MODAL	Mode	17	0,929	0,933

Dari tabel diatas didapatkan nilai partisipasi massa **arah X** sebesar **90,2%** dan partisipasi massa **arah Y** sebesar **90,8%** pada mode ke 11. Sehingga telah memenuhi syarat partisipasi massa lebih dari 90%.

#### 4.3.6.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Periode fundamental struktur (T) yang didapatkan dari analisa SAP2000 harus memenuhi syarat persamaan berikut ini:

$$Ta \leq T \leq Cu.Ta$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1 nilai periode fundamental pendekatan (Ta) harus ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$Ta = Ct.hn^x$$

Dimana :

Ta = periode fundamental pendekatan

Ct = koefisien pendekatan ditentukan oleh tabel 15 SNI 1726:2012

hn = ketinggian struktur (m)

Tabel 4. 42 Nilai Parameter Pendekatan Ct dan x (SNI 1726:2012)

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

Untuk struktur rangka beton pemikul momen didapatkan nilai Ct sebesar 0,0466 dan nilai x sebesar 0,9, sehingga nilai Ta sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ta &= 0,0466.137,4^{0,9} \\ &= \mathbf{3,91 s} \end{aligned}$$

Nilai koefisien batas atas periode ( $C_u$ ) didapatkan tabel 14 SNI 1726:2012. Dengan nilai  $SD_1$  sebesar 0,315 maka didapatkan nilai  $C_u$  sebesar 1,4. Sehingga didapatkan nilai batas atas periode seperti berikut :

Tabel 4. 43 Koefisien untuk Batas Atas Periode (SNI 1726:2012)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0.4$	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
$\leq 0.1$	1.7

$$C_u.Ta = 1,4.3,91$$

$$= 5,479 \text{ s}$$

Berikut ini pada Tabel 4.44 adalah nilai T dari permodelan SAP2000 :

Tabel 4. 44 Hasil Analisa Periode Struktur

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	3,775774	0,26485	1,6641	2,7692
MODAL	Mode	2	3,664547	0,27289	1,7146	2,9398
MODAL	Mode	3	3,138874	0,31859	2,0017	4,0069
MODAL	Mode	4	1,307284	0,76494	4,8063	23,1
MODAL	Mode	5	1,295541	0,77188	4,8499	23,521
MODAL	Mode	6	1,121716	0,89149	5,6014	31,376
MODAL	Mode	7	0,756926	1,3211	8,3009	68,905
MODAL	Mode	8	0,748414	1,3362	8,3953	70,482
MODAL	Mode	9	0,670293	1,4919	9,3738	87,868
MODAL	Mode	10	0,528855	1,8909	11,881	141,15
MODAL	Mode	11	0,515475	1,94	12,189	148,57
MODAL	Mode	12	0,467821	2,1376	13,431	180,39
MODAL	Mode	13	0,400965	2,494	15,67	245,55
MODAL	Mode	14	0,385399	2,5947	16,303	265,79
MODAL	Mode	15	0,353391	2,8297	17,78	316,12
MODAL	Mode	16	0,318773	3,137	19,711	388,51
MODAL	Mode	17	0,302301	3,308	20,785	432



Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai T terbesar yaitu pada mode 1 sebesar 3,77 s. Maka didapatkan syarat sebagai berikut :

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

$$3,91 \text{ s} \leq 3,77 \text{ s} \leq 5,479 \text{ s}$$

Karena periode pada SAP2000 lebih kecil dari  $T_a$ , maka menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 diijinkan nilai  $T = 3,91 \text{ s}$  untuk periode fundamental struktur *fixed base* pada arah tersebut.

#### 4.3.6.3 Kontrol Nilai Akhir Respon

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) harus lebih besar dari 85% dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ). Namun apabila tidak memenuhi persyaratan tersebut, maka dilakukakn penskalaan dengan mengkalikan gaya dengan  $0,85 \cdot V/V_t$ .

Perhitungan gaya geser dasar seismik diatur pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.1. Berikut adalah perhitungan geser dasar seismik :

$$V = C_s \times W$$

Dimana :

$V$  = geser desain dasar struktur

$C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = berat seismik efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,563}{\left(\frac{3}{1}\right)} = 0,1877$$

Nilai  $C_s$  diatas tidak perlu melebihi berikut :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,314}{3,91 \left(\frac{3}{1}\right)} = 0,0268$$

Nilai  $C_s$  tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,563 \cdot 1 \\ &= 0,02477 > 0,01 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai  $C_s$  sebesar **0,0268**

Tabel 4. 45 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi

<b>Rekap Pembebanan</b>			
<b>LANTAI</b>	<b>Beban Mati</b>	<b>Beban Hidup</b>	<b>Total Beban</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>kg</b>
ATAP	713.748	70.618	784.366
41-38	3.993.986	564.945	4.558.931
37-33	5.068.562	706.182	5.774.744
32-28	5.167.922	706.182	5.874.104
27-23	5.252.522	706.182	5.958.704
22-18	5.314.322	706.182	6.020.504
17-12	5.390.762	706.182	6.096.944
11-6	6.570.434	706.182	7.276.616
5-R.PEM	6.279.986	706.182	6.986.168
SLOOF	245.376	-	245.376
<b>TOTAL</b>	<b>43.283.872</b>	<b>5.508.217</b>	<b>49.576.455</b>

Dari nilai berat struktur perhitungan manual diatas yaitu sebesar 49.576.455 kg maka dapat dicari nilai V sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= Cs \cdot W \\
 &= 0,0268 \cdot 49576455 \\
 &= \mathbf{1329253 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 didapatkan gaya geser dasar ragam (Vt) sebagai berikut:

Tabel 4. 46 Hasil Analisa Gaya Geser Dasar Struktur Fixed Base

<b>OutputCase</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>
<b>Text</b>	<b>Kgf</b>	<b>Kgf</b>
EQx	548600,05	166241,32
EQy	164580,02	554137,75

$$V_{tx} = \mathbf{548600 \text{ kg}}$$

$$V_{ty} = \mathbf{554138 \text{ kg}}$$

Maka untuk arah X :

$$V_{tx} > 0,85V$$

$$548600 > 0,85 \cdot 1329253$$

548600 > 1129865 kg → **NOT OK**

Maka untuk arah Y :

$V_{ty} > 0,85V$

554138 > 0,85.1329253

554138 > 1129865 kg → **NOT OK**

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala berikut:

Arah x :

$$\frac{0,85.V}{V_{xt}} = \frac{1129865}{548600} = \mathbf{2,059}$$

Arah y :

$$\frac{0,85.V}{V_{yt}} = \frac{1129865}{554138} = \mathbf{2,039}$$

Setelah dilakukan penskalaan, didapatkan gaya gempa dinamis baru sebagai berikut :

Tabel 4. 47 Hasil Analisa Gaya Geser Struktur Fixed Base  
Setelah Pembesaran

<b>OutputCase</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>
<b>Text</b>	<b>Kgf</b>	<b>Kgf</b>
EQx	1129864,93	338959,48
EQy	338959,48	1129864,93

$V_{tx} = \mathbf{1129865}$  kg

$V_{ty} = \mathbf{1129865}$  kg

Maka untuk arah X :

$V_{tx} > 0,85V$

1129865 > 0,85.1329253

1129865 > 1129865 kg → **OK**

Maka untuk arah Y :

$$V_{ty} > 0,85V$$

$$1129865 > 0,85.1329253$$

$$1129865 > 1129865 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai geser dasar dinamis lebih besar dari 0,85 gaya geser dasar statik, sehingga memenuhi syarat.

#### 4.3.6.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Kontrol simpangan antar lantai struktur dilakukan untuk mengetahui batas layan struktur akibat beban gempa yang terjadi. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kenyamanan penggunaan bangunan, mencegah kerusakan non struktural dan membatasi retak beton yang berlebihan.

Simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) adalah perbedaan perpindahan elastis lantai yang ditinjau dengan perpindahan elastis lantai yang berada tepat dibawahnya. Perhitungan simpangan antar lantai diatur pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, dengan perumusan perpindahan lantai sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{XE}}{I}$$

Dimana:

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$I$  = faktor keutamaan gedung

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen biasa, simpangan antar lantai dibatasi sebesar :

Tabel 4. 48 Batas Simpangan Antar Lantai

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$ <sup>c</sup>	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

$$\begin{aligned}\Delta &= 0.020.hsx \\ &= 0.020 \times 3200 = \mathbf{64} \text{ mm}\end{aligned}$$

Berikut pada Tabel 4.49, Tabel 4.50, Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 adalah perhitungan kontrol simpangan antar lantai yang terjadi dan batas simpangan antar lantai untuk arah X dan arah Y.

Dari perhitungan pada tabel dibawah dapat disimpulkan bahwa permodelan struktur *fixed base* memenuhi persyaratan simpangan antar lantai.

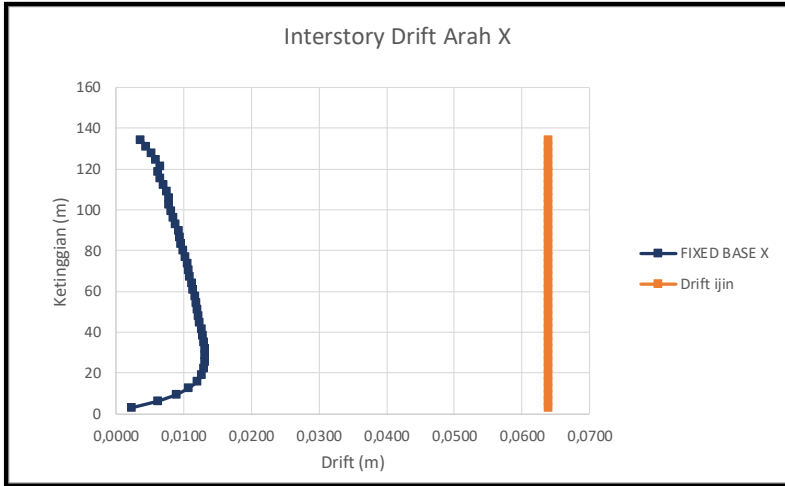
Sehingga didapatkan nilai periode fundamental yang memenuhi dan gaya aksial kolom paling bawah yang akan digunakan sebagai parameter perencanaan dimensi base isolator pada struktur isolasi.

Tabel 4. 49 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

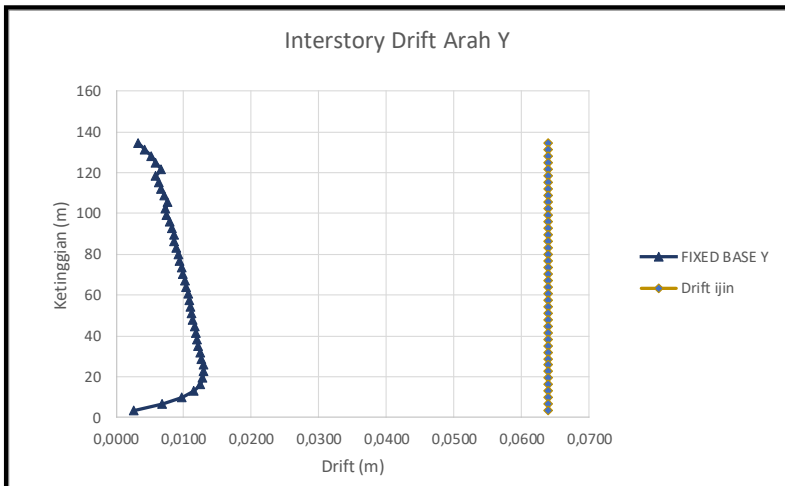
Tingkat	Arah X					Ket
	hi	$\delta x_e$	$\delta x$	Drift (Anx)	Syarat Aa	
	m	m	m	m	m	
42	3,2	0,161517	0,4038	0,0036	0,0640	OK
41	3,2	0,160058	0,4001	0,0045	0,0640	OK
40	3,2	0,158272	0,3957	0,0053	0,0640	OK
39	3,2	0,156159	0,3904	0,0060	0,0640	OK
38	3,2	0,153758	0,3844	0,0067	0,0640	OK
37	3,2	0,151098	0,3777	0,0063	0,0640	OK
36	3,2	0,148587	0,3715	0,0066	0,0640	OK
35	3,2	0,145927	0,3648	0,0071	0,0640	OK
34	3,2	0,143097	0,3577	0,0075	0,0640	OK
33	3,2	0,140097	0,3502	0,0079	0,0640	OK
32	3,2	0,136919	0,3423	0,0079	0,0640	OK
31	3,2	0,133761	0,3344	0,0082	0,0640	OK
30	3,2	0,130486	0,3262	0,0085	0,0640	OK
29	3,2	0,127071	0,3177	0,0089	0,0640	OK
28	3,2	0,123506	0,3088	0,0093	0,0640	OK
27	3,2	0,119789	0,2995	0,0094	0,0640	OK
26	3,2	0,116017	0,2900	0,0097	0,0640	OK
25	3,2	0,112142	0,2804	0,0100	0,0640	OK
24	3,2	0,108147	0,2704	0,0103	0,0640	OK
23	3,2	0,104026	0,2601	0,0106	0,0640	OK
22	3,2	0,099777	0,2494	0,0108	0,0640	OK
21	3,2	0,09546	0,2387	0,0110	0,0640	OK
20	3,2	0,091056	0,2276	0,0112	0,0640	OK
19	3,2	0,086557	0,2164	0,0115	0,0640	OK
18	3,2	0,081962	0,2049	0,0117	0,0640	OK
17	3,2	0,077267	0,1932	0,0119	0,0640	OK
16	3,2	0,072516	0,1813	0,0121	0,0640	OK
15	3,2	0,067693	0,1692	0,0123	0,0640	OK
14	3,2	0,062788	0,1570	0,0125	0,0640	OK
13	3,2	0,057796	0,1445	0,0127	0,0640	OK
12	3,2	0,052709	0,1318	0,0128	0,0640	OK
11	3,2	0,04757	0,1189	0,0130	0,0640	OK
10	3,2	0,042369	0,1059	0,0132	0,0640	OK
9	3,2	0,037109	0,0928	0,0133	0,0640	OK
8	3,2	0,031805	0,0795	0,0133	0,0640	OK
7	3,2	0,026494	0,0662	0,0131	0,0640	OK
6	3,2	0,021244	0,0531	0,0127	0,0640	OK
5	3,2	0,016164	0,0404	0,0120	0,0640	OK
4	3,2	0,011357	0,0284	0,0108	0,0640	OK
3	3,2	0,007018	0,0175	0,0090	0,0640	OK
2	3,2	0,003426	0,0086	0,0062	0,0640	OK
1	3,2	0,00095	0,0024	0,0024	0,0640	OK

Tabel 4. 50 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Tingkat	Arah Y					Ket
	hi m	$\delta x_e$ m	$\delta x$ m	Drift (Anx) m	Syarat $\Delta a$ m	
42	3,2	0,154269	0,3857	0,0033	0,0640	OK
41	3,2	0,152954	0,3824	0,0043	0,0640	OK
40	3,2	0,151253	0,3781	0,0052	0,0640	OK
39	3,2	0,149187	0,3730	0,0060	0,0640	OK
38	3,2	0,146802	0,3670	0,0067	0,0640	OK
37	3,2	0,144138	0,3603	0,0059	0,0640	OK
36	3,2	0,141784	0,3545	0,0063	0,0640	OK
35	3,2	0,139258	0,3481	0,0068	0,0640	OK
34	3,2	0,136555	0,3414	0,0072	0,0640	OK
33	3,2	0,133678	0,3342	0,0076	0,0640	OK
32	3,2	0,13063	0,3266	0,0073	0,0640	OK
31	3,2	0,127723	0,3193	0,0076	0,0640	OK
30	3,2	0,124695	0,3117	0,0079	0,0640	OK
29	3,2	0,12153	0,3038	0,0083	0,0640	OK
28	3,2	0,118224	0,2956	0,0086	0,0640	OK
27	3,2	0,114777	0,2869	0,0086	0,0640	OK
26	3,2	0,111317	0,2783	0,0089	0,0640	OK
25	3,2	0,107754	0,2694	0,0092	0,0640	OK
24	3,2	0,104075	0,2602	0,0095	0,0640	OK
23	3,2	0,100277	0,2507	0,0098	0,0640	OK
22	3,2	0,096353	0,2409	0,0099	0,0640	OK
21	3,2	0,092377	0,2309	0,0102	0,0640	OK
20	3,2	0,088302	0,2208	0,0104	0,0640	OK
19	3,2	0,084129	0,2103	0,0107	0,0640	OK
18	3,2	0,079859	0,1996	0,0109	0,0640	OK
17	3,2	0,075487	0,1887	0,0110	0,0640	OK
16	3,2	0,071087	0,1777	0,0112	0,0640	OK
15	3,2	0,066611	0,1665	0,0114	0,0640	OK
14	3,2	0,062053	0,1551	0,0116	0,0640	OK
13	3,2	0,057404	0,1435	0,0119	0,0640	OK
12	3,2	0,052653	0,1316	0,0120	0,0640	OK
11	3,2	0,04785	0,1196	0,0122	0,0640	OK
10	3,2	0,042959	0,1074	0,0125	0,0640	OK
9	3,2	0,03797	0,0949	0,0127	0,0640	OK
8	3,2	0,03288	0,0822	0,0129	0,0640	OK
7	3,2	0,027705	0,0693	0,0131	0,0640	OK
6	3,2	0,022484	0,0562	0,0129	0,0640	OK
5	3,2	0,017336	0,0433	0,0125	0,0640	OK
4	3,2	0,012346	0,0309	0,0116	0,0640	OK
3	3,2	0,007726	0,0193	0,0098	0,0640	OK
2	3,2	0,003812	0,0095	0,0069	0,0640	OK
1	3,2	0,001068	0,0027	0,0027	0,0640	OK



Gambar 4. 24 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X Stuktur Fixed Base



Gambar 4. 25 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y Stuktur Fixed Base



#### 4.3.6.5 Kontrol Pengaruh P-Δ

Berdasarkan SNI 1726:2013 pasal 7.8.7, pengaruh P-Δ didasarkan pada nilai koefisien stabilitas ( $\Theta$ ). Apabila didapatkan nilai  $\Theta < 1$ , maka pengaruh P-Δ tidak disyaratkan untuk diperhitungkan. Dimana nilai  $\Theta$  dapat diperoleh dari persamaan berikut ini :

$$\theta = \frac{P_x \cdot \Delta \cdot I_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot C_d}$$

Dimana :

- $P_x$  = beban desain vertikal total pada dan diatas tingkat x (kN)  
 $\Delta$  = simpangan antarlantai tingkat desain (mm)  
 $I_e$  = faktor keutamaan gempa  
 $V_x$  = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)  
 $H_{sx}$  = tinggi tingkat x (mm)  
 $C_d$  = faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas ( $\Theta$ ) diatas harus tidak melebihi  $\Theta_{max}$  yang ditentukan oleh persamaan berikut ini :

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta \cdot C_d} \leq 0,25$$

Dimana :

- $\beta$  = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara x dan x-1 (rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0)

Sehingga didapatkan nilai  $\Theta_{max}$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \theta_{max} &= \frac{0,5}{1,2,5} \leq 0,25 \\ &= 0,2 \leq 0,25 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan pengaruh P- $\Delta$  pada masing-masing arah baik arah x maupun arah y :

Tabel 4. 51 Hasil Perhitungan Pengaruh P- $\Delta$  Arah X

Lantai	Arah X				$\Theta$	$\Theta_{max}$	KET
	Px kN	$\Delta$ mm	Vx kN	hsx mm			
42	6.409	3,65	11.298,65	3200	0,00026	0,2	OK
41	46.175	4,47	21.028,99	3200	0,00123	0,2	OK
40	85.940	5,28	26.678,31	3200	0,00213	0,2	OK
39	125.706	6,00	32.327,64	3200	0,00292	0,2	OK
38	165.471	6,65	37.976,96	3200	0,00362	0,2	OK
37	216.047	6,28	44.302,28	3200	0,00383	0,2	OK
36	266.622	6,65	49.951,61	3200	0,00444	0,2	OK
35	317.198	7,08	55.600,93	3200	0,00505	0,2	OK
34	367.774	7,50	61.250,25	3200	0,00563	0,2	OK
33	418.349	7,94	66.899,58	3200	0,00621	0,2	OK
32	469.918	7,90	72.603,86	3200	0,00639	0,2	OK
31	521.488	8,19	78.253,18	3200	0,00682	0,2	OK
30	573.057	8,54	83.902,51	3200	0,00729	0,2	OK
29	624.626	8,91	89.551,83	3200	0,00777	0,2	OK
28	676.195	9,29	95.201,16	3200	0,00825	0,2	OK
27	728.610	9,43	100.896,44	3200	0,00851	0,2	OK
26	781.026	9,69	106.545,77	3200	0,00888	0,2	OK
25	833.441	9,99	112.195,09	3200	0,00927	0,2	OK
24	885.856	10,30	117.844,42	3200	0,00968	0,2	OK
23	938.271	10,62	123.493,74	3200	0,01009	0,2	OK
22	991.045	10,79	129.162,34	3200	0,01035	0,2	OK
21	1.043.819	11,01	134.811,66	3200	0,01066	0,2	OK
20	1.096.593	11,25	140.460,98	3200	0,01098	0,2	OK
19	1.149.367	11,49	146.110,31	3200	0,01130	0,2	OK
18	1.202.141	11,74	151.759,63	3200	0,01162	0,2	OK
17	1.255.939	11,88	157.463,22	3200	0,01184	0,2	OK
16	1.309.737	12,06	163.112,54	3200	0,01210	0,2	OK
15	1.363.534	12,26	168.761,87	3200	0,01238	0,2	OK
14	1.417.332	12,48	174.411,19	3200	0,01268	0,2	OK
13	1.471.129	12,72	180.060,52	3200	0,01299	0,2	OK
12	1.535.289	12,85	186.206,13	3200	0,01324	0,2	OK
11	1.599.449	13,00	191.855,45	3200	0,01355	0,2	OK
10	1.663.609	13,15	197.504,77	3200	0,01385	0,2	OK
9	1.727.769	13,26	203.154,10	3200	0,01410	0,2	OK
8	1.791.929	13,28	208.803,42	3200	0,01424	0,2	OK
7	1.856.089	13,13	214.452,75	3200	0,01420	0,2	OK
6	1.921.319	12,70	220.148,79	3200	0,01385	0,2	OK
5	1.986.549	12,02	225.798,11	3200	0,01322	0,2	OK
4	2.051.779	10,85	231.447,44	3200	0,01202	0,2	OK
3	2.117.009	8,98	237.096,76	3200	0,01002	0,2	OK
2	2.182.239	6,19	242.746,09	3200	0,00696	0,2	OK
1	2.247.469	2,38	248.395,41	3200	0,00269	0,2	OK

Tabel 4. 52 Hasil Perhitungan Pengaruh P- $\Delta$  Arah Y

Lantai	Arah Y				$\Theta$	$\Theta_{max}$	KET
	Px kN	$\Delta$ mm	Vx kN	hsx mm			
42	6.409	3,2875	11298,6493	3200	0,000233109	0,2	OK
41	46.175	4,2525	21028,98685	3200	0,001167187	0,2	OK
40	85.940	5,1650	26678,3115	3200	0,002079784	0,2	OK
39	125.706	5,9625	32327,63615	3200	0,002898139	0,2	OK
38	165.471	6,6600	37976,9608	3200	0,003627323	0,2	OK
37	216.047	5,8850	44302,28058	3200	0,003587385	0,2	OK
36	266.622	6,3150	49951,60523	3200	0,004213378	0,2	OK
35	317.198	6,7575	55600,92988	3200	0,004818861	0,2	OK
34	367.774	7,1925	61250,25453	3200	0,005398368	0,2	OK
33	418.349	7,6200	66899,57918	3200	0,005956354	0,2	OK
32	469.918	7,2675	72603,85687	3200	0,005879735	0,2	OK
31	521.488	7,5700	78253,18152	3200	0,006305911	0,2	OK
30	573.057	7,9125	83902,50617	3200	0,006755328	0,2	OK
29	624.626	8,2650	89551,83082	3200	0,00720607	0,2	OK
28	676.195	8,6175	95201,15547	3200	0,007651052	0,2	OK
27	728.610	8,6500	100896,4421	3200	0,007808105	0,2	OK
26	781.026	8,9075	106545,7667	3200	0,008161969	0,2	OK
25	833.441	9,1975	112195,0914	3200	0,00854045	0,2	OK
24	885.856	9,4950	117844,416	3200	0,008921937	0,2	OK
23	938.271	9,8100	123493,7407	3200	0,009316708	0,2	OK
22	991.045	9,9400	129162,3352	3200	0,009533536	0,2	OK
21	1.043.819	10,1875	134811,6598	3200	0,009859968	0,2	OK
20	1.096.593	10,4325	140460,9845	3200	0,01018095	0,2	OK
19	1.149.367	10,6750	146110,3091	3200	0,010496775	0,2	OK
18	1.202.141	10,9300	151759,6338	3200	0,010822546	0,2	OK
17	1.255.939	11,0000	157463,2191	3200	0,010967107	0,2	OK
16	1.309.737	11,1900	163112,5437	3200	0,011231472	0,2	OK
15	1.363.534	11,3950	168761,8684	3200	0,011508429	0,2	OK
14	1.417.332	11,6225	174411,193	3200	0,011806108	0,2	OK
13	1.471.129	11,8775	180060,5177	3200	0,012130185	0,2	OK
12	1.535.289	12,0075	186206,1252	3200	0,01237539	0,2	OK
11	1.599.449	12,2275	191855,4499	3200	0,012742189	0,2	OK
10	1.663.609	12,4725	197504,7745	3200	0,013132193	0,2	OK
9	1.727.769	12,7250	203154,0992	3200	0,013527824	0,2	OK
8	1.791.929	12,9375	208803,4238	3200	0,013878535	0,2	OK
7	1.856.089	13,0525	214452,7485	3200	0,014121179	0,2	OK
6	1.921.319	12,8700	220148,7872	3200	0,01404015	0,2	OK
5	1.986.549	12,4750	225798,1118	3200	0,013719224	0,2	OK
4	2.051.779	11,5500	231447,4365	3200	0,012798827	0,2	OK
3	2.117.009	9,7850	237096,7611	3200	0,010921138	0,2	OK
2	2.182.239	6,8600	242746,0858	3200	0,007708753	0,2	OK
1	2.247.469	2,6700	248395,4104	3200	0,003019752	0,2	OK

Berdasarkan hasil pada tabel diatas sehingga pengaruh P- $\Delta$  dapat diabaikan.

### 4.3.7 Sistem Struktur Isolasi Dasar

Struktur dengan isolasi seismik harus dirancang dan dibangun dengan persyaratan-persyaratan dan ketentuan pada SNI 1726:2012 pasal 12.

#### 4.3.7.1 Persyaratan Perencanaan Umum

Berikut adalah persyaratan perencanaan struktur dengan isolasi seismik berdasarkan SNI 1726:2012 :

1. Faktor Keutamaan Gempa (Pasal 12.2.1)

Struktur di atas sistem isolasi harus dirancang dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) sebesar 1,0 tanpa membedakan kategori risiko yang diterapkan berdasarkan pada tabel 2 SNI 1726:2012.

2. Gaya Pemulih Lateral (Pasal 12.2.4.4)

Sistem isolasi harus dikonfigurasi untuk menghasilkan suatu gaya pemulih lateral sedemikian sehingga gaya lateral pada saat perpindahan rencana total adalah sekurang-kurangnya 0,025W lebih besar dari gaya lateral yang terjadi pada 50 persen dari perpindahan rencana total.

3. Stabilitas Beban Vertikal (Pasal 12.2.4.6)

Setiap elemen sistem isolasi harus direncanakan agar stabil akibat beban vertikal rencana yang mengalami suatu perpindahan horizontal sama dengan perpindahan maksimum total.

Sebelumnya telah dilakukan analisa struktur *fixed base* dan memenuhi persyaratan periode fundamental, simpangan antar lantai, partisipasi massa, nilai respon spektrum dan pengaruh  $P-\Delta$ . Sehingga stabilitas beban vertikal telah terpenuhi.

4. Pemeriksaan dan Penggantian (Pasal 12.2.4.8)

Struktur dengan isolasi dasar harus menyediakan jalan akses/jalur untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen-komponen sistem isolasi dasar. Dimana pada

perencanaan kali ini telah disediakan ruang pemeliharaan pada dasar gedung dengan ketinggian 3,2 m.

5. Pemisahan Bangunan (Pasal 12.2.5.2)

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.

6. Pemilihan Prosedur Analisis Struktur (Pasal 12.4)

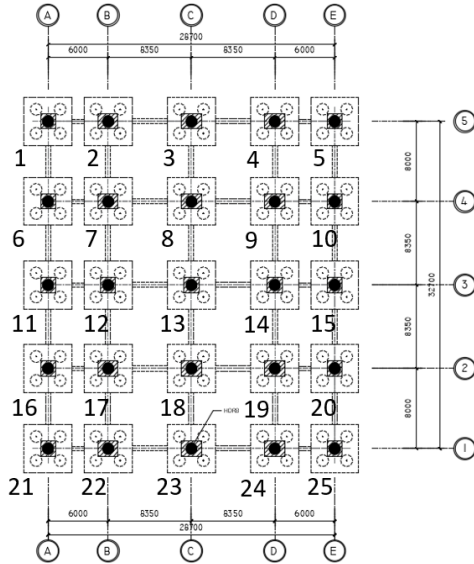
Prosedur gaya lateral ekuivalen boleh digunakan untuk perencanaan struktur isolasi dasar dengan ketentuan-ketentuan berikut ini :

- Struktur terletak di situs dengan  $S_1 \leq 0,6g$ .
- Struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD.
- Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum ( $T_M$ ) kurang atau sama dengan 3 detik
- Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan rencana ( $T_D$ ) lebih besar dari 3 kali periode elastik struktur terjepit dari struktur di atas sistem isolasi

Berdasarkan perhitungan analisa struktur *fixed base* sebelumnya didapatkan nilai periode struktur terjepit sebesar 5,48 detik. Sehingga didapatkan nilai  $T_D$  adalah  $3 \times 5,48 = 16,437$  detik. Nilai  $T_D$  tersebut digunakan untuk perencanaan dimensi *base isolator* HDRB.

#### 4.3.7.2 Perhitungan Dimensi *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)

Gaya rekasi yang terjadi pada kolom dasar didapatkan dari analisa struktur *fixed base* pada SAP2000. Gaya tersebut digunakan untuk merencanakan dimensi HDRB pada kolom interior dan eksterior seperti yang ditunjukkan pada layout pemasangan HDRB dibawah ini :



Gambar 4. 26 Denah Pemasangan HDRB

Tabel 4. 53 Gaya Reaksi Dasar Kolom Struktur Fixed Base

TABLE: Joint Reactions			
Joint	OutputCase	F3	Lokasi
Text	Text	Kgf	
8	1,2D+1,6L	3192220,29	Interior
3	1,2D+1,0L+1,0E	2716134,33	Eksterior

Hasil analisa struktur *fixed base* didapatkan gaya reaksi terbesar untuk kolom interior dan eksterior adalah sebagai berikut:

- Kolom Interior : 3192220,29 kg  
: 31922202,9 N
- Kolom Ekstrior : 2716134,33 kg  
: 27161343,3 N

### 4.3.7.3 Perhitungan Dimensi HDRB Kolom Interior

Perhitungan dimensi HDRB berikut menggunakan data-data perencanaan yang didapatkan dari brosur *bridgestone*. Berikut adalah data-data perencanaan HDRB kolom interior :

- Gaya reaksi (m) : 31922202,9 N
- T : 3,91 dt
- T<sub>b</sub> : 3 x T  
: 3 x 3,91  
: 11,74 dt
- g : 9,81 m/s<sup>2</sup>
- *Shear modulus* (G) : 0,62 N/mm<sup>2</sup>
- *Rubber thickness* (tr) : 200 mm

- Kekakuan Horizontal *Base Isolator* (K<sub>H</sub>)

$$\begin{aligned}
 K_H &= \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{g} \\
 &= \frac{31922202,9 \times \left(\frac{2\pi}{11,74}\right)^2}{9810} \\
 &= 1074,09 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

- Diameter HDRB

$$\begin{aligned}
 K_H &= \frac{G \times A}{tr} \\
 A &= \frac{K_H \times tr}{G} \\
 &= \frac{1074,09 \times 200}{0,62} \\
 &= 346483,82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{4 \times 346483,82}{\pi}} \\
 &= 664,19 \text{ mm} \approx \mathbf{1100 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.7.4 Perhitungan Dimensi HDRB Kolom Eksterior

Perhitungan dimensi HDRB berikut menggunakan data-data perencanaan yang didapatkan dari brosur *bridgestone*. Berikut adalah data-data perencanaan HDRB kolom interior :

- Gaya reaksi (m) : 27161343,3 N
- T : 3,91 dt
- T<sub>D</sub> : 3 x T  
: 3 x 3,91  
: 11,74 dt
- g : 9,81 m/s<sup>2</sup>
- Shear modulus (G) : 0,62 N/mm<sup>2</sup>
- Rubber thickness (tr) : 200 mm

➤ Kekakuan Horizontal Base Isolator (K<sub>H</sub>)

$$\begin{aligned}
 K_H &= \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{g} \\
 &= \frac{27161343,3 \times \left(\frac{2\pi}{11,74}\right)^2}{9,810} \\
 &= 913,9 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

➤ Diameter HDRB

$$\begin{aligned}
 K_H &= \frac{G \times A}{tr} \\
 A &= \frac{K_H \times tr}{G} \\
 &= \frac{913,9 \times 200}{0,62} \\
 &= 294809,42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 294809,42}{\pi}} \\
 &= 612,67 \text{ mm} \approx \mathbf{1100 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.7.5 Spesifikasi HDRB

Dengan mempertimbangkan perhitungan diatas dan dimensi kolom lokasi HDRB maka digunakan tipe HH110X6R. Berikut adalah spesifikasi HDRB dengan merek Bridgestone yang digunakan:

Tabel 4. 54 Spesifikasi HDRB tipe HH110X6R  
(Bridgestone,2017)

Karakteristik	HH110X6R	Satuan
Outer Diameter	1100	mm
Inner Diameter	25	mm
First Shape Factor	35,3	-
Second Shape Factor	5,51	-
Diameter of Flange	1500	mm
Height	390,2	mm
Weight	20,1	kN
Compressive Stiffness	6590	$10^3$ kN/m
Eq. Shear Stiffness	2,94	$10^3$ kN/m
Characteristic Strenght	240	kN
Initial Stiffness	17,4	$10^3$ kN/m
Equivalent Damping Ratio	0,24	-

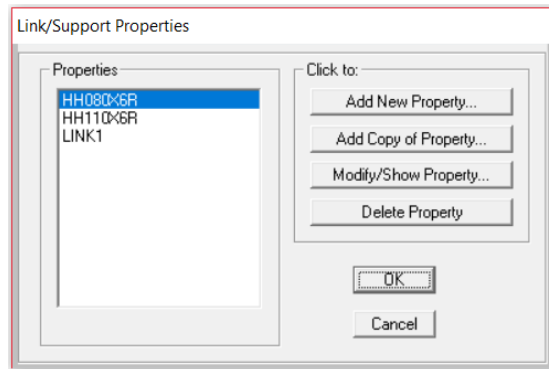


### 4.3.8 Analisa Struktur Isolasi Dasar

#### 4.3.8.1 Permodelan Struktur Isolasi Dasar

Sebagai berikut adalah langkah-langkah input *base isolator* pada SAP2000 pada struktur yang direncanakan:

- a) Memodelkan perletakan base isolator  
Perletakan dimodelkan pada Link/Support Properties dengan melakukan operasi Define – Section Properties – Link/Support Properties pada SAP2000.



Gambar 4. 29 Define Properties HDRB

- b) Input data spesifikasi HDRB  
Untuk memasukkan spesifikasi HDRB dipilih “*Add New Property...*”. Dimasukkan spesifikasi sebagai berikut :

The screenshot shows the 'Link/Support Property Data' dialog box. The 'Link/Support Type' is set to 'Rubber Isolator'. The 'Property Name' is 'HH110-6R'. The 'Total Mass and Weight' section shows Mass as 2.05 and Weight as 20.1. The 'Factors For Line, Area and Solid Springs' section shows 'Property is Defined for This Length In a Line Spring' as 35.3 and 'Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs' as 5.51. The 'Directional Properties' section has a table with columns for Direction, Fixed, NonLinear, and Properties. The 'P-Delta Parameters' section has an 'Advanced...' button. At the bottom are 'Fix All', 'Clear All', 'OK', and 'Cancel' buttons.

Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...
<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

Gambar 4. 30 Input Spesifikasi Dimensi HDRB

c) Input data *Directional properties*

Spesifikasi HDRB diinput pada pada arah U1 untuk arah vertikal dan U2-U3 untuk arah horizontal permukaan *seismic isolation*. Berikut adalah input data spesifikasi untuk arah U1 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.31 dan spesifikasi untuk arah U2-U3 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.32 :

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: HH110x6R

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Properties Used For All Analysis Cases

Effective Stiffness: 6590000.

Effective Damping: 0,24

OK Cancel

Gambar 4. 31 Input Data Directional Properties

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: HH110x6R

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases

Effective Stiffness: 2940.

Effective Damping: 0,24

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0.

Properties Used For Nonlinear Analysis Cases

Stiffness: 2940.

Yield Strength: 240.

Post Yield Stiffness Ratio: 0,1

OK Cancel

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: HH110x6R

Direction: U3

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases

Effective Stiffness: 2940.

Effective Damping: 0,24

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0.

Properties Used For Nonlinear Analysis Cases

Stiffness: 2940.

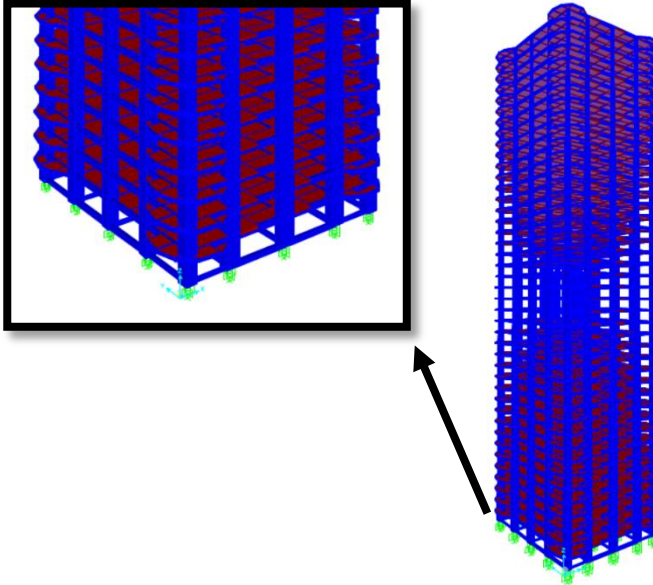
Yield Strength: 240.

Post Yield Stiffness Ratio: 0,1

OK Cancel

Gambar 4. 32 Input Data Directional Properties Arah X dan Y

- d) Penggambaran HDRB sebagai perletakan  
 Klik menu *Draw – Draw 1 Joint Link* pada SAP2000. Maka perletakan *base isolator* terlihat seperti ditunjukkan pada Gambar 4.33 dibawah ini.



Gambar 4. 33 Permodelan Base Isolator

- e) *Run Analysis* permodelan struktur isolasi dasar pada SAP2000 dengan melakukan operasi *Analyze – Run*.

#### 4.3.8.2 Analisa Permodelan Struktur Isolasi Dasar

Struktur isolasi dasar dianalisa sesuai dengan ketentuan dan syarat yang diatur oleh SNI 1726:2012. Berikut adalah ketentuan untuk isolasi dasar:

- Reduksi gempa (R)

Seperti yang diatur pada SNI 1726:2012 pasal 12.5.4.2 diatur nilai reduksi gempa ( $R$ ) untuk struktur isolasi dasar dengan syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= \frac{3}{8} \times R_{fixed\ base} < 2 \\ &= \frac{3}{8} \times 3 < 2 \\ &= \mathbf{1,125} < \mathbf{2} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Koefisien redaman  $B_D$  atau  $B_M$   
Nilai koefisien redaman  $B_D$  atau  $B_M$  diatur pada SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.1 tabel 22. Dengan nilai *effective damping ratio* = 0,24 = 24%, didapatkan nilai koefisien redaman  $B_D$  atau  $B_M$  dengan melakukan interpolasi nilai pada Tabel 4.55 di bawah ini.

Tabel 4. 55 Koefisien Redaman  $B_D$  atau  $B_M$

Redaman Efektif, $\beta_D$ atau $\beta_M$ (persentase dari redaman kritis)	Faktor $B_D$ atau $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
$\geq 50$	2,0

Maka didapatkan nilai  $B_D$  atau  $B_M$  sebagai berikut :

$$B_D \text{ atau } B_M = 1,5 - \left( \frac{24 - 20}{30 - 20} \times (1,5 - 1,7) \right) = \mathbf{1,58}$$

- Periode efektif  
Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.4.1 diatur nilai periode efektif sebagai berikut:  
 $T_M$  = periode efektif struktur dengan isolasi pada

perpindahan maksimum,  $T_M \leq 3,0$  detik.

$T_D$  = periode efektif struktur dengan isolasi pada  
perpindahan rencana,  $T_D \geq 3 \times T_{fixed\ base}$

$T_D$  =  $3 \times 3,91$   
= 11,74 detik

- Kekakuan efektif

Dari perhitungan analisa pembebanan gravitasi didapatkan nilai beban gravitasi yang dipikul oleh struktur akibat beban mati dan beban hidup bangunan sebagai berikut :

Tabel 4. 56 Beban Gravitasi Kombinasi 1D + 1L

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1,0D+1,0L	Combination	8,548E-10	3,526E-10	49135368,6

$W$  = 49135368,6 kg  
= 491353,686 kN

$K_{Dmin}$  = kekakuan efektif minimum sistem isolasi pada  
perpindahan rencana di arah horizontal yang  
ditinjau (SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.2).

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} \times g}}$$

$$K_{Dmin} = (2\pi)^2 \frac{W}{T_D^2 \times g}$$

$$= (2\pi)^2 \frac{491353,686}{11,74^2 \times 9,81}$$

$$= \mathbf{14473,57 \text{ kN/m}}$$

$K_{Dmax}$  = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi pada  
perpindahan rencana di arah horizontal yang  
ditinjau. Kekakuan efektif maksimum bisa  
dilakukan asumsi sebesar 110% kekakuan  
minimum dengan faktor pembagi 0,9.

$$K_{Dmax} = 1,1 \times \frac{14473,57}{0,9}$$

$$= \mathbf{17689,92 \text{ kN/m}}$$



$K_{Mmin}$  = kekakuan efektif minimum sistem isolasi pada perpindahan maksimum di arah horizontal yang ditinjau (SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.4).

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} \times g}}$$

$$\begin{aligned} K_{Mmin} &= (2\pi)^2 \frac{W}{T_M^2 \times g} \\ &= (2\pi)^2 \frac{491353,686}{3^2 \times 9,81} \\ &= \mathbf{221678,56 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

$K_{Mmax}$  = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi pada perpindahan maksimum di arah horizontal yang ditinjau. Kekakuan efektif maksimum bisa dilakukan asumsi sebesar 110% kekakuan minimum dengan faktor pembagi 0,9.

$$\begin{aligned} K_{Mmax} &= 1,1 \times \frac{221678,56}{0,9} \\ &= \mathbf{270940,46 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

- Perpindahan rencana ( $D_D$ ) dan perpindahan maksimum ( $D_M$ )

$D_D$  = perpindahan rencana sistem isolasi, m.

$D_M$  = perpindahan maksimum sistem isolasi, m.

Dengan data-data yang sudah ada seperti dibawah ini:

$g$  = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

$S_{D1}$  = 0,315

$S_{M1}$  = 0,472

$T_D$  = 11,74 detik.

$T_M$  = 3 detik.

$B_D$  = 1,58.

Maka didapatkan nilai  $D_D$  dan  $D_M$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D_D &= \frac{g \cdot S_{D1} \cdot T_D}{4 \cdot \pi^2 \cdot B_D} \\ &= \frac{9,81 \cdot 0,315 \cdot 11,74}{4 \cdot \pi^2 \cdot 1,58} \\ &= \mathbf{0,581 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$D_M = \frac{g \cdot S_{M1} \cdot T_M}{4 \cdot \pi^2 \cdot B_M}$$

$$= \frac{9,81.0,472.3}{4.\pi^2.1,58}$$

$$= \mathbf{0,223 \text{ m}}$$

- Perpindahan rencana total,  $D_{TD}$ , dan total perpindahan maksimum,  $D_{TM}$ .

$$D_{TD} = D_D \left( 1 + y \frac{12.e}{b^2+d^2} \right)$$

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

Dimana :

- $D_D$  = perpindahan rencana di titik pusat kekakuan sistem isolasi diarah yang ditinjau.
- $D_M$  = perpindahan maksimum di titik pusat kekakuan sistem isolasi diarah yang ditinjau.
- $y$  = jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan, diukur tegak lurus terhadap arah beban gempa 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.
- $b$  = ukuran denah struktur terpendek.
- $d$  = ukuran terpanjang denah struktur.

Karena nilai eksentrisitas ( $e$ ) gedung Grand Dharmahusada Lagoon pada Tugas Akhir ini sebesar 0, maka nilai  $D_{TD} = D_D = \mathbf{0,581 \text{ m}}$  dan  $D_{TM} = D_M = \mathbf{0,223 \text{ m}}$

- Menghitung gaya lateral minimum
  - Sistem isolasi dan elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi

Sistem isolasi, fondasi dan semua elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral minimum,  $V_b$ , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_b &= k_{Dmax} \cdot D_D \\ &= 17689,92 \cdot 0,581 \\ &= 10282,54 \text{ kN} \\ &= \mathbf{1028254 \text{ kg}} \end{aligned}$$

- Elemen struktural di atas sistem isolasi

Struktur di atas sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum,  $V_s$ , menggunakan persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi, dan sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{k_{Dmax} \cdot D_D}{R_1} \\ &= \frac{17689,92 \cdot 0,581}{1,125} \\ &= 9140,041 \text{ kN} \\ &= \mathbf{914004,1 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Pembebanan yang digunakan dalam permodelan struktur isolasi dasar digunakan sama dengan pembebanan yang digunakan dalam permodelan *fixed base*. Namun terdapat perubahan pada gaya gempa yang terjadi.

Gaya gempa yang diinput dalam permodelan adalah respons spektrum gempa komposit, dimana grafik respons spektrum terdapat satu titik yang direduksi oleh fungsi dari *base isolator*.

Dalam permodelan struktur isolasi dasar, dimana redaman efektif ( $B = 1,58$ ) dinyatakan sebagai persentase dan ASSTHO menysyaratkan adanya konversi nilai redaman efektif ke periode efektif struktur isolator.

Didapatkan nilai percepatan spektra ( $S_a$ ) pada periode  $T = 1,58$  s pada respon spektrum struktur non-komposit adalah sebesar

0,121. Sehingga dihitung percepatan spektra ( $S_a$ ) struktur komposit adalah sebagai berikut :

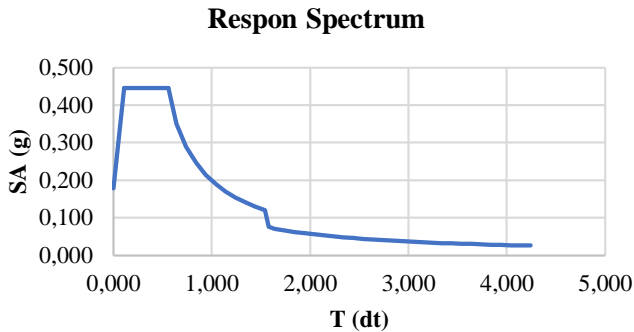
$$S_{a_{T=1,58}} = \frac{S_a}{B}$$

$$S_{a_{T=1,58}} = \frac{0,121}{1,58} = 0,076$$

Begitupula untuk percepatan spektra pada periode setelah 1,58 s hingga batas periode akhir gempa. Sehingga didapatkan nilai grafik respons spektrum sebagai berikut pada Tabel 4.57 dan Gambar 4.34:

Tabel 4. 57 Perhitungan Respon Spektrum Komposit

T	SA	T	SA
0	0,178		
0,112	0,445	2,340	0,0481
0,56	0,445	2,440	0,0462
0,64	0,351	2,540	0,0443
0,74	0,289	2,640	0,0424
0,84	0,246	2,740	0,0405
0,94	0,214	2,840	0,0392
1,04	0,19	2,940	0,0380
1,14	0,17	3,040	0,0367
1,24	0,154	3,140	0,0354
1,34	0,141	3,240	0,0342
1,44	0,13	3,340	0,0329
1,54	0,121	3,440	0,0323
1,58	0,0764	3,540	0,0310
1,64	0,0709	3,640	0,0304
1,74	0,0665	3,740	0,0291
1,84	0,0627	3,840	0,0285
1,94	0,0589	3,940	0,0278
2,04	0,0557	4,040	0,0272
2,14	0,0532	4,140	0,0266
2,24	0,0506	4,240	0,0259



Gambar 4. 34 Respon Spektrum Komposit dengan Redaman 24%

#### 4.3.8.3 Kontrol Analisa Base Isolator

##### a) Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, analisa struktur disyaratkan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal. Berikut adalah hasil analisa struktur isolasi dasar dengan menggunakan SAP2000:

Tabel 4. 58 Kontrol Partisipasi Massa Struktur Isolasi Dasar

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	5,895914	0,95343	5,328E-13
MODAL	Mode	2	5,779356	0,95343	0,95881
MODAL	Mode	3	3,241352	0,95343	0,95881
MODAL	Mode	4	1,897676	0,99459	0,95881
MODAL	Mode	5	1,852166	0,99459	0,9952
MODAL	Mode	6	1,592431	0,99459	0,9952
MODAL	Mode	7	0,981575	0,9987	0,9952
MODAL	Mode	8	0,980813	0,9987	0,99878
MODAL	Mode	9	0,864167	0,9987	0,99878
MODAL	Mode	10	0,662308	0,9987	0,99956
MODAL	Mode	11	0,645239	0,99957	0,99956
MODAL	Mode	12	0,578742	0,99957	0,99956
MODAL	Mode	13	0,491321	0,99957	0,99981
MODAL	Mode	14	0,468401	0,99983	0,99981
MODAL	Mode	15	0,426024	0,99983	0,99981
MODAL	Mode	16	0,38327	0,99983	0,99991
MODAL	Mode	17	0,36079	0,99992	0,99991

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa arah X sebesar **95,3%** dan arah Y sebesar **95,8%** pada moda ke 2, sehingga memenuhi syarat minimum 90%.

b) Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.2, menyatakan gaya geser lateral rencana struktur di atas sistem isolasi tidak boleh diambil kurang dari 80% dari  $V_s$  dan sesuai SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.1 menyatakan gaya lateral rencana harus diambil tidak kurang dari 90% dari  $V_b$ . Berikut adalah hasil analisa SAP2000 struktur isolasi dasar:

Tabel 4. 59 Base Reaction Gaya Geser Dinamik Base Isolator

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kg	kg
EQx	833099,8	251063,7
EQy	249929,9	836879,1

$$V_x = 8330,998 \text{ kN}$$

$$V_y = 8368,791 \text{ kN}$$

- $V \geq 0,8 \cdot V_s$   
 $V_x \geq 0,8 \cdot V_s$   
 $8330,998 \geq 0,8 \cdot 9140,041$   
**8330,998  $\geq$  7312,033 kN  $\rightarrow$  OK**
- $V_y \geq 0,8 \cdot V_s$   
 $8368,791 \geq 0,8 \cdot 9140,041$   
**8368,791  $\geq$  7312,033 kN  $\rightarrow$  OK**

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa gaya gempa dinamis yang terjadi memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.1 dan 12.6.4.2. Sehingga didapatkan reduksi gaya geser dinamis seperti dibawah ini:

Tabel 4. 60 Perbandingan Gaya Geser Fixed dengan Base Isolator

<b>OutputCase</b>	<b>Fixed Base</b>	<b>Base Isolator</b>	<b>Reduksi</b>
<b>Text</b>	<b>kN</b>	<b>kN</b>	<b>%</b>
EQx	11298,6493	8330,998	26,27
EQy	11298,6493	8368,791	25,93

c) Kontrol Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Kontrol simpangan antar lantai struktur dilakukan untuk mengetahui batas layan struktur akibat beban gempa yang terjadi. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kenyamanan penggunaan bangunan, mencegah kerusakan non struktural da membatasi retak beton yang berlebihan.

Simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) adalah perbedaan perpindahan elastis lantai yang ditinjau dengan perpindahan elastis lantai yang berada tepat dibawahnya. Perhitungan simpangan antar lantai diatur pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, dengan perumusan perpindahan lantai sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{XE}}{I}$$

Dimana:

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$I$  = faktor keutamaan gedung

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen biasa, simpangan antar lantai dibatasi sebesar :

Tabel 4. 61 Batas Simpangan Antar Lantai Struktur Isolasi Dasar (SNI 1726:2012 pasal 7.9.3)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

$$\begin{aligned}\Delta &= 0.015.h_{sx} \\ &= 0.015 \times 3200 = \mathbf{48 \text{ mm}}\end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan kontrol simpangan antar lantai yang terjadi dan batas simpangan antar lantai untuk arah X dan arah Y yang ditunjukkan pada Tabel 4.62 dan Tabel 4.63.

Dari hasil evaluasi simpangan antar lantai (*drift*) pada gempa X dan gempa Y untuk kontrol *base isolator* di atas dapat disimpulkan bahwa semua hasil perpindahan antar lantai sudah memenuhi dengan tidak melebihi dari nilai perpindahan antar lantai maksimum sebesar **0,048 m**.



Tabel 4. 62 Kontrol Simpangan Antar Lantai Struktur Isolasi Dasar Arah X

Tingkat	hi	$\delta x_e$	$\delta x$	Drift ( $\Delta n_x$ )	Syarat $\Delta a$	Ket
	m	m	m	m	m	
42	3,2	0,251633	0,6291	0,0026	0,0480	OK
41	3,2	0,250605	0,6265	0,0030	0,0480	OK
40	3,2	0,249409	0,6235	0,0035	0,0480	OK
39	3,2	0,248025	0,6201	0,0039	0,0480	OK
38	3,2	0,246452	0,6161	0,0044	0,0480	OK
37	3,2	0,244691	0,6117	0,0043	0,0480	OK
36	3,2	0,242976	0,6074	0,0046	0,0480	OK
35	3,2	0,241135	0,6028	0,0050	0,0480	OK
34	3,2	0,239153	0,5979	0,0053	0,0480	OK
33	3,2	0,237024	0,5926	0,0057	0,0480	OK
32	3,2	0,234743	0,5869	0,0058	0,0480	OK
31	3,2	0,232442	0,5811	0,0060	0,0480	OK
30	3,2	0,230033	0,5751	0,0063	0,0480	OK
29	3,2	0,227499	0,5687	0,0067	0,0480	OK
28	3,2	0,224833	0,5621	0,0070	0,0480	OK
27	3,2	0,222033	0,5551	0,0072	0,0480	OK
26	3,2	0,219167	0,5479	0,0074	0,0480	OK
25	3,2	0,216199	0,5405	0,0077	0,0480	OK
24	3,2	0,213115	0,5328	0,0080	0,0480	OK
23	3,2	0,209911	0,5248	0,0083	0,0480	OK
22	3,2	0,206585	0,5165	0,0085	0,0480	OK
21	3,2	0,20318	0,5080	0,0088	0,0480	OK
20	3,2	0,199677	0,4992	0,0090	0,0480	OK
19	3,2	0,19607	0,4902	0,0093	0,0480	OK
18	3,2	0,192356	0,4809	0,0096	0,0480	OK
17	3,2	0,188533	0,4713	0,0097	0,0480	OK
16	3,2	0,184635	0,4616	0,0100	0,0480	OK
15	3,2	0,180649	0,4516	0,0102	0,0480	OK
14	3,2	0,17657	0,4414	0,0104	0,0480	OK
13	3,2	0,172396	0,4310	0,0107	0,0480	OK
12	3,2	0,168128	0,4203	0,0108	0,0480	OK
11	3,2	0,163801	0,4095	0,0110	0,0480	OK
10	3,2	0,159404	0,3985	0,0112	0,0480	OK
9	3,2	0,154936	0,3873	0,0113	0,0480	OK
8	3,2	0,1504	0,3760	0,0115	0,0480	OK
7	3,2	0,145802	0,3645	0,0116	0,0480	OK
6	3,2	0,141151	0,3529	0,0117	0,0480	OK
5	3,2	0,136478	0,3412	0,0117	0,0480	OK
4	3,2	0,131785	0,3295	0,0117	0,0480	OK
3	3,2	0,127093	0,3177	0,0117	0,0480	OK
2	3,2	0,12243	0,3061	0,0115	0,0480	OK
1	3,2	0,117822	0,2946	0,0114	0,0480	OK

Tabel 4. 63 Kontrol Simpangan Antar Lantai Struktur Isolasi Dasar Arah Y

Tingkat	hi m	$\delta x_e$ m	$\delta x$ m	Drift (Amx) m	Syarat Aa m	Ket
42	3,2	0,23928	0,5982	0,0022	0,0480	OK
41	3,2	0,238398	0,5960	0,0027	0,0480	OK
40	3,2	0,237323	0,5933	0,0032	0,0480	OK
39	3,2	0,236043	0,5901	0,0037	0,0480	OK
38	3,2	0,234561	0,5864	0,0042	0,0480	OK
37	3,2	0,232878	0,5822	0,0039	0,0480	OK
36	3,2	0,231332	0,5783	0,0042	0,0480	OK
35	3,2	0,229651	0,5741	0,0046	0,0480	OK
34	3,2	0,227827	0,5696	0,0049	0,0480	OK
33	3,2	0,22586	0,5647	0,0053	0,0480	OK
32	3,2	0,223747	0,5594	0,0051	0,0480	OK
31	3,2	0,221696	0,5542	0,0054	0,0480	OK
30	3,2	0,21954	0,5489	0,0057	0,0480	OK
29	3,2	0,217264	0,5432	0,0060	0,0480	OK
28	3,2	0,214867	0,5372	0,0063	0,0480	OK
27	3,2	0,212348	0,5309	0,0064	0,0480	OK
26	3,2	0,209794	0,5245	0,0066	0,0480	OK
25	3,2	0,207141	0,5179	0,0069	0,0480	OK
24	3,2	0,20438	0,5110	0,0072	0,0480	OK
23	3,2	0,201508	0,5038	0,0075	0,0480	OK
22	3,2	0,19852	0,4963	0,0076	0,0480	OK
21	3,2	0,195467	0,4887	0,0079	0,0480	OK
20	3,2	0,192313	0,4808	0,0081	0,0480	OK
19	3,2	0,189058	0,4726	0,0084	0,0480	OK
18	3,2	0,1857	0,4643	0,0087	0,0480	OK
17	3,2	0,182239	0,4556	0,0088	0,0480	OK
16	3,2	0,178728	0,4468	0,0090	0,0480	OK
15	3,2	0,175132	0,4378	0,0092	0,0480	OK
14	3,2	0,171446	0,4286	0,0094	0,0480	OK
13	3,2	0,16767	0,4192	0,0097	0,0480	OK
12	3,2	0,163802	0,4095	0,0098	0,0480	OK
11	3,2	0,159884	0,3997	0,0100	0,0480	OK
10	3,2	0,15589	0,3897	0,0102	0,0480	OK
9	3,2	0,15182	0,3796	0,0104	0,0480	OK
8	3,2	0,147676	0,3692	0,0105	0,0480	OK
7	3,2	0,143463	0,3587	0,0107	0,0480	OK
6	3,2	0,139187	0,3480	0,0107	0,0480	OK
5	3,2	0,134896	0,3372	0,0108	0,0480	OK
4	3,2	0,13058	0,3265	0,0108	0,0480	OK
3	3,2	0,126263	0,3157	0,0107	0,0480	OK
2	3,2	0,121986	0,3050	0,0104	0,0480	OK
1	3,2	0,11781	0,2945	0,0099	0,0480	OK

Dari analisa struktur isolasi dasar didapatkan nilai periode fundamental yang terjadi sebesar 5,9 s seperti

ditunjukkan Tabel 4.64 dibawah ini. Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 12.4.1 bahwa periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum,  $T_M$ , kurang atau sama dengan 3 s. Sehingga, sesuai peraturan dikarenakan  $T=5,9\text{ s} > 3\text{ s}$  maka nilai  $T_M$  dipakai sebesar **3 detik**.

Tabel 4. 64 Periode Fundamental Struktur Isolasi Dasar

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	5,902512	0,16942	1,0645	1,1331
MODAL	Mode	2	5,782915	0,17292	1,0865	1,1805
MODAL	Mode	3	5,247035	0,19058	1,1975	1,4339
MODAL	Mode	4	1,902629	0,52559	3,3024	10,906
MODAL	Mode	5	1,850536	0,54038	3,3953	11,528
MODAL	Mode	6	1,596068	0,62654	3,9367	15,497
MODAL	Mode	7	0,984331	1,0159	6,3832	40,745
MODAL	Mode	8	0,972085	1,0287	6,4636	41,778
MODAL	Mode	9	0,865859	1,1549	7,2566	52,658
MODAL	Mode	10	0,648494	1,542	9,6889	93,875
MODAL	Mode	11	0,647986	1,5432	9,6965	94,022
MODAL	Mode	12	0,579282	1,7263	10,847	117,65
MODAL	Mode	13	0,477905	2,0925	13,147	172,85
MODAL	Mode	14	0,47067	2,1246	13,349	178,21
MODAL	Mode	15	0,426012	2,3474	14,749	217,53
MODAL	Mode	16	0,373737	2,6757	16,812	282,64
MODAL	Mode	17	0,362584	2,758	17,329	300,29

Dengan nilai  $T_M$  sebesar 3 s, maka didapatkan nilai perpindahan maksimum seistem isolasi,  $D_{TM}$ , sebesar 0,223 m seperti yang dihitung sebelumnya. Seperti ditunjukkan pada Tabel 4.62 dan Tabel 4.63 didapatkan nilai perpindahan sistem isolasi pada lantai dasar tidak lebih dari **0,223 m**.

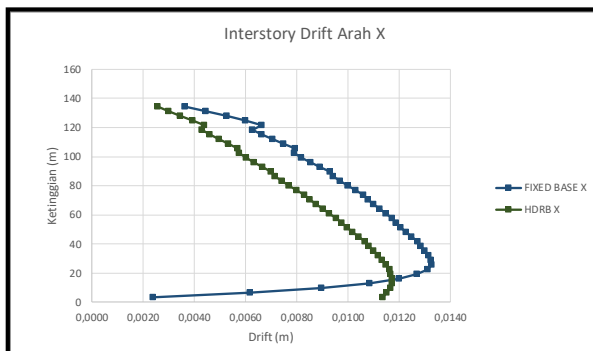
Berdasarkan hasil analisa simpangan antar lantai struktur *fixed base* dan struktur isolasi dasar, nilai simpangan antar lantai struktur isolasi dasar lebih kecil

dibanding struktur *fixed base* dikarenakan adanya isolator. Berikut pada Tabel 4.65 adalah nilai reduksi simpangan antar lantai:

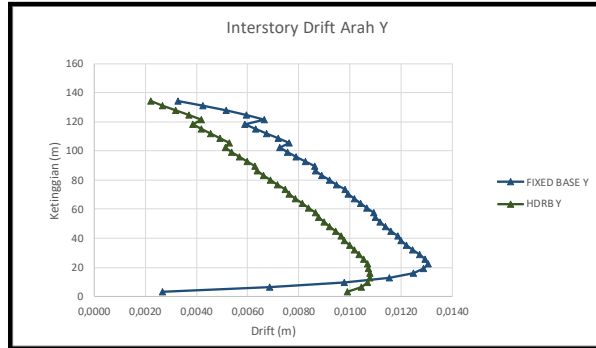
Tabel 4. 65 Reduksi Simpangan Antar Lantai

OutputCase	Fixed Base	Base Isolator	Reduksi
Text	m	m	%
EQx	0,009614107	0,0082	14,34
EQy	0,009182679	0,0075	18,69

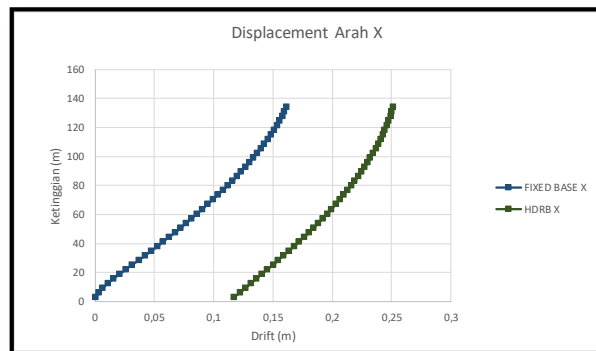
Nilai reduksi simpangan antar lantai diatas dapat digambarkan pada grafik dibawah ini:



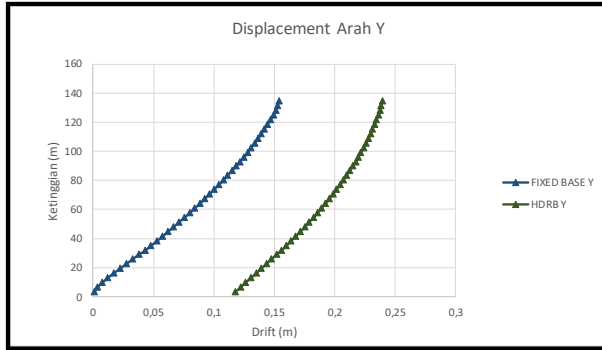
Gambar 4. 35 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Fixed Base dan Isolasi Dasar Arah X



Gambar 4. 36 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Fixed Base dan Isolasi Dasar Arah Y



Gambar 4. 37 Grafik Perpindahan Lantai Arah X



Gambar 4. 38 Grafik Perpindahan Lantai Arah Y

d) Pemisahan struktur

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.12.3, pemisahan struktur harus dapat mengakomodasi terjadinya perpindahan respons inelastik maksimum,  $\delta_M$ , harus dihitung pada lokasi kritis dengan mempertimbangkan perpindahan translasi maupun rotasi pada struktur. Pemisahan struktur ( $\delta_M$ ) dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \delta_M &= \frac{C_d \cdot \delta_{max}}{I_e} \\ &= \frac{2,5 \cdot 0,294}{1} \\ &= 0,735 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan diatas untuk perencanaan pemisahan struktur direncanakan sebesar **0,735 m**.

## 4.4 Perencanaan Struktur Primer

### 4.4.1 Umum

Perencanaan struktur primer pada tugas ini adalah meliputi perencanaan balok induk dan perencanaan kolom. Perhitungan perencanaan berdasarkan syarat-syarat ketentuan yang ada pada

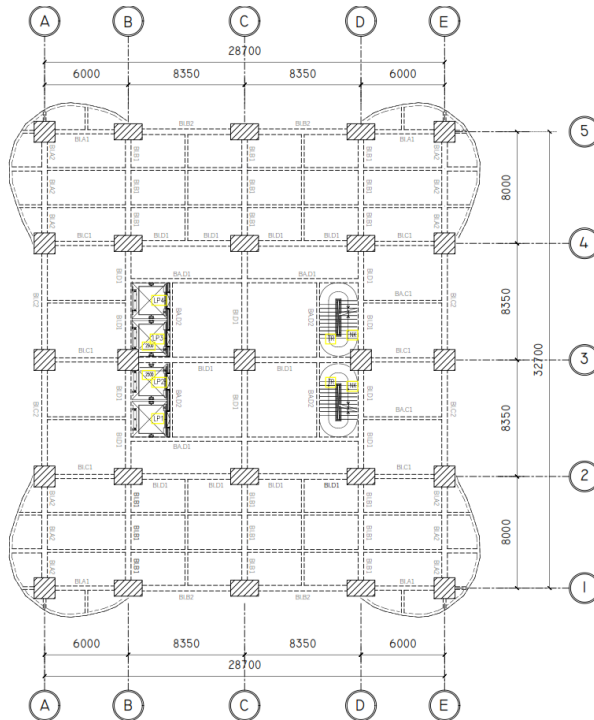
SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1726:2012 tentang ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa. Perencanaan sistem gedung Grand Dharmahusada Lagoon menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SPRMB).

#### 4.4.2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban ke kolom. Dalam perencanaan balok induk terdapat beberapa tipe balok yang dibedakan. Berikut ini adalah rekapitulasi jenis balok induk pada gedung Grand Dharmahusada Lagoon pada Tabel 4.66 dan Gambar 4.39 berikut ini.

Tabel 4. 66 Dimensi Balok Induk

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BLA1	6	40	70	cm
BLA2	8	50	80	cm
BLB1	8	50	80	cm
BLB2	8,35	50	80	cm
BLC1	6	40	70	cm
BLC2	8,35	50	80	cm
BLD1	8,35	50	80	cm



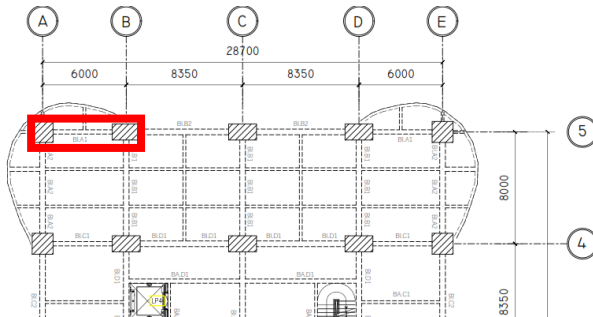
Gambar 4. 39 Denah Balok Induk

Dibawah ini akan dijabarkan contoh perhitungan perencanaan balok induk BIA.1 40/70. Berikut ini adalah data perencanaan balok induk BIA.1 :

#### A. Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan balok induk BIA.1 40/70 :





Gambar 4. 40 Letak Balok Induk BI.A1

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Bentang balok ( $L$ ) = 6 m
- Tinggi balok ( $h$ ) = 70 cm
- Lebar balok ( $b$ ) = 40 cm
- Diameter tulangan lentur = 25 mm
- Luas penampang tul. lentur = 491 mm<sup>2</sup>
- Diameter tulangan geser = 13 mm
- Luas penampang tul.geser = 133 mm<sup>2</sup>
- Tebal selimut (cover) = 40 mm
- $d'$  = cover +  $D_{tul.geser}$  +  $\frac{1}{2} \cdot D_{tul.lentur}$   
 $= 40 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 25$   
 $= 65,5$  mm
- $d$  =  $h - d'$   
 $= 700 - 65,5$   
 $= 634,5$  mm
- $\beta_1$  =  $0.85 - 0.05 \cdot \frac{f_c' - 28}{7}$   
 (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)  
 $= 0.85 - 0.05 \cdot \frac{40 - 28}{7}$   
 $= 0,764$
- Batasan rasio tulangan
  - Menentukan  $\rho$  balance

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &\text{(SNI 2847:2013 lampiran B 8.4.2)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,03639\end{aligned}$$

- Mencari  $\rho$  maksimum  
 $\rho$  maks = 0,75  $\rho_b$   
 (SNI 2847:2013 lampiran B 10.3.3)  
 = 0,75 · 0,03639  
 = 0,0273  
 $\rho$  maks = 0,025  
 (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)  
 Dipakai  $\rho$  maks terkecil = **0,025**

- Mencari  $\rho$  minimum  
 $\rho$  min =  $\frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c'}}{f_y}$   
 (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)  
 =  $\frac{0,25 \cdot \sqrt{40}}{420}$   
 = 0,00376  
 $\rho$  min =  $\frac{1,4}{f_y}$   
 (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)  
 =  $\frac{1,4}{420}$   
 = 0,00333  
 Dipakai  $\rho$  min terbesar = **0,00376**

- Menentukan harga m  
 $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$   
 $= \frac{420}{0,85 \cdot 40}$   
 $= \mathbf{12,3529}$

## **B. Analisa Gaya Dalam Balok Induk**

Analisa gaya dalam yang terjadi pada balok induk dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000. Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok didapatkan dengan kombinasi ENVELOPE.

Berikut adalah rekapitulasi gaya momen pada tumpuan kiri, tumpuan kanan dan lapangan :

- Tumpuan kiri = -540,45 kNm
- Lapangan = 229,27 kNm
- Tumpuan kanan = -540,40 kNm

Berikut adalah rekapitulasi gaya torsi/puntir, gaya geser tumpuan dan lapangan :

- Gaya torsi = 19,09089 kNm
- Gaya geser tumpuan = 231,9942 kN
- Gaya geser lapangan = 193,2928 kN

Berikut adalah rekapitulasi gaya dalam yang terjadi pada balok induk gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan kombinasi ENVELOPE dari SAP2000 :

Tabel 4. 67 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok Induk

KODE	Lokasi	Momen (Mu)	Torsi (Tu)	Geser (Vu)	
		kNm	kNm	Tump (kN)	Lap (kN)
BI.A1	Tumpuan Kiri	-540,45	19,908972	231,9942	193,2928
	Lapangan	229,27			
	Tumpuan Kanan	-540,40			
BI.A2	Tumpuan Kiri	-851,26	49,798924	285,8658	256,4193
	Lapangan	338,68			
	Tumpuan Kanan	-851,20			
BI.B1	Tumpuan Kiri	-962,45	92,676864	347,8125	314,844
	Lapangan	374,95			
	Tumpuan Kanan	-962,45			
BI.B2	Tumpuan Kiri	-833,74	75,017865	265,6287	240,1165
	Lapangan	384,88			
	Tumpuan Kanan	-833,74			
BI.C1	Tumpuan Kiri	-588,07	19,159847	244,2633	207,4685
	Lapangan	242,07			
	Tumpuan Kanan	-588,07			
BI.C2	Tumpuan Kiri	-767,34	74,808347	246,5316	222,7937
	Lapangan	351,00			
	Tumpuan Kanan	-767,35			
BI.D1	Tumpuan Kiri	-947,63	90,701404	336,7455	308,7354
	Lapangan	406,75			
	Tumpuan Kanan	-947,63			

### C. Cek Syarat Komponen Struktur Lentur SRPMB

Untuk komponen lentur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.2.2. Dimana disyaratkan balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan.

#### 4.4.2.1 Penulangan Lentur Balok

Berikut adalah perhitungan penulangan tulangan lentur balok induk BI.A1 40/70 dengan bentang 6 m :

Asumsi awal penampang balok berada pada kondisi *tension controlled section* (penampang terkontrol tarik), dimana  $\phi = 0,9$ .

#### ➤ Penulangan Tumpuan

##### ➤ Tumpuan Kiri

$$- Mu = 540,45 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Mn} &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{540,45}{0,9} \\
 &= 600,5 \text{ kNm} \\
 - \text{ Rn}_{\max} &= \rho_{\max} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\max} \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c'}\right) \\
 &= 0,025 \cdot 420 \cdot \left(1 - \frac{0,025 \cdot 420}{1,7 \cdot 40}\right) \\
 &= 8,8786 \text{ N/mm}^2 \\
 - \text{ Mn1} &= \text{ Rn}_{\max} \cdot b \cdot d^2 \\
 &= 8,8786 \cdot 400 \cdot 634,5^2 \\
 &= 1429787432 \text{ Nmm} \\
 - \text{ Mn2} &= \text{ Mn} - \text{ Mn1} \\
 &= 600504394 - 1429787432 \\
 &= -829283038 \text{ Nmm} \\
 - \text{ Mn2} &< 0 \text{ (Tulangan Tunggal)} \\
 - \text{ Rn} &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{600,5 \times 10^6}{400 \cdot 634,5^2} \\
 &= 3,729 \text{ N/mm}^2 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}}\right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 3,729}{420}}\right) \\
 &= 0,00943 \\
 &(\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, \text{ maka digunakan } \rho_{\text{perlu}}) \\
 - \text{ Tulangan tarik tumpuan} \\
 \text{ As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00943 \cdot 400 \cdot 634,5 \\
 &= 2392,7 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ Jumlah tulangan} \\
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} \\
 &= \frac{2392,7}{491}
 \end{aligned}$$

$$= 4,874 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi dipasang tulangan tarik tumpuan kiri **5D25**.

- Kontrol jarak tulangan  
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b_w - 2.D_{sengkan} - 2.cover - n.D_{lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2.13 - 2.40 - 5.25}{5-1} \\ &= \mathbf{42,25 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \\ &\quad (\text{dipasang 1 lapis tulangan}) \end{aligned}$$

- Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2392,7 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} \\ &= \mathbf{75,79 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{75,79}{0,764} \\ &= \mathbf{99,173 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{(634,5 - 99,173)}{99,173} \times 0,003 \\ &= \mathbf{0,01619} > 0,005 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik, asumsi  $\emptyset$  benar)

- Tulangan tekan tumpuan  
As perlu  $= \frac{1}{2}.As_1$   
 $= \frac{1}{2}.2392,7$   
 $= \mathbf{1196,35 \text{ mm}^2}$

- Jumlah tulangan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As\ perlu}{As\ tulangan} \\
 &= \frac{1196,35}{491} \\
 &= 2,4372\ \text{buah} \approx \mathbf{3}\ \text{buah}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tekan tumpuan kiri **3D25**.

- Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$S \geq 25\ \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b_w - 2 \cdot D_{sengkan} - 2 \cdot cover - n \cdot D_{lentur}}{n - 1} \\
 &= \frac{400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 3 \cdot 25}{3 - 1} \\
 &= \mathbf{109,5\ \text{mm}} \geq 25\ \text{mm} \rightarrow \text{OK} \\
 &\quad (\text{dipasang 1 lapis tulangan})
 \end{aligned}$$

- Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{1196,35 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} \\
 &= \mathbf{36,946\ \text{mm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{36,746}{0,764} \\
 &= \mathbf{48,341\ \text{mm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_1 &= \frac{(d - c)}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{(634,5 - 48,341)}{48,341} \times 0,003 \\
 &= \mathbf{0,0363} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik, asumsi  $\emptyset$  benar)

- Kontrol kekuatan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \cdot fy - As' \cdot fs'}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \\
 &= \frac{(5,0,25 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 25) \cdot 420}{0,85 \cdot 40 \cdot 400} \\
 &= 75,797 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{act} &= (As \cdot fy - As' \cdot fs') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \cdot fs' \cdot (d - d') \\
 &= (5,0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 420) \cdot \left(634,5 - \frac{75,797}{2}\right) \\
 &= 614997916 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = 600504394 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{act} > Mn, \text{ OK}$$

➤ **Tumpuan Kanan**

-  $Mu = 540,40 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned}
 - Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{540,40}{0,9} \\
 &= 600,45 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Rn_{max} &= \rho_{max} \cdot fy \cdot \left(1 - \frac{\rho_{max} \cdot fy}{1,7 \cdot fc'}\right) \\
 &= 0,025 \cdot 420 \cdot \left(1 - \frac{0,025 \cdot 420}{1,7 \cdot 40}\right) \\
 &= 8,8786 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Mn1 &= Rn_{max} \cdot b \cdot d^2 \\
 &= 8,8786 \cdot 400 \cdot 634,5^2 \\
 &= 1429787432 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Mn2 &= Mn - Mn1 \\
 &= 600447149 - 1429787432 \\
 &= -829340283 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

-  $Mn2 < 0$  (Tulangan Tunggal)

$$\begin{aligned}
 - Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{600,45 \times 10^6}{400 \cdot 634,5^2} \\
 &= 3,7286 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 3,7286}{420}} \right) \\
 &= 0,00943
 \end{aligned}$$

( $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}}$ )

- Tulangan tarik tumpuan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00943 \cdot 400 \cdot 634,5 \\
 &= 2392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} \\
 &= \frac{2392,7}{491} \\
 &= 4,8739 \text{ buah} \approx \mathbf{5 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tarik tumpuan kiri **5D25**.

- Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\
 &= \frac{400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 5 \cdot 25}{5 - 1} \\
 &= \mathbf{42,25 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \\
 &\text{(dipasang 1 lapis tulangan)}
 \end{aligned}$$

- Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{2392,5 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 75,79 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{75,79}{0,764} \\
 &= 99,173 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{(634,5-99,173)}{99,173} \times 0,003 \\
 &= \mathbf{0,01619} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik, asumsi  $\emptyset$  benar)

- Tulangan tekan tumpuan  
As perlu =  $\frac{1}{2} \cdot A_{s1}$   
=  $\frac{1}{2} \cdot 2392,7$   
= 1196,233 mm<sup>2</sup>

- Jumlah tulangan  
n =  $\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$   
=  $\frac{1196,233}{491}$   
= 2,4369 buah  $\approx$  **3** buah

Jadi dipasang tulangan tekan tumpuan kiri **3D25**.

- Kontrol jarak tulangan  
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b_w - 2 \cdot D_{sengkan.g} - 2 \cdot cover - n \cdot D_{lentur}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 3 \cdot 25}{3-1} \\
 &= \mathbf{109,5} \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \\
 &\text{(dipasang 1 lapis tulangan)}
 \end{aligned}$$

- Cek tulangan terkendali tarik

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1196,35 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} \\
 &= 36,9425 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{36,9425}{0,764} \\
 &= 48,336 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{(634,5 - 48,336)}{48,336} \times 0,003 \\
 &= \mathbf{0,0363} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik, asumsi  $\emptyset$  benar)

- Kontrol kekuatan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \cdot fy - As' \cdot fs'}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \\
 &= \frac{(5,025 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 25) \cdot 420}{0,85 \cdot 40 \cdot 400} \\
 &= 75,797 \text{ mm} \\
 Mn_{act} &= (As \cdot fy - As' \cdot fs') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \cdot fs' \cdot (d - d') \\
 &= (5,025 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 420) \cdot \left(634,5 - \frac{75,797}{2}\right) \\
 &= 614997916 \text{ Nmm} \\
 Mn &= 600447149 \text{ Nmm} \\
 \mathbf{Mn_{act} > Mn, OK}
 \end{aligned}$$

### ➤ Lapangan

$$\begin{aligned}
 - Mu &= 229,27 \text{ kNm} \\
 - Mn &= \frac{Mu}{\emptyset} \\
 &= \frac{229,27}{0,9} \\
 &= 254,74 \text{ kNm} \\
 - Rn_{max} &= \rho_{max} \cdot fy \cdot \left(1 - \frac{\rho_{max} \cdot fy}{1,7 \cdot fc'}\right) \\
 &= 0,025 \cdot 420 \cdot \left(1 - \frac{0,025 \cdot 420}{1,7 \cdot 40}\right) \\
 &= 8,8786 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Mn1} &= R_{n_{\max}} \cdot b \cdot d^2 \\
 &= 8,8786 \cdot 400 \cdot 634,5^2 \\
 &= 1429787432 \text{ Nmm} \\
 - \text{ Mn2} &= M_n - \text{Mn1} \\
 &= 254744416 - 1429787432 \\
 &= -1175043016 \text{ Nmm} \\
 - \text{ Mn2} &< 0 \text{ (Tulangan Tunggal)} \\
 - \text{ Rn} &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{254,74 \times 10^6}{400 \cdot 634,5^2} \\
 &= 1,5819 \text{ N/mm}^2 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 1,5819}{420}} \right) \\
 &= 0,00386
 \end{aligned}$$

( $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned}
 - \text{ Tulangan tarik tumpuan} \\
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00386 \cdot 400 \cdot 634,5 \\
 &= 979,26 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Jumlah tulangan} \\
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} \\
 &= \frac{979,26}{491} \\
 &= 1,99 \text{ buah} \approx \mathbf{2} \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tarik tumpuan kiri **2D25**.

- Kontrol jarak tulangan  
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S &\geq 25 \text{ mm} \\
 S &= \frac{b_w - 2 \cdot D_{\text{senggang}} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{\frac{n-1}{2-1}} \\
 &= \frac{400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 25}{2-1} \\
 &= \mathbf{244 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \\
 &\text{(dipasang 1 lapis tulangan)}
 \end{aligned}$$

- Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{979,26 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} \\
 &= 30,31 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{30,31}{0,764} \\
 &= 19,37 \text{ mm} \\
 \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{(634,5 - 19,37)}{19,37} \times 0,003 \\
 &= \mathbf{0,0449} > 0,005
 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik, asumsi  $\emptyset$  benar)

- Tulangan tekan tumpuan

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \frac{1}{2} \cdot A_s 1 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 979,26 \\
 &= 489,631 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{489,631}{491} \\
 &= 0,997 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tekan tumpuan kiri **2D25**.

- Kontrol jarak tulangan  
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b_w - 2.D_{sengkan} - 2.cover - n.D_{lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2.13 - 2.40 - 2.25}{2-1} \\ &= \mathbf{244 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \\ &\quad (\text{dipasang 1 lapis tulangan}) \end{aligned}$$

- Cek tulangan terkendali tarik

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{489,631 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} \\ &= 15,121 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{15,121}{0,764} \\ &= 19,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{(634,5 - 19,78)}{19,78} \times 0,003 \\ &= \mathbf{0,0932} > 0,005 \end{aligned}$$

(Penampang terkendali tarik, asumsi  $\emptyset$  benar)

Tabel 4. 68 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Induk

KODE	L (m)	Dimensi		Lokasi	Tulangan Lentur					
		b (cm)	h (cm)		Tarik		Tekan			
BLA.1	6	40	70	Tumpuan Kiri	5	D	25	3	D	25
				Lapangan	2	D	25	2	D	25
				Tumpuan Kanan	5	D	25	3	D	25
BLA.2	8	50	80	Tumpuan Kiri	9	D	25	5	D	25
				Lapangan	3	D	25	3	D	25
				Tumpuan Kanan	9	D	25	5	D	25
BLB.1	8	50	80	Tumpuan Kiri	10	D	25	4	D	25
				Lapangan	3	D	25	3	D	25
				Tumpuan Kanan	10	D	25	4	D	25
BLB.2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	7	D	25	4	D	25
				Lapangan	3	D	25	3	D	25
				Tumpuan Kanan	7	D	25	4	D	25
BLC.1	6	40	70	Tumpuan Kiri	6	D	25	3	D	25
				Lapangan	3	D	25	2	D	25
				Tumpuan Kanan	6	D	25	3	D	25
BLC.2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	6	D	25	3	D	25
				Lapangan	3	D	25	3	D	25
				Tumpuan Kanan	6	D	25	3	D	25
BLD.1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	11	D	25	4	D	25
				Lapangan	5	D	25	3	D	25
				Tumpuan Kanan	11	D	25	4	D	25

Tabel 4. 69 Rekapitulasi Kontrol Jarak Antar Tulangan Lentur Tarik

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Lokasi	n <sub>pakai</sub> buah	S mm	S <sub>ijin</sub> mm	Lapis
		b (cm)	h (cm)					
BLA.1	6	40	70	Tumpuan Kiri	5	42,25	25	1
				Lapangan	2	244	25	1
				Tumpuan Kanan	5	42,25	25	1
BLA.2	8	50	80	Tumpuan Kiri	9	21,125	25	2
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	9	21,125	25	2
BLB.1	8	50	80	Tumpuan Kiri	10	16	25	2
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	10	16	25	2
BLB.2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	7	36,5	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	7	36,5	25	1
BLC.1	6	40	70	Tumpuan Kiri	6	28,8	25	1
				Lapangan	3	109,5	25	1
				Tumpuan Kanan	6	28,8	25	1
BLC.2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	6	48,8	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	6	48,8	25	1
BLD.1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	11	11,9	25	2
				Lapangan	5	67,25	25	1
				Tumpuan Kanan	11	11,9	25	2

Tabel 4. 70 Rekapitulasi Kontrol Jarak Antar Tulangan Lentur Tekan

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Lokasi	n <sub>pakai</sub> buah	S mm	S <sub>jin</sub> mm	Lapis
		b (cm)	h (cm)					
BLA1	6	40	70	Tumpuan Kiri	3	109,5	25	1
				Lapangan	2	244	25	1
				Tumpuan Kanan	3	109,5	25	1
BLA2	8	50	80	Tumpuan Kiri	5	67,25	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	5	67,25	25	1
BLB1	8	50	80	Tumpuan Kiri	4	98	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	4	98	25	1
BLB2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	4	98	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	4	98	25	1
BLC1	6	40	70	Tumpuan Kiri	3	109,5	25	1
				Lapangan	2	244	25	1
				Tumpuan Kanan	3	109,5	25	1
BLC2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	3	159,5	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	3	159,5	25	1
BLD1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	4	98	25	1
				Lapangan	3	159,5	25	1
				Tumpuan Kanan	4	98	25	1

Berikut ini adalah perhitungan  $d_{actual}$  untuk penampang yang dipasang 2 lapis tulangan, yaitu pada BLA2 tumpuan kiri, BLB1 tumpuan kiri dan kanan :

$$\tilde{y} = d_{actual} = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

Tabel 4. 71 Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik

BLA2 Tumpuan Kiri							
Baris ke-	Jumlah n	D mm	S mm	A mm	S baris mm	y mm	A.y mm <sup>3</sup>
1	7	25	36,5	3436,12	-	734,5	2523827,91
2	2	25	344	981,748	25	684,5	672006,304
Jumlah	9			4417,86		1419	3195834,21
BLB1 Tumpuan Kiri dan Kanan							
Baris ke-	Jumlah n	D mm	S mm	A mm	S baris mm	y mm	A.y mm <sup>3</sup>
1	8	25	27,7	3926,99	-	734,5	2884374,76
2	2	25	344	981,748	25	684,5	672006,304
Jumlah	10			4908,74		1419	3556381,06
BLD1 Tumpuan Kiri dan Kanan							
Baris ke-	Jumlah n	D mm	S mm	A mm	S baris mm	y mm	A.y mm <sup>3</sup>
1	8	25	27,7	3926,99	-	734,5	2884374,76
2	3	25	110	1472,62	25	684,5	1008009,46
Jumlah	11			5399,61		1419	3892384,21

$\tilde{y} = d_{actual} = 723,389 \text{ mm}$

$\tilde{y} = d_{actual} = 724,5 \text{ mm}$

$\tilde{y} = d_{actual} = 720,864 \text{ mm}$



Berikut ini adalah kontrol kondisi penampang terkendali tarik :

Tabel 4. 72 Rekapitulasi Kontrol Asumsi Phi Tulangan Tarik

KODE	Dimensi		Lokasi	d	a	c	$\epsilon_1$	Keterangan
	b (cm)	h (cm)		mm	mm	mm		
BLA1	40	70	Tumpuan Kiri	635	75,7967	99,1732	0,0161937	Asumsi phi benar
			Lapangan		30,3187	39,6693	0,0449842	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		75,7967	99,1732	0,0161937	Asumsi phi benar
BLA2	50	80	Tumpuan Kiri	735	79,7502	104,346	0,0181172	Asumsi phi benar
			Lapangan		36,3824	47,6032	0,0432889	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		84,8923	111,074	0,0168381	Asumsi phi benar
BLB1	50	80	Tumpuan Kiri	735	91,8777	120,214	0,0153298	Asumsi phi benar
			Lapangan		36,3824	47,6032	0,0432889	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		91,8777	120,214	0,0153298	Asumsi phi benar
BLB2	50	80	Tumpuan Kiri	735	84,8923	111,074	0,0168381	Asumsi phi benar
			Lapangan		36,3824	47,6032	0,0432889	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		84,8923	111,074	0,0168381	Asumsi phi benar
BLC1	40	70	Tumpuan Kiri	635	90,956	119,008	0,0129947	Asumsi phi benar
			Lapangan		45,478	59,5039	0,0289895	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		90,956	119,008	0,0129947	Asumsi phi benar
BLC2	50	80	Tumpuan Kiri	735	72,7648	95,2063	0,0201445	Asumsi phi benar
			Lapangan		36,3824	47,6032	0,0432889	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		72,7648	95,2063	0,0201445	Asumsi phi benar
BLD1	50	80	Tumpuan Kiri	735	89,3067	116,85	0,0158575	Asumsi phi benar
			Lapangan		60,6374	79,3386	0,0247734	Asumsi phi benar
			Tumpuan Kanan		89,3067	116,85	0,0158575	Asumsi phi benar

Tabel 4. 73 Rekapitulasi Kontrol Asumsi Phi Tulangan Tekan

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Lokasi	d	a	c	$\epsilon_1$	Keterangan
		b (cm)	h (cm)		mm	mm	mm		
BLA1	6	40	70	Tumpuan Kiri	635	36,946	48,341	0,0363766	Asumsi phi benar
				Lapangan		15,121	19,784	0,093212	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		36,942	48,336	0,0363806	Asumsi phi benar
BLA2	8	50	80	Tumpuan Kiri	735	40,06	52,414	0,03904	Asumsi phi benar
				Lapangan		17,079	22,346	0,0956089	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		40,057	52,411	0,039043	Asumsi phi benar
BLB1	8	50	80	Tumpuan Kiri	735	45,661	59,743	0,0338832	Asumsi phi benar
				Lapangan		17,08	22,347	0,095602	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		45,66	59,742	0,0338833	Asumsi phi benar
BLB2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	39,186	51,271	0,0399775	Asumsi phi benar
				Lapangan		17,543	22,954	0,0929977	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		39,186	51,271	0,0399776	Asumsi phi benar
BLC1	6	40	70	Tumpuan Kiri	635	40,437	52,909	0,0329771	Asumsi phi benar
				Lapangan		15,987	20,918	0,0879974	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		40,437	52,909	0,0329771	Asumsi phi benar
BLC2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	35,895	46,966	0,0439173	Asumsi phi benar
				Lapangan		17,079	22,346	0,0956089	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		35,895	46,966	0,0439171	Asumsi phi benar
BLD1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	44,908	58,758	0,0345011	Asumsi phi benar
				Lapangan		18,566	24,293	0,0877068	Asumsi phi benar
				Tumpuan Kanan		44,908	58,758	0,0345012	Asumsi phi benar

Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan semua jenis balok :

Tabel 4. 74 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol Kekuatan Balok

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Lokasi	d	c <sub>b</sub>	f <sub>c</sub>	Lapis	As.fy	As'.fs'	a	Mn act	Mn	Ket
		b (cm)	h (cm)		mm	mm	mm				mm	Nmm	Nmm	
BLA1	6	40	70	Tumpuan Kiri	635	373,24	494,7	1	1E+06	-	75,797	614997916	600504394	OK
				Lapangan				1	412334	-	30,319	255375234	254744416	OK
				Tumpuan Kanan				1	1E+06	-	75,797	614997916	600447149	OK
BLA2	8	50	80	Tumpuan Kiri	735	432,06	509,04	2	2E+06	499749	79,75	1,276E+09	945844972	OK
				Lapangan				1	618501	-	36,382	443037743	376307474	OK
				Tumpuan Kanan				2	2E+06	-	109,15	1,262E+09	945782422	OK
BLB1	8	50	80	Tumpuan Kiri	735	432,06	509,04	2	2E+06	499749	91,878	1,41E+09	1069393850	OK
				Lapangan				1	618501	-	36,382	443037743	416615453	OK
				Tumpuan Kanan				2	2E+06	499749	91,878	1,41E+09	1069389012	OK
BLB2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	432,06	509,04	1	1E+06	-	84,892	998750748	926376774	OK
				Lapangan				1	618501	-	36,382	443037743	427641456	OK
				Tumpuan Kanan				1	1E+06	-	84,892	998750748	926374046	OK
BLC1	6	40	70	Tumpuan Kiri	635	373,24	494,7	1	1E+06	-	90,956	728621432	653407343	OK
				Lapangan				1	618501	-	45,478	378374817	268965899	OK
				Tumpuan Kanan				1	1E+06	-	90,956	728621432	653405980	OK
BLC2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	432,06	509,04	1	1E+06	-	72,765	863572924	852601069	OK
				Lapangan				1	618501	-	36,382	443037743	390003223	OK
				Tumpuan Kanan				1	1E+06	-	72,765	863572924	852606152	OK
BLD1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	432,06	509,04	2	2E+06	749624	89,307	1,549E+09	1052920600	OK
				Lapangan				1	1E+06	-	60,637	725894815	451939748	OK
				Tumpuan Kanan				2	2E+06	749624	89,307	1,549E+09	1052918564	OK

➤ Kontrol kekuatan dalam menahan momen negatif

$$- \text{Momen ultimate (Mu)} = 540,45 \text{ kNm}$$

$$- \text{Momen nominal (Mn)} = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= \frac{540,45}{0,9}$$

$$= 600,5 \text{ kNm}$$

$$- \text{Cover (ts)} = 40 \text{ mm}$$

$$- \text{Jarak ke as tul,tarik (d1)} = 65,5 \text{ mm}$$

$$- \text{Jarak ke as tul,tekan (d2)} = 65,5 \text{ mm}$$

$$- \text{Tinggi efektif, ductual} =$$

$$- \text{Tul tarik, 5D25 (As1)} = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$- \text{Tul tekan, 3D25 (As2)} = 1472,62 \text{ mm}^2$$

$$- a.X^2 + b.X + c = 0$$

$$a = 0,85.f_c'.b.\beta_1$$

$$= 0,85.40.400.0,7643$$

$$= 10394,28$$

$$b = As_2.600 - As_1.f_y$$

$$= 1472,62.600 - 2454,37.420$$

$$= -147262,15$$

$$c = -As_2.d_2.600$$

$$= -1472,6.65,5.600$$

$$= -57874027$$

- Dengan menggunakan rumus ABC didapat nilai X seperti berikut ini :

$$\begin{aligned}
 X_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(-147262) \pm \sqrt{(-147262)^2 - 4 \cdot 10394 \cdot (-57874027)}}{2 \cdot 10394,28} \\
 &= 82,037 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Mencari nilai  $f_c'$  tulangan terpasang

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(1 - \frac{d_2}{X}\right) \times 600 \\
 &= \left(1 - \frac{65,5}{82,037}\right) \times 600 \\
 &= 120,95 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**$f_s' < f_y$  (420 Mpa) → Tulangan tidak leleh**

- $M_{act} = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2}\right) + A_{s2} \cdot f_c' \cdot (d - d_2)$

$$= 615665556 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 600504394 \text{ Nmm}$$

**$M_{act} > M_n \rightarrow \text{OK}$**

➤ Kontrol kekuatan dalam menahan momen positif

- Momen ultimate ( $M_u$ ) = 229,27 kNm
- Momen nominal ( $M_n$ ) =  $\frac{M_u}{\phi}$   
=  $\frac{229,27}{0,9}$   
= 254,74 kNm
- Cover ( $t_s$ ) = 40 mm
- Jarak ke as tul,tarik ( $d_1$ ) = 65,5 mm
- Jarak ke as tul,tekan ( $d_2$ ) = 65,5 mm
- Tinggi efektif,  $d_{actual}$  =
- Tul tarik, 2D25 ( $A_{s1}$ ) = 981,75 mm<sup>2</sup>
- Tul tekan, 2D25 ( $A_{s2}$ ) = 981,75 mm<sup>2</sup>
- $a \cdot X^2 + b \cdot X + c = 0$   
 $a = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1$   
 $= 0,85 \cdot 40 \cdot 400 \cdot 0,7643$   
 $= 10394,28$

$$\begin{aligned}
 b &= As_2 \cdot 600 - As_1 \cdot f_y \\
 &= 981,75 \cdot 600 - 981,75 \cdot 420 \\
 &= 176714,58 \\
 c &= -As_2 \cdot d_2 \cdot 600 \\
 &= -981,75 \cdot 65,5 \cdot 600 \\
 &= -38582685
 \end{aligned}$$

- Dengan menggunakan rumus ABC didapat nilai X seperti berikut ini :

$$\begin{aligned}
 X_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(176714,58) \pm \sqrt{(176714,58)^2 - 4 \cdot 10394 \cdot (-38582685)}}{2 \cdot 10394,28} \\
 &= 53,015 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Mencari nilai  $f_c'$  tulangan terpasang

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(1 - \frac{d_2}{X}\right) \times 600 \\
 &= \left(1 - \frac{65,5}{53,015}\right) \times 600 \\
 &= 141,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**$f_s' < f_y$  (420 Mpa)  $\rightarrow$  Tulangan tidak leleh**

$$\begin{aligned}
 \text{Mact} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2}\right) + As_2 \cdot f_c' \cdot (d - d_2) \\
 &= 417411123 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = 600504394 \text{ Nmm}$$

**$\text{Mact} > M_n \rightarrow \text{OK}$**

- Kontrol rasio tulangan terpasang

Rasio tulangan terpasang harus tidak boleh kurang dari  $\rho_{\min}$  dan tidak lebih dari  $\rho_{\max}$ .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{terpasang}} &= \frac{As_{\text{terpasang}}}{b \cdot d} \\
 &= \frac{5.025 \cdot \pi \cdot 25^2}{400 \cdot 634,5} \\
 &= 0,00967 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

**$(\rho_{\min} < \rho_{\text{terpasang}} < \rho_{\max}) \rightarrow \text{OK}$**

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol kekuatan dalam menahan momen negatif dan positif pada semua jenis balok :

Tabel 4. 75 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Negatif dan Positif (1)

KODE	Bentang Balok	Dimensi		Lokasi	d mm	d1 mm	d2 mm	As1 mm <sup>2</sup>	As2 mm <sup>2</sup>	0,85.f <sub>c</sub> .b.h <sub>1</sub>	As <sub>2,600</sub> -As <sub>1,fy</sub>	-As <sub>2,42,600</sub>	X1 mm	X2 mm	X mm	fs' N/mm	Keterangan 1
		b	h														
B1A1	6	40	70	Tumpuan Kiri	635	65.5	65.5	2454.4	1472.6	10394,28571	-147262,1556	-57874027.2	82,04	-67,87	82,037	120,95	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	635	65.5	65.5	981,75	1981,75	10394,28571	176714,5868	-38582684.8	53,04	-70,02	53,015	141,3	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	635	65.5	65.5	2454.4	1472.6	10394,28571	-147262,1556	-57874027.2	82,04	-67,87	82,037	120,95	Tulangan tidak leleh
B1A2	8	50	80	Tumpuan Kiri	735	76,61	76,61	4417,9	2454,4	2992,85714	-382881,6047	-96456711,9	102,1	-72,68	102,15	215,26	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	735	65.5	65.5	1472.6	1472.6	2992,85714	265071,8801	-57874027.2	57,31	-77,72	57,315	85,686	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	735	65.5	65.5	3436,1	1963,5	2992,85714	-883572,9338	-77165369,6	87,94	-67,54	87,938	153,09	Tulangan tidak leleh
B1B1	8	50	80	Tumpuan Kiri	735	65.5	65.5	4908,7	1963,5	2992,85714	-883572,9338	-77165369,6	118,2	-50,23	118,24	267,61	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	735	65.5	65.5	1472.6	1472.6	2992,85714	265071,8801	-57874027.2	57,31	-77,72	57,315	85,686	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	735	65.5	65.5	3436,1	1963,5	2992,85714	-883572,9338	-77165369,6	118,2	-50,23	118,24	267,61	Tulangan tidak leleh
B1B2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	65.5	65.5	1472.6	1472.6	2992,85714	265071,8801	-57874027.2	57,31	-77,72	57,315	85,686	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	735	65.5	65.5	1472.6	1472.6	2992,85714	265071,8801	-57874027.2	57,31	-77,72	57,315	85,686	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	735	65.5	65.5	3436,1	1963,5	2992,85714	-883572,9338	-77165369,6	118,2	-50,23	118,24	267,61	Tulangan tidak leleh
B1C1	6	40	70	Tumpuan Kiri	635	65.5	65.5	2945,2	1472,6	10394,28571	-353429,1735	-57874027.2	93,53	-59,53	93,532	179,82	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	635	65.5	65.5	981,75	1981,75	10394,28571	29452,4313	-38582684,8	63,36	-59,53	63,359	30,295	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	635	65.5	65.5	2945,2	1472,6	10394,28571	-353429,1735	-57874027.2	93,53	-59,53	93,532	179,82	Tulangan tidak leleh
B1C2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	65.5	65.5	2945,2	1472,6	2992,85714	-353429,1735	-57874027.2	81,71	-54,51	81,713	119,05	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	735	65.5	65.5	1472,6	1472,6	2992,85714	265071,8801	-57874027.2	57,31	-77,72	57,315	85,686	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	735	65.5	65.5	2945,2	1472,6	2992,85714	-353429,1735	-57874027.2	81,71	-54,51	81,713	119,05	Tulangan tidak leleh
B1D1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	735	65.5	65.5	5399,6	1963,5	2992,85714	-1089739,952	-77165369,6	129,7	-45,8	129,67	296,93	Tulangan tidak leleh
				Lapangan	735	65.5	65.5	2454,4	1472,6	2992,85714	-147262,1556	-57874027.2	72,65	-61,31	72,648	59,033	Tulangan tidak leleh
				Tumpuan Kanan	735	65.5	65.5	5399,6	1963,5	2992,85714	-1089739,952	-77165369,6	129,7	-45,8	129,67	296,93	Tulangan tidak leleh

Tabel 4. 76 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Negatif dan Positif (2)

KODE	Bentang Balok	Dimensi		Lokasi	Mn	Mn act	Ket 2
		b	h		Nmm	Nmm	
BLA1	6	40	70	Tumpuan Kiri	600504394	615665556	OK
				Lapangan	254744416	417411123	OK
				Tumpuan Kanan	600447149	615665556	OK
BLA2	8	50	80	Tumpuan Kiri	945844972	1,276E+09	OK
				Lapangan	376307474	615076307	OK
				Tumpuan Kanan	945782422	1,002E+09	OK
BLB1	8	50	80	Tumpuan Kiri	#####	1,41E+09	OK
				Lapangan	416615453	615076307	OK
				Tumpuan Kanan	#####	1,41E+09	OK
BLB2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	926376774	1,002E+09	OK
				Lapangan	427641456	615076307	OK
				Tumpuan Kanan	926374046	1,002E+09	OK
BLC1	6	40	70	Tumpuan Kiri	653407343	732784335	OK
				Lapangan	268965899	412704567	OK
				Tumpuan Kanan	653405980	732784335	OK
BLC2	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	852601069	863942578	OK
				Lapangan	390003223	615076307	OK
				Tumpuan Kanan	852606152	863942578	OK
BLD1	8,35	50	80	Tumpuan Kiri	#####	1,544E+09	OK
				Lapangan	451939748	507626090	OK
				Tumpuan Kanan	#####	1,12E+09	OK

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol rasio tulangan terpasang pada semua jenis balok :

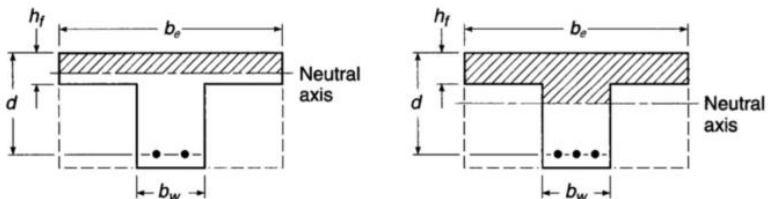
Tabel 4. 77 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Tarik Terpasang

KODE	Bentang Balok	Dimensi		d	Lokasi	As	$\rho_{\text{pasang}}$	Ket
		b	h			mm <sup>2</sup>		
BLA1	6	40	70	634,5	Tumpuan Kiri	2454,4	0,0096705	OK
					Lapangan	981,75	0,0038682	OK
					Tumpuan Kanan	2454,4	0,0096705	OK
BLA2	8	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	4417,9	0,0120296	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	3436,1	0,0093563	OK
BLB1	8	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	4908,7	0,0133662	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	4908,7	0,0133662	OK
BLB2	8,35	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	3436,1	0,0093563	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	3436,1	0,0093563	OK
BLC1	6	40	70	634,5	Tumpuan Kiri	2945,2	0,0116046	OK
					Lapangan	1472,6	0,0058023	OK
					Tumpuan Kanan	2945,2	0,0116046	OK
BLC2	8,35	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	2945,2	0,0080197	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	2945,2	0,0080197	OK
BLD1	8,35	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	5399,6	0,0147028	OK
					Lapangan	2454,4	0,0066831	OK
					Tumpuan Kanan	5399,6	0,0147028	OK

Tabel 4. 78 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Tekan Terpasang

KODE	Bentang Balok	Dimensi		d mm	Lokasi	As mm <sup>2</sup>	$\rho_{pasang}$	Ket
		b	h					
BLA1	6	40	70	634,5	Tumpuan Kiri	1472,6	0,0058023	OK
					Lapangan	981,75	0,0038682	OK
					Tumpuan Kanan	1472,6	0,0058023	OK
BLA2	8	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	2454,4	0,0066831	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	1963,5	0,0053465	OK
BLB1	8	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	1963,5	0,0053465	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	1963,5	0,0053465	OK
BLB2	8,35	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	1963,5	0,0053465	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	1963,5	0,0053465	OK
BLC1	6	40	70	634,5	Tumpuan Kiri	1472,6	0,0058023	OK
					Lapangan	981,75	0,0038682	OK
					Tumpuan Kanan	1472,6	0,0058023	OK
BLC2	8,35	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	1472,6	0,0040099	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	1472,6	0,0040099	OK
BLD1	8,35	50	80	734,5	Tumpuan Kiri	1963,5	0,0053465	OK
					Lapangan	1472,6	0,0040099	OK
					Tumpuan Kanan	1963,5	0,0053465	OK

➤ Kontrol balok T



Gambar 4. 41 Letak Sumbu Neutral Balok T

- Mencari lebar be
  - $be = \frac{1}{4} \cdot Lb$
  - $= \frac{1}{4} \cdot 6000$
  - $= 1500 \text{ mm}$
  - $be = bw + (8 \cdot hf)$
  - $= 400 + (8 \cdot 120)$
  - $= 1360 \text{ mm (menentukan)}$
  - $be = \frac{1}{2} \cdot (Lb - bw)$
  - $= \frac{1}{2} \cdot (6000 - 400)$

$$= 2800 \text{ mm}$$

- Menentukan kategori balok T

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot be}$$

$$= \frac{979,26.420}{0,85.40.1360}$$

$$= 8,894$$

$$c = \frac{a}{\beta 1}$$

$$= \frac{8,894}{0,764}$$

$$= 11,64 \text{ mm}$$

**c = 11,64 mm < hf = 120 mm → termasuk balok T palsu, sehingga perhitungan dilakukan dengan balok persegi.**

Tabel 4. 79 Rekapitulasi Kontrol Balok T

KODE	Bentang Balok	Dimensi		hf cm	be			be pakai mm	As mm <sup>2</sup>	a mm	c mm	Kontrol
		b	h		1/4Lb	b+(8t)	0,5.(Lb-b)					
BLA1	6	40	70	12	1500	1360	2800	1360	979,262	8,895	11,638	balok T palsu
BLA2	8	50	80	12	2000	1460	3750	1460	1382,555	11,698	15,305	balok T palsu
BLB1	8	50	80	12	2000	1460	3750	1460	1382,651	11,698	15,306	balok T palsu
BLB2	8.35	50	80	12	2087,5	1460	3925	1460	1420,161	12,016	15,722	balok T palsu
BLC1	6	40	70	12	1500	1360	2800	1360	1035,379	9,404	12,305	balok T palsu
BLC2	8.35	50	80	12	2087,5	1460	3925	1460	1382,555	11,698	15,305	balok T palsu
BLD1	8.35	50	80	12	2087,5	1460	3925	1460	1502,998	12,717	16,639	balok T palsu

#### 4.4.2.2 Penulangan Torsi Balok

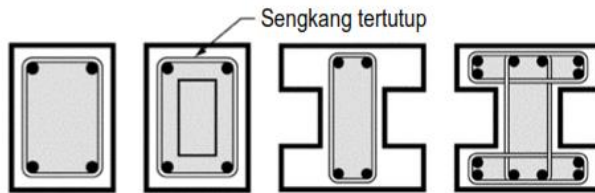
Berikut ini adalah perhitungan perencanaan tulangan torsi pada gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan contoh perhitungan pada balok BLA1 40/70 bentang 6 m :

Berdasarkan analisa gaya sebelumnya didapatkan gaya torsi/puntir,  $T_u$ , dan gaya geser,  $V_u$ , pada balok BLA1 adalah sebagai berikut :



- $T_u = 19908972 \text{ Nmm}$
- $V_u = 231994,2 \text{ N}$

### A. Perhitungan Luasan Penampang



$A_{oh}$  = luas terarsir

Gambar 4. 42 Ilustrasi Luasan Aoh

- Luas bruto penampang beton
 
$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 700 \\ &= 280000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- Keliling luar penampang beton
 
$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400 + 700) \\ &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$
- Luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 
$$\begin{aligned} b_h &= b - 2 \cdot \text{cover} - D_{\text{sengkang}} \\ &= 400 - 2 \cdot 20 - 13 \\ &= 307 \text{ mm} \\ h_h &= h - 2 \cdot \text{cover} - D_{\text{sengkang}} \\ &= 700 - 2 \cdot 20 - 13 \\ &= 607 \text{ mm} \\ A_{oh} &= b_h \times h_h \\ &= 307 \times 607 \\ &= 186349 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 
$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times (b_h + h_h) \\
 &= 2 \times (307 + 607) \\
 &= 914 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### B. Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2014 pasal 11.5.1, dimana pengaruh torsi boleh diabaikan apabila momen torsi terfaktor,  $T_u$ , bernilai kurang dari persamaan berikut ini :

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$A_{cp}$  = Luas penampang total

$P_{cp}$  = Keliling penampang total

$\lambda$  = 1 (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$\phi$  = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)  
(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$19908972 < 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left( \frac{280000^2}{2200} \right)$$

$$19908972 \text{ Nmm} < 14030164 \text{ Nmm} \rightarrow \text{(Butuh Tulangan Torsi)}$$

### C. Cek Penampang Balok

Untuk penampang solid berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1 (a), dimana dimensi penampang harus memenuhi persamaan berikut ini :

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2} \right)^2} \leq \phi \cdot \left( \frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5 \\ &= 272879,26 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} - \sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} &= \sqrt{\left(\frac{231994,2}{400 \cdot 634,5}\right)^2 + \left(\frac{19908972 \cdot 914}{1,7 \cdot 186349^2}\right)^2} \\ &= 0,94655618 \\ - \phi \cdot \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'}\right) &= 0,75 \cdot \left(\frac{272879,26}{400 \cdot 634,5} + 0,66 \sqrt{40}\right) \\ &= 3,937035687 \\ - \sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} &\leq \phi \cdot \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'}\right) \\ 0,94655618 &\leq 3,937035687 \rightarrow \text{Penampang} \\ &\text{Memenuhi} \end{aligned}$$

#### D. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6, pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai  $A_o$  dapat diambil dengan nilai  $0,85 A_o$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$ .

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

$$\begin{aligned} \phi \cdot \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cdot \cot \theta &= T_u \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{19908972}{0,75 \cdot 2 \cdot 186349 \cdot 420 \cdot \cot 45} \\ &= 0,3231 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

#### E. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} \cdot P_{oh} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta \\ &= 0,3231 \cdot 914 \cdot \left(\frac{420}{420}\right) \cdot \cot^2 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 295,368 \text{ mm}^2 \\
 A_{l\min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \cdot P_{oh} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \\
 &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{40} \cdot 280000}{420} - (0,3231) \cdot 914 \cdot \left(\frac{420}{420}\right) \\
 &= 1433,344 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, yaitu 25% didistribusikan ke kiri, 25% ke kanan, 25% ke atas dan 25% ke bawah pada penampang balok. Sehingga luasan tulangan longitudinal untuk ke kiri dan ke kanan penampang balok adalah sebesar 50%  $A_l = 50\% \cdot 1433,344 = 716,67 \text{ mm}^2$ . Sehingga didapatkan n tulangan perlu sebesar :

$$n = \frac{716,67}{491} = 1,46 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}$$

Tulangan dipasang di sisi kanan dan kiri masing-masing sebanyak 1 buah tulangan sepanjang bentang balok.

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol kebutuhan tulangan torsi pada semua jenis balok :

Tabel 4. 80 Rekapitulasi Cek Kebutuhan Tulangan Torsi

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Tu	$\phi \cdot T_n$	Keterangan
		b (cm)	h (cm)	Nmm	Nmm	
BLA1	6	40	70	19908972	14030164	Butuh tul.torsi
BLA2	8	50	80	49798924	24227912	Butuh tul.torsi
BLB1	8	50	80	92676864	24227912	Butuh tul.torsi
BLB2	8,35	50	80	75017865	24227912	Butuh tul.torsi
BLC1	6	40	70	19159847	14030164	Butuh tul.torsi
BLC2	8,35	50	80	74808347	24227912	Butuh tul.torsi
BLD1	8,35	50	80	90701404	24227912	Butuh tul.torsi

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol penampang pada semua jenis balok :

Tabel 4. 81 Rekapitulasi Kontrol Penampang terhadap Torsi

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u + 2P_u}{1,75 b_w d}\right)^2}$	Vc		Keterangan
		b (cm)	h (cm)		N	$\phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$	
BLA1	6	40	70	0,964655618	272879,26	3,937035687	Penampang memenuhi
BLA2	8	50	80	0,872485203	394857,8	3,937035687	Penampang memenuhi
BLB1	8	50	80	1,197881151	394857,8	3,937035687	Penampang memenuhi
BLB2	8,35	50	80	0,935756412	394857,8	3,937035687	Penampang memenuhi
BLC1	6	40	70	1,007103835	272879,26	3,937035687	Penampang memenuhi
BLC2	8,35	50	80	0,895072743	394857,8	3,937035687	Penampang memenuhi
BLD1	8,35	50	80	1,164498923	394857,8	3,937035687	Penampang memenuhi

Berikut ini adalah rekapitulasi jumlah kebutuhan tulangan torsi pada semua jenis balok :

Tabel 4. 82 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Tulangan Torsi

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Al	Al min	0,5.Al	n	D <sub>pasang</sub>
		b (cm)	h (cm)	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	buah	buah
BLA1	6	40	70	295,368	1433,344	716,67197	1,46	2
BLA2	8	50	80	583,158	1886,430	943,21489	1,9215	2
BLB1	8	50	80	1085,270	1384,318	692,15893	1,4101	2
BLB2	8,35	50	80	878,479	1591,109	795,55468	1,6207	2
BLC1	6	40	70	284,254	1444,458	722,22894	1,4713	2
BLC2	8,35	50	80	876,025	1593,563	796,78144	1,6232	2
BLD1	8,35	50	80	1062,137	1407,451	703,7255	1,4336	2

### 4.4.2.3 Penulangan Geser Balok

#### A. Penulangan Geser Tumpuan

Tulangan geser tumpuan direncanakan berada sepanjang 2.h dari muka kolom. Berikut adalah contoh perhitungan penulangan geser balok induk BI.A1 40/70 bentang 6 m :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) \\
 V_u &= 231994,2 \text{ N} \\
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5 \\
 &= 267529 \text{ N} \\
 &= 26752,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) \\
 231994,2 &< 0,75 \left( 267529 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5 \right) \\
 231994,2 &< 1003233 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}
 \end{aligned}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

- i.  $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$   
 (Tidak perlu tulangan geser)  
 $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$   
 $231994,2 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 267529$   
 $231994,2 \leq 100323,3 \text{ N} \rightarrow$  tidak memenuhi
- ii.  $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$   
 (Dipakai tulangan geser minimum)  
 $100323,3 \leq 231994,2 \leq 0,75 \cdot 267529$   
 $100323,3 \leq 231994,2 \leq 200646,52 \text{ N} \rightarrow$  tidak memenuhi
- iii.  $\phi \cdot V_c < V_u < \phi \cdot (V_c + V_s)$   
 (Perlu tulangan geser)  
 $V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5$   
 $= 535057,38 \text{ N}$   
 $= 53505,738 \text{ kg}$

$$\emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset (V_c + V_s)$$

$$200646,52 < 231994,2 < 601939,55 \text{ N} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Direncanakan sengkang dengan 2 kaki. Sehingga dibutuhkan tulangan geser sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{535057,38}{420.634,5} \\ &= 2,0078 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Direncanakan kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi :

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} &= 2,0078 + 0,3232 \\ &= 2,33 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} S &= \frac{2,0,25 \cdot \pi \cdot 13^2}{2,33} \\ &= 113,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi diperlukan tulangan geser karena memenuhi kriteria iii. Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$\begin{aligned} d/2 &= 634,5/2 \\ &= 317,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan **D13-110**

## B. Penulangan Geser Lapangan

Tulangan geser lapangan direncanakan berada diluar sendi plastis (2.h dari muka kolom). Berikut adalah contoh perhitungan penulangan geser balok induk B1.A1 40/70 bentang 6 m :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) \\ V_u &= 193292,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5 \\
 &= 267529 \text{ N} \\
 &= 26752,9 \text{ kg} \\
 V_u &< \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \right) \\
 193292,8 &< 0,75 \left( 267529 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5 \right) \\
 193292,8 &< 1003233 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}
 \end{aligned}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

- i.  $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$   
 (Tidak perlu tulangan geser)  
 $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$   
 $193292,8 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 267529$   
 $193292,8 \leq 100323,3 \text{ N} \rightarrow$  tidak memenuhi
- ii.  $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$   
 (Dipakai tulangan geser minimum)  
 $100323,3 \leq 193292,8 \leq 0,75 \cdot 267529$   
 $100323,3 \leq 193292,8 \leq 200646,52 \text{ N} \rightarrow$  **memenuhi**  
**(digunakan tulangan geser minimum)**
- iii.  $\phi \cdot V_c < V_u < \phi \cdot (V_c + V_s)$   
 (Perlu tulangan geser)  
 $V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 634,5$   
 $= 535057,38 \text{ N}$   
 $= 53505,738 \text{ kg}$   
 $\phi \cdot V_c < V_u < \phi \cdot (V_c + V_s)$   
 $200646,52 < 193292,8 < 601939,55 \text{ N} \rightarrow$  tidak memenuhi

Direncanakan kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} &= 0 + 0,3232 \\
 &= 0,3232 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$



Sehingga :

$$S = \frac{2,0,25 \cdot \pi \cdot 13^2}{0,3232} = 821,47 \text{ mm}$$

Jadi diperlukan tulangan geser karena memenuhi kriteria ii. Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$d2 = 634,5/2 = 317,5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan **D13-300**

Berikut ini adalah rekapitulasi kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi pada semua jenis balok :

Tabel 4. 83 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Balok pada Tumpuan

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		d mm	Tumpuan	Au/S	Av/S	S	Smax I	Kontrol S	S Pakai
		b (cm)	h (cm)			mm <sup>2</sup> /mm	mm <sup>2</sup> /mm	mm	mm	mm	mm
BLA1	6	40	70	634,5		0,3231596	2,0077953	113,89	317,25	113,89	110
BLA2	8	50	80	734,5		0,5234816	0	507,11	367,25	367,25	300
BLB1	8	50	80	734,5		0,9742104	2,5097442	76,20	367,25	76,20	90
BLB2	8,35	50	80	734,5		0,7885807	0	336,64	367,25	336,64	300
BLC1	6	40	70	634,5		0,3109999	2,0077953	114,48	317,25	114,48	110
BLC2	8,35	50	80	734,5		0,7863783	0	337,58	367,25	337,58	300
BLD1	8,35	50	80	734,5		0,9534446	2,5097442	76,65	367,25	76,65	90

Tabel 4. 84 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Geser Balok pada Lapangan

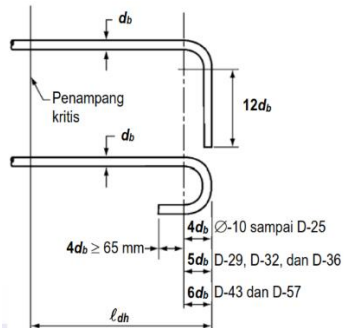
KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		d mm	Lapangan	At/S	Av/S	S	Smax 1	Kontrol S	S Pakai
		b (cm)	h (cm)			mm2/mm	mm2/mm	mm	mm	mm	mm
BLA1	6	40	70	634,5		0,3231596	0	821,47	317,25	317,25	300
BLA2	8	50	80	734,5		0,5234816	0	507,11	367,25	367,25	300
BLB1	8	50	80	734,5		0,9742104	2,5097442	76,20	367,25	76,20	90
BLB2	8,35	50	80	734,5		0,7885807	0	336,64	367,25	336,64	300
BLC1	6	40	70	634,5		0,3109999	2,0077953	114,48	317,25	114,48	110
BLC2	8,35	50	80	734,5		0,7863783	0	337,58	367,25	337,58	300
BLD1	8,35	50	80	734,5		0,9534446	2,5097442	76,65	367,25	76,65	90

#### 4.4.2.4 Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait setandar 90°,  $L_{dh}$ , harus tidak boleh kurang dari :

- $L_{dh} > 8.D_b = 8.25 = 200$  mm
- $L_{dh} > 150$  mm
- $L_{dh} = \frac{0,24.f_y.D_b}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0,24.420.25}{\sqrt{40}} = 398,44$  mm

Sehingga digunakan panjang  $L_{dh} = 400$  mm masuk ke dalam kolom dan  $12.D_b = 12.25 = 300$  mm sebagai panjang kait dengan sudut pem bengkokan sebesar 90°. Berikut adalah ilustrasi detail tulangan penyaluran tulangan balok sesuai SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 :



Gambar 4. 43 Ilustrasi Penyaluran Tulangan

#### 4.4.3 Perencanaan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang berfungsi untuk memikul beban aksial tekan. Dimana kolom memikul beban yang berasal dari struktur sekunder maupun balok induk dan berfungsi menyalurkan beban tersebut ke pondasi. Dalam perencanaan Tugas Akhir ini, direncanakan tinggi tiap lantai 3,2 m dengan dimensi penampang kolom seperti pada Tabel 4.86 berikut:

Tabel 4. 85 Rekapitulasi Dimensi Awal Perencanaan Kolom

Kode	Lantai	Tinggi Lantai	Dimensi A		Dimensi B	
		cm	b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)
K8	42-38	320	60	60	75	50
K7	37-33	320	80	80	100	60
K6	32-28	320	100	100	120	75
K5	27-23	320	110	110	140	90
K4	22-18	320	120	120	160	90
K3	17-13	320	130	130	170	100
K2	12-7	320	140	140	190	105
K1	6-1	320	150	150	200	115
Pedestal	R.P	320	150	150	200	150

Dalam subbab berikutnya akan dijabarkan contoh perhitungan perencanaan kolom K8 60/60 pada lantai 42-38.

##### 4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom K8

Berikut adalah data perencanaan kolom K8 :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Tinggi kolom (L) = 3,2 m
- Dimensi kolom = 600 x 600 mm
- Diameter tulangan lentur = 32 mm
- Luas penampang tul. lentur = 804,24 mm<sup>2</sup>
- Diameter tulangan geser = 13 mm
- Luas penampang tul.geser = 133 mm<sup>2</sup>
- Tebal selimut (cover) = 40 mm

Berikut adalah hasil analisa SAP2000 berupa gaya aksial dan momen yang terjadi dari kombinasi ENVELOPE :

Tabel 4. 86 Hasil Analisa SAP2000 Kolom Tipe A

Kode	Tinggi Lantai	Dimensi A		Lokasi	P	M2	M3	V	T
	cm	b (cm)	h (cm)		kg	kg.cm	kg.cm	kg	kg.cm
K8	320	60	60	Bawah	-311695,6	1766954	-3088173	-19505,92	4333,62
				Atas	-308377,84	-2151737	3379238,8		
K7	320	80	80	Bawah	-629884,67	2292380,7	-4466846	-28841,87	4675,49
				Atas	-623986,43	-2603438	5039923,7		
K6	320	100	100	Bawah	-957717,09	-3159289	-5142149	-33853,32	4555,79
				Atas	-948501,09	-3548716	5959770,6		
K5	320	110	110	Bawah	-1297157,3	-4070404	-5552802	-36983,16	4046,88
				Atas	-1286006	-4386363	6455547,1		
K4	320	120	120	Bawah	-1657059,8	-5050521	-5932142	-39977,79	1983,03
				Atas	-1643788,7	-5338501	7052107,1		
K3	320	130	130	Bawah	-2022102,9	6129997	7546715,5	42558,14	1952,61
				Atas	-2037677,9	-4967303	-6260452		
K2	320	140	140	Bawah	-2523808,8	-6728802	-6723847	-44399,68	2118,67
				Atas	-2505745,4	-6741549	7778811,8		
K1	320	150	150	Bawah	-2935460,9	-6814373	7664233,5	47635,99	15361,64
				Atas	-2956196,9	-9544589	-9415906		
Ped A	320	150	150	Bawah	-3044538,9	10493048	-11451545	47922,4	13181,3
				Atas	-3023802,9	3715309,3	-4085788		

Tabel 4. 87 Hasil Analisa SAP2000 Kolom Tipe B

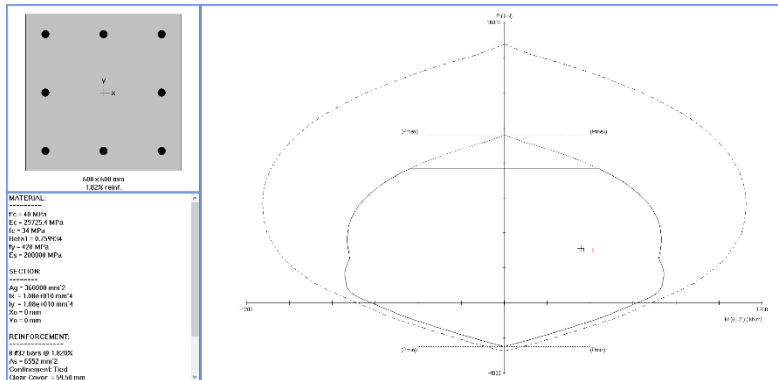
Kode	Tinggi Lantai	Dimensi B		Lokasi	P	M2	M3	V	T
	cm	b (cm)	h (cm)		kg	kg.cm	kg.cm	kg	kg.cm
K8	320	75	40	Bawah	-299640,78	3531799,1	-4223528	-23688,97	947,16
				Atas	-303096,78	-4245566	-3655690		
K7	320	100	60	Bawah	-603626,28	4023614,9	5442435,3	31144,53	-1323,54
				Atas	-609155,88	-4483483	-4815474		
K6	320	120	75	Bawah	-922839,89	4477025,8	6213686,4	35509,69	2910,38
				Atas	-931134,29	-5107839	-5347005		
K5	320	140	90	Bawah	-1266612,6	5399502,2	7200485	39639,92	3694,34
				Atas	-1278224,8	-5470531	-5725386		
K4	320	160	90	Bawah	-1631426,1	5983386,5	7991376,6	43115,69	1598,67
				Atas	-1644697,1	-5564875	6308101,2		
K3	320	170	100	Bawah	-2021607,9	6635151,1	8592984,1	45632,76	1705,94
				Atas	-2037275,1	-5859991	7231964,3		
K2	320	190	105	Bawah	-2527630,8	7042356,9	8901638,6	48431,49	2004,4
				Atas	-2546016,7	-6412302	7738735,2		
K1	320	200	115	Bawah	-2983165,8	7366919,7	10419916	51642,31	11851,01
				Atas	-3004362,6	8736430,2	-11081374		
Ped B	320	200	150	Bawah	-3105183,9	10717961	-12051080	-46718,31	20047,22
				Atas	-3077535,9	4043189,6	-3563457		

#### 4.4.3.2 Kontrol Dimensi Kolom

Untuk perencanaan kolom dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) diatur pada SNI 2847:2013 pasal 21.2.3 bahwa kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan 5 kali dimensi  $c_1$  harus didesain untuk geser sesuai dengan pasal 21.3.3.2.

#### 4.4.3.3 Tulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, dengan menggunakan *software* bantu SPColumn dilakukan perhitungan penulangan longitudinal kolom. Sehingga didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom seperti berikut ini:



Gambar 4. 44 Diagram Interaksi Aksial dan Momen pada spColumn

Dari diagram interaksi diatas didapatkan nilai  $\phi M_n$  adalah sebagai berikut :

$$\phi \cdot M_n = 387,46 \text{ kNm} > M_u = 215,17 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol  $\phi M_n$  dari semua jenis kolom :

Tabel 4. 88 Rekapitulasi Kontrol  $\phi M_n$  Kolom Tipe A

Kode	Dimensi A		Tulangan			$\phi M_n$	$M_u$	Kontrol
	b (cm)	h (cm)				kNm	kNm	$\phi M_n > M_u$
K8	60	60	8	D	32	387,46	215,17	OK
K7	80	80	8	D	32	732,93	260,34	OK
K6	100	100	16	D	32	1698,59	354,87	OK
K5	110	110	16	D	32	2471,23	438,64	OK
K4	120	120	20	D	32	3522,14	533,85	OK
K3	130	130	24	D	32	4378,97	613,00	OK
K2	140	140	28	D	32	6050,85	674,15	OK
K1	150	150	32	D	32	7465,34	954,46	OK
Ped A	150	150	32	D	32	7034,73	1049,30	OK

Tabel 4. 89 Rekapitulasi Kontrol  $\emptyset M_n$  Kolom Tipe B

Kode	Dimensi B		Tulangan			$\emptyset M_n$	Mu	Kontrol
	b (cm)	h (cm)				kNm	kNm	$\emptyset M_n > Mu$
K8	75	50	6	D	32	515,22	424,56	OK
K7	100	60	10	D	32	969,07	448,35	OK
K6	120	75	12	D	32	1765,74	510,78	OK
K5	140	90	16	D	32	2929,17	547,05	OK
K4	160	90	18	D	32	3401,87	598,34	OK
K3	170	100	22	D	32	4271,5	663,52	OK
K2	190	105	26	D	32	5387,22	704,24	OK
K1	200	115	30	D	32	6569,42	873,64	OK
Ped B	200	150	38	D	32	11952,61	1071,80	OK

- Kontrol spasi tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm. Berikut adalah kontrol spasi K8 60/60 direncanakan sebagai berikut :

$$S \geq 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b_w - 2.D_{sengkan} - 2.cover - n.D_{lentur}}{n-1} \\
 &= \frac{600 - 3.16 - 2.40 - 3.32}{3-1} \\
 &= \mathbf{196 \text{ mm}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Berikut pada Tabel 4.91 dan Tabel 4.92 adalah rekapitulasi kontrol spasi tulangan longitudinal kolom semua jenis :

Tabel 4. 90 Rekapitulasi Kontrol Spasi Tulangan Longitudinal  
Kolom Jenis A

Kode	Dimensi A		Tulangan			S	Sijin	Kontrol
	b (cm)	h (cm)				mm	mm	
K8	60	60	8	D	32	196,00	25	OK
						196,00	25	
K7	80	80	8	D	32	296,00	25	OK
						296,00	25	
K6	100	100	16	D	32	182,00	25	OK
						182,00	25	
K5	110	110	16	D	32	207,00	25	OK
						207,00	25	
K4	120	120	20	D	32	179,20	25	OK
						179,20	25	
K3	130	130	24	D	32	160,67	25	OK
						160,67	25	
K2	140	140	28	D	32	147,43	25	OK
						147,43	25	
K1	150	150	32	D	32	137,50	25	OK
						137,50	25	
Ped A	150	150	32	D	32	137,50	25	OK
						137,50	25	

Tabel 4. 91 Rekapitulasi Kontrol Spasi Tulangan Longitudinal  
Kolom Jenis B

Kode	Dimensi B		Tulangan			S	Sijin	Kontrol
	b (cm)	h (cm)				mm	mm	
K8	75	50	6	D	32	271,00	25	OK
						324,00	25	
K7	100	60	10	D	32	253,33	25	OK
						196,00	25	
K6	120	75	12	D	32	232,00	25	OK
						271,00	25	
K5	140	90	16	D	32	219,20	25	OK
						220,00	25	
K4	160	90	18	D	32	210,67	25	OK
						220,00	25	
K3	170	100	22	D	32	190,29	25	OK
						182,00	25	
K2	190	105	26	D	32	187,50	25	OK
						149,20	25	
K1	200	115	30	D	32	153,60	25	OK
						169,20	25	
Ped B	200	150	38	D	32	122,67	25	OK
						161,71	25	



#### 4.4.3.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 bahwa luas tulangan longitudinal,  $A_{st}$ , untuk komponen struktur tekan tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  dan lebih dari  $0,08 A_g$ . Dan minimum dipasang 4 tulangan longitudinal pada komponen tekan di dalam sengkang pengikat segiempat.

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= n.A_s \\
 &= 8.804,24 \text{ mm}^2 \\
 &= 6433,98 \text{ mm}^2 \\
 0,01 A_g &= 0,01.600.600 \\
 &= 3600 \text{ mm}^2 \\
 0,08 A_g &= 0,08.600.600 \\
 &= 28800 \text{ mm}^2 \\
 0,01 A_g &< A_{st} < 0,08 A_g \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol rasio tulangan longitudinal dari semua jenis kolom :

Tabel 4. 92 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom Tipe A

Kode	Dimensi A		Tulangan			Ag.tul	0,01.Ag	0,08.Ag	Kontrol
	b (cm)	h (cm)				mm2	mm2	mm2	1% < ρ < 8%
K8	60	60	8	D	32	6433,98	3600,00	28800,00	OK
K7	80	80	8	D	32	6433,98	6400,00	51200,00	OK
K6	100	100	16	D	32	12867,96	10000,00	80000,00	OK
K5	110	110	16	D	32	12867,96	12100,00	96800,00	OK
K4	120	120	20	D	32	16084,95	14400,00	115200,00	OK
K3	130	130	24	D	32	19301,95	16900,00	135200,00	OK
K2	140	140	28	D	32	22518,94	19600,00	156800,00	OK
K1	150	150	32	D	32	25735,93	22500,00	180000,00	OK
Ped A	150	150	32	D	32	25735,93	22500,00	180000,00	OK

Tabel 4. 93 Rekapitulasi Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom Tipe B

Kode	Dimensi B		Tulangan			Ag.tul	0,01.Ag	0,08.Ag	Kontrol
	b (cm)	h (cm)				mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	1% < ρ < 8%
K8	75	50	6	D	32	4825,49	3750,00	30000,00	OK
K7	100	60	10	D	32	8042,48	6000,00	48000,00	OK
K6	120	75	12	D	32	9650,97	9000,00	72000,00	OK
K5	140	90	16	D	32	12867,96	12600,00	100800,00	OK
K4	160	90	18	D	32	14476,46	14400,00	115200,00	OK
K3	170	100	22	D	32	17693,45	17000,00	136000,00	OK
K2	190	105	26	D	32	20910,44	19950,00	159600,00	OK
K1	200	115	30	D	32	24127,43	23000,00	184000,00	OK
Ped B	200	150	38	D	32	30561,41	30000,00	240000,00	OK

#### 4.4.3.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.2 bahwa kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur. Berikut adalah perumusan kapasitas beban aksial kolom :

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st})$$

Dimana :

$$\phi = 0,65$$

$$A_g = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 8.804,24 = 6433,98 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot (0,85 \cdot 40 \cdot (360000 - 6433,98) + 420 \cdot 6433,98) \\ &= 7656228,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u = 3116956 \text{ N}$$

Sehingga

$$\emptyset P_n > P_u \rightarrow \text{OK}$$

Berikut adalah rekapitulasi kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor pada semua jenis kolom :

Tabel 4. 94 Rekapitulasi Kontrol Kapasitas Beban Aksial Terfaktor pada Kolom Tipe A

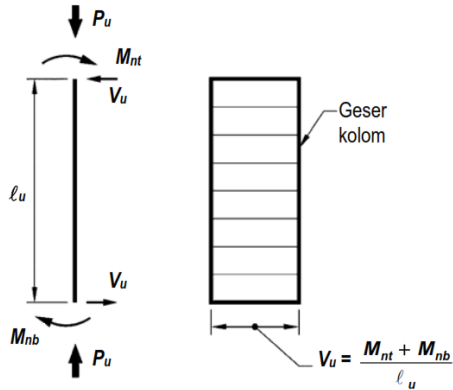
Kode	Dimensi A		Ag	Ast	Pu	$\emptyset P_n$	Kontrol
	b (cm)	h (cm)	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	N	N	
K8	60	60	360000	6433,98	3116956	7656229	OK
K7	80	80	640000	6433,98	6298846,7	12606629	OK
K6	100	100	1000000	12868	9577170,9	20262858	OK
K5	110	110	1210000	12868	12971573	23975658	OK
K4	120	120	1440000	16085	16570598	28687772	OK
K3	130	130	1690000	19301,9	20221029	33753486	OK
K2	140	140	1960000	22518,9	25238088	39172801	OK
K1	150	150	2250000	25735,9	29354609	44945715	OK
Ped A	150	150	2250000	25735,9	30445389	44945715	OK

Tabel 4. 95 Rekapitulasi Kontrol Kapasitas Beban Aksial Terfaktor pada Kolom Tipe B

Kode	Dimensi B		Ag	Ast	Pu	$\emptyset P_n$	Kontrol
	b (cm)	h (cm)	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	N	N	
K8	75	50	375000	4825,49	2996407,8	7598572	OK
K7	100	60	600000	8042,48	6036262,8	12222286	OK
K6	120	75	900000	9650,97	9228398,9	17849143	OK
K5	140	90	1260000	12868	12666126	24859658	OK
K4	160	90	1440000	14476,5	16314261	28364915	OK
K3	170	100	1700000	17693,4	20216079	33607429	OK
K2	190	105	1995000	20910,4	25276308	39468744	OK
K1	200	115	2300000	24127,4	29831658	45506858	OK
Ped B	200	150	3000000	30561,4	31051839	59174287	OK

#### 4.4.3.6 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2 (a), gaya geser kolom yang menahan pengaruh gempa tidak boleh kurang dari geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang. Gaya geser rencana dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 4. 45 Perumusan Gaya Geser Kolom (SNI 2847:2013)

$$\begin{aligned}
 L_n &= 2400 \text{ mm} \\
 M_{nt} &= 555,49 \text{ kNm} \\
 M_{nb} &= 596,09 \text{ kNm} \\
 V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_n} \\
 &= \frac{555,49 + 596,09}{2,4} \\
 &= 479,82 \text{ kN} \\
 V_{uSAP} &= 195,06 \text{ kN} \\
 V_u > V_{uSAP} &\rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi kontrol gaya tekan terhadap gaya geser rencana pada semua jenis kolom :

Tabel 4. 96 Rekapitulasi Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana Kolom Tipe A

Kode	Dimensi A		Vu	Vu <sub>SAP</sub>	Kontrol
	b (cm)	h (cm)	kN	kN	Vu > Vu <sub>SAP</sub>
K8	60	60	359,87	195,0592	OK
K7	80	80	703,293	288,4187	OK
K6	100	100	1615,68	338,5332	OK
K5	110	110	2318,86	369,8316	OK
K4	120	120	3280,75	399,7779	OK
K3	130	130	4181,37	425,5814	OK
K2	140	140	5613,36	443,9968	OK
K1	150	150	6950,5	476,3599	OK
Ped A	150	150	6757,31	479,224	OK

Tabel 4. 97 Rekapitulasi Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana Kolom Tipe B

Kode	Dimensi B		Vu	Vu <sub>SAP</sub>	Kontrol
	b (cm)	h (cm)	kN	kN	Vu > Vu <sub>SAP</sub>
K8	75	50	303,553	236,8897	OK
K7	100	60	580,372	311,4453	OK
K6	120	75	1046,76	355,0969	OK
K5	140	90	1748,6	396,3992	OK
K4	160	90	2063,08	431,1569	OK
K3	170	100	2647,06	456,3276	OK
K2	190	105	3340,78	484,3149	OK
K1	200	115	4022,74	516,4231	OK
Ped B	200	150	7106,65	467,1831	OK

#### 4.4.3.7 Tulangan Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.10.5.2, semua tulangan komponen struktur tekan harus dilingkupi tulangan transversal dengan spasi tidak boleh melebihi syarat sebagai berikut :

- 16.Db = 16 x 32 = 512 mm
- 48.Ds = 48 x 16 = 768 mm

- Ukuran terkecil komponen struktur tekan (c1)

Perhitungan tulangan geser kolom dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, diperoleh dari nilai terbesar dari  $A_{sh1}$  dan  $A_{sh2}$  sebagai berikut :

- $$Ash1 = 0,3 \cdot \frac{S \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \cdot \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} b_c &= 600 - 2 \cdot (40 + 13/2) \\ &= 507 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= 507 \times 507 \\ &= 270400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{Ash1}{S} = 0,3 \cdot \frac{507 \cdot 40}{420} \cdot \left( \frac{360000}{270400} - 1 \right)$$

$$\frac{Ash1}{S} = 4,8 \text{ mm}^2/\text{mm} \rightarrow \text{Menentukan}$$

- $$Ash2 = 0,09 \cdot \frac{S \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$\frac{Ash2}{S} = 0,09 \cdot \frac{507 \cdot 40}{420}$$

$$= 4,35 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Direncanakan tulangan geser dengan jumlah kaki tulangan sebanyak 3 buah ( $Ash = 603,18 \text{ mm}^2$ ) sehingga didapatkan jarak antar tulangan geser sebersar :

$$S = \frac{603,18}{4,80}$$

$$= 126,41 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}$$

Tulangan geser dipasang sepanjang kolom.

Berikut adalah rekapitulasi tulangan geser pada semua jenis kolom :

Tabel 4. 98 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom Tipe A

Kode	Dimensi A		Smax1	Smax2	Smax3	bc	hc	Ach	Ash1/S	Ash2/S	Dipasang		
	b (cm)	h (cm)	16.Db (mm)	hmin (mm)	48.Dc (mm)	mm	mm	mm2	mm2/mm	mm2/m			
K8	60	60	512	600	768	504	504	270400	4,77	4,32	3	D16-	125
K7	80	80	512	800	768	704	704	518400	4,72	6,03	3	D16-	100
K6	100	100	512	1000	768	904	904	846400	4,69	7,75	4	D16-	100
K5	110	110	512	1100	768	1004	1004	1040400	4,68	8,61	5	D16-	110
K4	120	120	512	1200	768	1104	1104	1254400	4,67	9,46	6	D16-	120
K3	130	130	512	1300	768	1204	1204	1488400	4,66	10,32	6	D16-	110
K2	140	140	512	1400	768	1304	1304	1742400	4,65	11,18	6	D16-	100
K1	150	150	512	1500	768	1404	1404	2016400	4,65	12,03	7	D16-	110
Ped A	150	150	512	1500	768	1404	1404	2016400	4,65	12,03	7	D16-	110

Tabel 4. 99 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom Tipe B

Kode	Dimensi B		Smax1	Smax2	Smax2	bc	hc	Ach	Ash1/S	Ash2/S	Dipasang		
	b (cm)	h (cm)	16.Db (mm)	hmin (mm)	48.Dc (mm)	mm	mm	mm2	mm2/mm	mm2/m			
K8	75	50	512	500	768	654	404	281400	6,22	5,61	3	D16-	95
K7	100	60	512	600	768	904	504	478400	6,57	7,75	4	D16-	100
K6	120	75	512	750	768	1104	654	750400	6,29	9,46	5	D16-	100
K5	140	90	512	900	768	1304	804	1082400	6,11	11,18	6	D16-	100
K4	160	90	512	900	768	1504	804	1246400	6,67	12,89	7	D16-	100
K3	170	100	512	1000	768	1604	904	1490400	6,45	13,75	8	D16-	110
K2	190	105	512	1050	768	1804	954	1765400	6,70	15,46	8	D16-	100
K1	200	115	512	1150	768	1904	1054	2054400	6,50	16,32	9	D16-	110
Ped B	200	150	512	1500	768	1904	1404	2726400	5,46	16,32	9	D16-	110

#### 4.4.3.8 Kontrol Kebutuhan Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.2.2, untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial pengaruh torsi/puntir dapat diabaikan apabila gaya torsi terfaktor tidak kurang dari nilai  $T_n$  yang dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$T_n = \emptyset \cdot 0,33 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \cdot \sqrt{1 + \frac{Nu}{0,33 \cdot \sqrt{f'c'}}$$

Dimana :

$$Nu = 3116956 \text{ N}$$

$$A_{cp} = 270400 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2080 \text{ mm}$$

Maka :

$$T_n = \emptyset \cdot 0,33 \cdot \sqrt{40} \cdot \left( \frac{270400^2}{2080} \right) \cdot \sqrt{1 + \frac{3116956}{0,33 \cdot \sqrt{40}}}$$

$$= 58277490900 \text{ Nmm}$$

$$T_u = 433362 \text{ Nmm}$$

$T_u < T_n \rightarrow \text{OK (Maka tulangan torsi diabaikan)}$

Berikut ini adalah rekapitulasi kebutuhan tulangan torsi pada semua jenis kolom :

Tabel 4. 100 Kebutuhan Tulangan Torsi Kolom Tipe A

Kode	Dimensi A		Nu N	Tu Nmm	Ag mm <sup>2</sup>	Acp mm <sup>2</sup>	Pcp mm	Tn Nmm	Kontrol
	b (cm)	h (cm)							
K8	60	60	3116956	433362	360000	270400	2080	5,8E+10	Tul.torsi diabaikan
K7	80	80	6298847	467549	640000	518400	2880	2,2E+11	Tul.torsi diabaikan
K6	100	100	9577171	455579	1000000	846400	3680	5,7E+11	Tul.torsi diabaikan
K5	110	110	1,3E+07	404688	1210000	1040400	4080	9E+11	Tul.torsi diabaikan
K4	120	120	1,7E+07	198303	1440000	1254400	4480	1,3E+12	Tul.torsi diabaikan
K3	130	130	2E+07	195261	1690000	1488400	4880	1,9E+12	Tul.torsi diabaikan
K2	140	140	2,5E+07	211867	1960000	1742400	5280	2,7E+12	Tul.torsi diabaikan
K1	150	150	2,9E+07	1536164	2250000	2016400	5680	3,6E+12	Tul.torsi diabaikan
Ped A	150	150	3E+07	1318130	2250000	2016400	5680	3,7E+12	Tul.torsi diabaikan

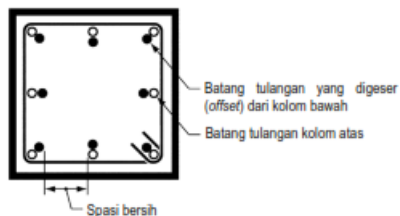


Tabel 4. 101 Kebutuhan Tulangan Torsi Kolom Tipe B

Kode	Dimensi B		Nu	Tu	Ag	Acp	Pcp	Tn	Kontrol
	b (cm)	h (cm)	N	Nmm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	Nmm	
K8	75	50	2996408	94716	375000	281400	2180	5,9E+10	Tul.torsi diabaikan
K7	100	60	6036263	-132354	600000	478400	2880	1,8E+11	Tul.torsi diabaikan
K6	120	75	9228399	291038	900000	750400	3580	4,5E+11	Tul.torsi diabaikan
K5	140	90	1,3E+07	369434	1260000	1082400	4280	9,1E+11	Tul.torsi diabaikan
K4	160	90	1,6E+07	159867	1440000	1246400	4680	1,3E+12	Tul.torsi diabaikan
K3	170	100	2E+07	170594	1700000	1490400	5080	1,8E+12	Tul.torsi diabaikan
K2	190	105	2,5E+07	200440	1995000	1765400	5580	2,6E+12	Tul.torsi diabaikan
K1	200	115	3E+07	1185101	2300000	2054400	5980	3,6E+12	Tul.torsi diabaikan
Ped B	200	150	3,1E+07	2004722	3000000	2726400	6680	5,8E+12	Tul.torsi diabaikan

#### 4.4.3.9 Sambungan Lewatan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.17.2, panjang sambungan lewatan untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan,  $L_{dh}$ , harus ditentukan dengan ketentuan pada pasal 12.16.1. Berikut adalah ketentuan panjang tulangan penyaluran dalam kondisi tekan pada SNI 2847:2013 pasal 12.16.1 :



Gambar 4. 46 Ilustrasi Sambungan Lewatan Kolom

- Untuk  $f_y$  sebesar 420 Mpa atau kurang, maka panjang sambungan lewatan tekan karus sebesar :  
 $L_{dh} = 0,071 \cdot f_y \cdot d_b$

$$= 0,071.420.32$$

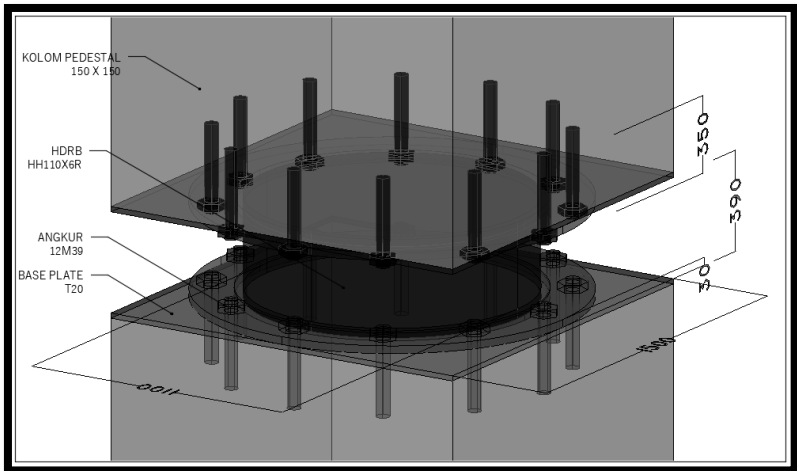
$$= 954,24 \text{ mm}$$

$$\approx 950 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sambungan lewatan sepanjang 950 mm pada setiap kolom.

#### 4.4.4 Perencanaan Sambungan Kolom Pedestal dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom pedestal atas dengan kolom pedestal bawah untuk kemudian beban menuju ke pondasi. Ilustrasi sambungan kolom dengan *base plate* bisa dilihat pada Gambar 4.47.



Gambar 4. 47 Ilustrasi Sambungan HDRB dengan Kolom Pedestal

Dari hasil analisa SAP2000 didapat gaya-gaya yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$P_u = 3044539 \text{ kg}$$

$$M_{u_x} = 10493048 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} Mu_Y &= 11451545 \text{ kgcm} \\ Vu &= 47922,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

A. Perhitungan *base plate*

Periksa eksentrisitas gaya:

Dimensi kolom pedestal atas,  $b = h = 150 \text{ cm}$

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{11451545}{3044539} = 3,76 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 150 = 25 \text{ cm} > e = 3,76 \text{ cm}$$

Karena  $1/6 h > e$ , maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya ankur (dipasang ankur praktis).

Direncanakan diameter baut :  $39 \text{ mm} = 3,9 \text{ cm}$

$$h' \geq we + c1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \times db = 2 \times 3,9 = 7,8 \text{ cm}$$

$$c1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \times 3,9 = 6,58 \text{ cm}$$

$$h' \geq 7,8 + 6,58 = 14,38 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 150 - 0,5 \cdot 14,38 = 142,8 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi *base plate*  $b = h = 150 \text{ cm}$

Dimensi pedestal bawah :

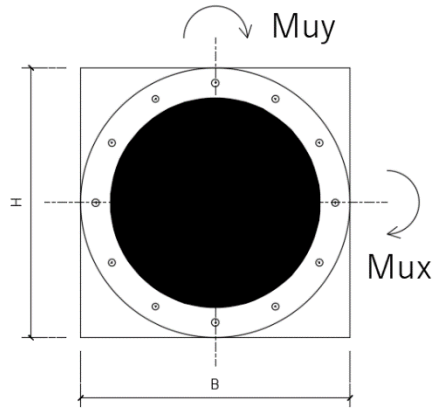
$$\text{Panjang} = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 1500 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{150 \cdot 150}{150 \cdot 150}} = 1$$

B. Perencanaan akibat beban sumbu X

Arah beban sumbu X yang terjadi bisa dilihat pada Gambar 4.48.



Gambar 4. 48 Ilustrasi Arah Beban Sumbu X pada Sambungan HDRB

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{3044539}{150 \cdot 150} = 135,31 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban Mu

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \times 10483048}{150 \cdot 150^2} = 18,65 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$\begin{aligned} f_{p \max} &= f_{pa} + f_{pb} = 135,31 + 18,65 \\ &= 153,97 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,90 \times 0,85 \times 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 306 > f_{p \max} = 153,97 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{150 - 0,95 \cdot 150}{2} = 3,75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left( f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left( \frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left( 153,97 - 2 \times 18,65 \times \frac{3,75}{150} \right) \left( \frac{3,75^2}{2} \right) + \end{aligned}$$

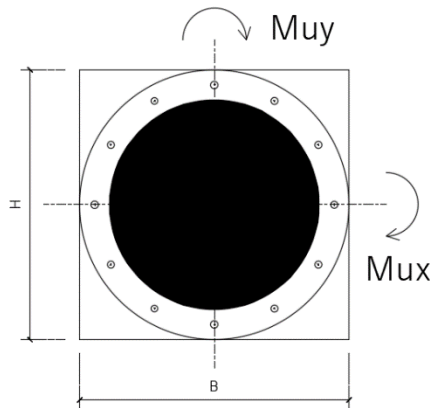
$$M_{upl} = 1080,39 \text{ kg.cm/cm}$$

Menentukan tebal base plate

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 1080,39}{0,9 \cdot 2500}} = 1,386 \text{ cm}$$

- C. Perencanaan akibat beban sumbu Y  
Arah beban sumbu Y yang terjadi bisa dilihat pada Gambar 4.49.



Gambar 4. 49 Ilustrasi Arah Beban Sumbu Y pada Sambungan HDRB

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{3044539}{150 \cdot 150} = 135,31 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban Mu

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \times 11451545}{150 \cdot 150^2} = 20,36 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p \text{ max}} = f_{pa} + f_{pb} = 135,31 + 20,36$$

$$= 155,67 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang dapat diterima kolom

$$fp \text{ avail} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'c = 0,90 \times 0,85 \times 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$fp \text{ avail} = 306 > fp_{max} = 155,67 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{150 - 0,95 \cdot 150}{2} = 3,75 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( fp_{max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$= \left( 155,67 - 2 \times 20,36 \times \frac{3,75}{150} \right) \left( \frac{3,75^2}{2} \right) +$$

$$\left( 2 \times 20,36 \times \frac{3,75}{150} \right) \left( \frac{3,75^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 1092,17 \text{ kg.cm/cm}$$

Menentukan tebal *base plate*

$$fy = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot fy}} = \sqrt{\frac{4 \times 1092,17}{0,9 \cdot 2500}} = 1,393 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan tebal pelat *base plate* = 2 cm

#### D. Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan poin b didapatkan  $1/6 h > e$ , maka dipasang angkur praktis.

Direncanakan :

$$\phi \text{ baut} = \text{M39 (Ab} = 11,95 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut F1554 (fu}^b = 7240 \text{ kg/cm}^2)$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\phi R_n = \phi \times fu^b \times m \times Ab$$

$$= 0,75 \times 7240 \times 1 \times 11,95 \text{ cm}^2$$

$$= 6486627 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\begin{aligned}
 \ell_c &= 8,4 - 0,5 (3,9+0,2) = 6,35 \text{ cm} \\
 R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\
 &= 1,2 \times 6,35 \times 2 \times 4100 \leq 2,4 \times 3,9 \times 2 \times 4100 \\
 &= 62484 \text{ kg} \leq 76752 \text{ kg (OK)} \\
 \emptyset R_n &= 0,75 \times 62484 = 46863 \text{ kg} \\
 &\text{(menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= V_u / n \\
 &= 47922,4 \text{ kg} / 12 \\
 &= 3993,53 \text{ kg} < 46863 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

Panjang baut angkur

$$\begin{aligned}
 f_c'u &= 0,85 \cdot f_c' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\
 &= 0,85 \cdot 400,1 = 340 \text{ kg/cm}^2 \\
 a &= h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u (2h-H) + 2 M_u}{\emptyset_c \cdot f_c'u \cdot B}} \\
 &= 142,4 - \sqrt{142,2^2 - \frac{3044539 (2 \cdot 142,4 - 150) + 2 \cdot 11451545}{0,6 \cdot 340 \cdot 150}} \\
 a &= 64 \text{ cm} \\
 C_u &= \emptyset_c \cdot f_c'u \cdot B \cdot a \\
 &= 0,6 \cdot 340 \cdot 150 \cdot 64 \\
 &= 196132,87 \text{ kg} \\
 T_u &= P_u - C_u \\
 &= 3044539 - 196132,87 \\
 &= 2848406,1 \text{ kg} \\
 L &= \frac{(2848406,1/12)}{(3,14 \cdot 3,9)(\sqrt{400})} = 30,6 \text{ cm} \\
 L &\approx 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan **35** cm.

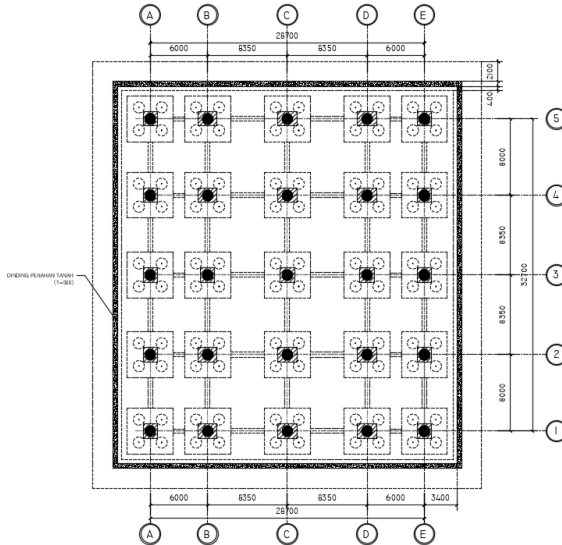
## 4.5 Perencanaan Bangunan Bawah

### 4.5.1 Perencanaan Basement

#### 4.5.1.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

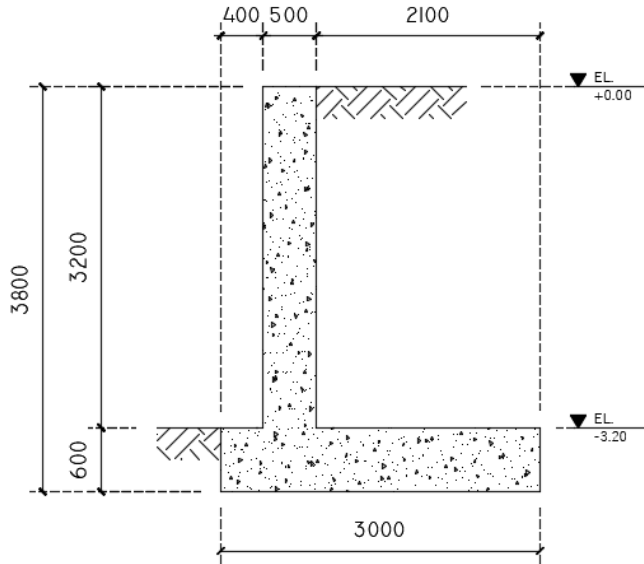
Dinding penahan tanah adalah dinding yang memiliki fungsi sebagai penahan tanah agar kondisi tanah terus stabil dan tidak terjadi kelongsoran karena gaya horizontal yang bekerja antar dinding dan massa tanah yang ditahan.

#### A. Data Perencanaan



Gambar 4. 50 Denah Perencanaan Bangunan Bawah





Gambar 4. 51 Dimensi Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Untuk konstruksi dinding penahan tanah pada Gedung Grand Dharmahusada ini digunakan dimensi dinding dan data tanah adalah sebagai berikut :

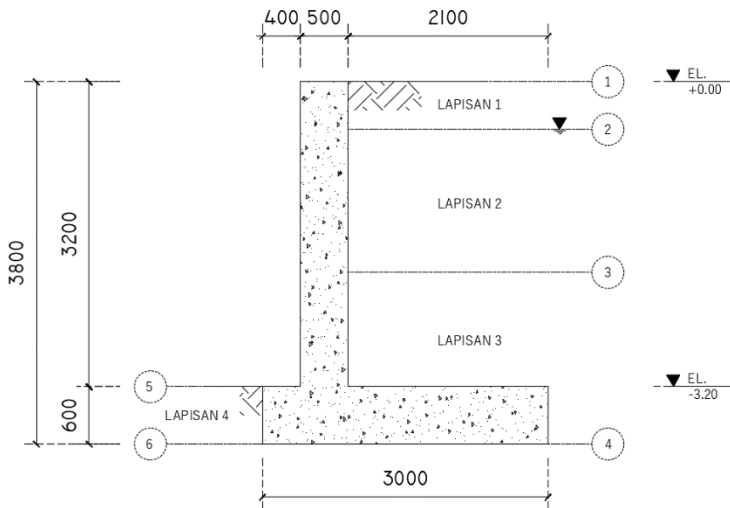
Tabel 4. 102 Dimensi Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Parameter	Satuan	Nilai
H	m	3,8
H'	m	3,2
b	m	3
b'	m	0,4
h	m	0,6
t	m	0,5

Tabel 4. 103 Parameter Tanah

Parameter	Satuan	Kedalaman	
		0 - 2,0 m	2,0 - 4,0 m
Kadar air (w)	%	37,57	36,07
Gs		2,606	2,687
Gama sat	kN/m <sup>3</sup>	16,26	17,17
Gama dry	kN/m <sup>3</sup>	12,044	12,625
Gama air	kN/m <sup>3</sup>	9,81	9,81
kohesi (c)	kN/m <sup>2</sup>	20	16
sudut geser ( $\phi$ )	°	19	19

### B. Perhitungan Tegangan yang Terjadi



Gambar 4. 52 Penentuan Titik dan Pembagian Lapisan Tanah

#### - Tegangan Vertikal ( $\sigma_v$ )

Tegangan vertikal tanah dihitung pada setiap titik yang telah digambarkan pada Gambar 4.52 Berikut adalah contoh perhitungan tegangan vertikal tanah pada titik 2 dan 3 :

$$\sigma_v (2) = \gamma d \times h$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,044 \times 0,5 \\
 &= 6,022 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_v (3) &= (\gamma' \times h) + \sigma_v (2) \\
 &= ((16,26 - 9,81) \times 1,5) + 6,022 \\
 &= 15,697 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 104 Tegangan Vertikal ( $\sigma_v$ )

Titik	Jenis	H	Gama	$\sigma_v$
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	Aktif	0	-	-
2		0,5	12,044	6,022
3		1,5	6,45	15,697
4		1,8	7,36	28,945
5	Pasif	0	-	-
6		0,6	7,36	4,416

- Koefisien Tanah ( $K_a$  dan  $K_p$ )

Koefisien tanah untuk tanah aktif dan tanah pasif dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{19}{2} \right) \\
 &= 0,509
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_p &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{19}{2} \right) \\
 &= 1,965
 \end{aligned}$$

- Tegangan Horisontal ( $\sigma_h$ )

Perhitungan tegangan horizontal tanah berdasarkan pembagian lapisan tanah yang telah dijelaskan pada Gambar 4.52. Berikut adalah contoh perhitungan tegangan horizontal aktif tanah pada lapisan 2 :

$$\sigma_h (\text{atas}) = (\sigma_v \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\begin{aligned}
 &= (6,022 \times 0,509) - \left(2 \times 20 \times \sqrt{0,509}\right) \\
 &= -25,46 \text{ kN/m}^2 \\
 &\approx 0 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_h (\text{bawah}) &= (\sigma_v \times Ka) - \left(2 \times c' \times \sqrt{Ka}\right) \\
 &= (15,697 \times 0,509) - \left(2 \times 20 \times \sqrt{0,509}\right) \\
 &= -20,54 \text{ kN/m}^2 \\
 &\approx 0 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berikut adalah contoh perhitungan tegangan horizontal tanah pasif :

$$\begin{aligned}
 \sigma_h (\text{atas}) &= (\sigma_v \times Kp) + \left(2 \times c' \times \sqrt{Kp}\right) \\
 &= (0 \times 1,965) + \left(2 \times 16 \times \sqrt{1,965}\right) \\
 &= 44,86 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_h (\text{bawah}) &= (\sigma_v \times Kp) + \left(2 \times c' \times \sqrt{Kp}\right) \\
 &= (4,416 \times 1,965) + \left(2 \times 16 \times \sqrt{1,965}\right) \\
 &= 53,54 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 105 Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ )

Lapisan	Jenis	Lokasi	$\sigma_v$	$\sigma_v \times k$	$2.c.(k)^{0,5}$	$\sigma_h$
			kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	Aktif	Atas	0	0	28,53172	0
		Bawah	6,022	3,0639153	28,53172	0
Atas		6,022	3,0639153	28,53172	0	
Bawah		15,697	7,9864296	28,53172	0	
3	Pasif	Atas	15,697	7,9864296	28,53172	0
		Bawah	28,945	14,72684	22,82538	0
Atas		0	0	44,86235	44,86235	
Bawah		4,416	8,679467	44,86235	53,54181	

Berikut adalah tegangan horizontal aktif dan pasif air yang terjadi pada dinding penahan tanah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ha} &= \gamma a \times h \\
 &= 9,81 \times 3,8
 \end{aligned}$$

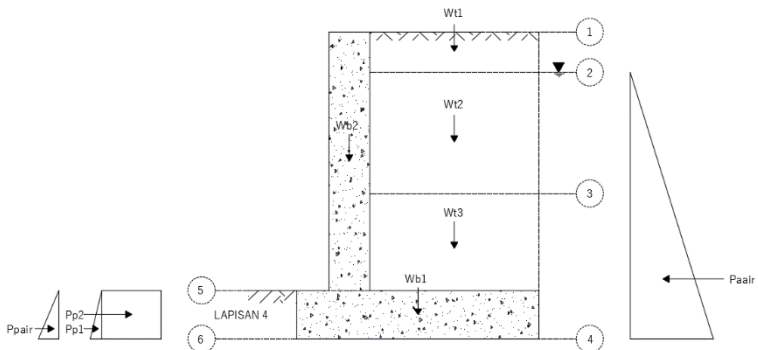
$$\begin{aligned} \sigma_{hp} &= 32,37 \text{ kN/m}^2 \\ &= \gamma a \times h \\ &= 9,81 \times 0,6 \\ &= 5,88 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 106 Tegangan Horizontal Air ( $\sigma_h$ )

Titik	Jenis	H	Gama	$\sigma_h$
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	Aktif	0	9,81	-
2		0,5	9,81	-
3		1,5	9,81	14,715
4		1,8	9,81	32,373
5	Pasif	0	9,81	-
6		0,6	9,81	5,886

### C. Perhitungan Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

Perhitungan gaya dorong Pa dan gaya tahanan Pp baik akibat tanah atau air dihitung berdasarkan luasan pada diagram yang digambarkan pada Gambar 4.53.



Gambar 4. 53 Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

Berikut adalah nilai gaya dorong dan gaya tahanan yang terjadi pada dinding penahan tanah :

Tabel 4. 107 Nilai Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

No.	P	Nilai
		kN/m'
1	Pp 1	2,604
2	Pp 2	26,917
3	Ppair	1,766
4	Paair	53,415
5	Wt1	12,646
6	Wt2	51,219
7	Wt3	43,268
8	Wb1	43,200
9	Wb2	38,400

#### D. Kontrol Guling

Tabel 4. 108 Perhitungan Momen pada Kontrol Guling

No.	P	Nilai	L momen	Momen
		kN/m'	m	kNm/m'
1	Pp 1	2,604	0,2	0,521
2	Pp 2	26,917	0,3	8,075
3	Ppair	1,766	0,2	0,353
4	Paair	53,415	1,1	58,757
5	Wt1	12,646	1,95	24,660
6	Wt2	51,219	1,95	99,877
7	Wt3	43,268	1,95	84,373
8	Wb1	43,200	1,5	64,800
9	Wb2	38,400	0,65	24,960

$$\begin{aligned}
 FS \text{ guling} &= \frac{Mp1+Mp2+Mpair+Mwt1+Mwt2+Mwt3+Mb1+Mb2}{Maaair} \\
 &= 5,235 > 3
 \end{aligned}$$

Disyaratkan faktor keamanan untuk kontrol guling adalah sebesar 3, sehingga kontrol dinding penahan tanah terhadap guling dikatakan **aman**.

### E. Kontrol Geser

Perhitungan kontrol gaya geser pada dinding penahan tanah dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{FS geser} &= \frac{(\sum V) \tan \delta + b.c' + Pp}{Pa} \\ &= \frac{(12,6+51,2+43,3) \cdot \tan 19 + 3 \cdot 16 + (2,6+26,9+1,76)}{53,4} \\ &= 2,1749 > 1,5 \end{aligned}$$

Disyaratkan faktor keamanan untuk kontrol geser adalah sebesar 1,5, sehingga kontrol dinding penahan tanah terhadap geser dikatakan **aman**.

### F. Penulangan Dinding Penahan Tanah

#### - Penulangan Dinding

Berikut adalah data perencanaan penulangan dinding penahan tanah :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Diameter tulangan lentur = 19 mm
- Luas penampang tul. lentur = 284 mm<sup>2</sup>
- Tebal selimut (cover) = 50 mm
- $d'$  = cover +  $\frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul.lentur}}$   
= 50 +  $\frac{1}{2} \cdot 19$   
= 79 mm
- $d$  =  $h - d'$   
= 500 - 79  
= 422 mm (dinding)
- $d$  =  $h - d'$   
= 600 - 79  
= 522 mm (dinding)

- $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \cdot \frac{f'c' - 28}{7}$   
 (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)  
 $= 0.85 - 0.05 \cdot \frac{40 - 28}{7}$   
 $= 0,764$
- Batasan rasio tulangan
  - Menentukan  $\rho$  balance
 
$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$
 (SNI 2847:2013 lampiran B 8.4.2)  
 $= \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$   
 $= 0,03639$
  - Mencari  $\rho$  maksimum
 
$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$
 (SNI 2847:2013 lampiran B 10.3.3)  
 $= 0,75 \cdot 0,03639$   
 $= 0,0273$   
 $\rho_{maks} = 0,025$   
 (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)  
 Dipakai  $\rho_{maks}$  terkecil = **0,025**
  - Mencari  $\rho$  minimum
 
$$\rho_{min} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c'}}{f_y}$$
 (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)  
 $= \frac{0,25 \cdot \sqrt{40}}{420}$   
 $= 0,00376$   
 $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$ 
 (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)  
 $= \frac{1,4}{420}$   
 $= 0,00333$



Dipakai  $\rho$  min terbesar = **0,00376**

- Menentukan harga m

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{cr}} \\ &= \frac{420}{0,85 \cdot 40} \\ &= \mathbf{12,3529} \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan penulangan lentur dinding DPT:

$$\begin{aligned} M_u &= 1,6 \cdot M_o \\ &= 1,6 \cdot 58,757 \\ &= 94,01 \text{ kNm} \\ &= 94011192 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{94011192}{0,9 \cdot 1000 \cdot 422^2} \\ &= 0,588 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 0,588}{420}} \right) \\ &= 0,00141 \end{aligned}$$

( $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ )

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 0,00376 \\ \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00376 \cdot 1000 \cdot 422 \\ &= 1586,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tul} &= \frac{\text{As perlu}}{A_s} \\ &= \frac{1586,79}{284} \\ &= 5,59 \text{ buah} \\ &\approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S = \frac{1000}{n \text{ tul}}$$

$$= \frac{1000}{6}$$

$$= \mathbf{167 \text{ mm}}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 3.h$$

$$= 3.500$$

$$= 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = \mathbf{150 \text{ mm}}$$

Sehingga pada dinding DPT dipasang tulangan lentur **D19-150**.

#### Tulangan Bagi

Luasan perlu tulangan bagi dihitung 2% dari tulangan utama.

$$A_s = 2\% \times A_s$$

$$= 2\% \times 1586,79$$

$$= 31,7 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan diatas dibandingkan dengan luas tulangan susut dan diambil nilai luasan perlu terbesar. Tulangan susut dihitung dengan rasio tulangan minimum.

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

(SNI 2847:2013 ps 7.12.2.1)

$$A_s \text{ perlu} = \rho.b.d$$

$$= 0,0018.1000.113,5$$

$$= 1586,79 \text{ mm}^2$$

$$D \text{ (tulangan)} = 19 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ (tulangan)} = 284 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s}$$

$$= \frac{1586,79}{284}$$

$$= 5,6 \text{ buah} \approx \mathbf{6 \text{ buah}}$$

$$S = \frac{1000}{6}$$

$$= \mathbf{167 \text{ mm}}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ max} &= 450 \text{ mm} \\
 S \text{ max} &= 3.h \\
 &= 3.500 \\
 &= 1500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **D19-150**

- Penulangan pada *Toe* dan *Heel* Dinding Penahan Tanah Berikut adalah perhitungan penulangan lentur pada *toe* dan *heel* DPT:

$$\begin{aligned}
 Mu &= 1,6.Mo \\
 &= 1,6.58,757 \\
 &= 94,01 \text{ kNm} \\
 &= 94011192 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi.b.d^2} \\
 &= \frac{94011192}{0,9.1000.522^2} \\
 &= 0,384 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.12,353.0,384}{420}} \right) \\
 &= 0,00092
 \end{aligned}$$

$$(\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}})$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,00376 \\
 As \text{ perlu} &= \rho.b.d \\
 &= 0,00376.1000.522 \\
 &= 1963,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= \frac{As \text{ perlu}}{As} \\
 &= \frac{1963,25}{284} \\
 &= 6,92 \text{ buah} \\
 &\approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1000}{n \text{ tul}} \\
 &= \frac{1000}{7}
 \end{aligned}$$

$$= \mathbf{143} \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 3.h$$

$$= 3.600$$

$$= 1800 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = \mathbf{140} \text{ mm}$$

Sehingga pada dinding DPT dipasang tulangan lentur **D19-140**.

Tulangan Bagi

Luasan perlu tulangan bagi dihitung 2% dari tulangan utama.

$$A_s = 2\% \times A_s$$

$$= 2\% \times 1963,25$$

$$= 39,3 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan diatas dibandingkan dengan luas tulangan susut dan diambil nilai luasan perlu terbesar. Tulangan susut dihitung dengan rasio tulangan minimum.

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

(SNI 2847:2013 ps 7.12.2.1)

$$A_s \text{ perlu} = \rho.b.d$$

$$= 0,00376.1000.522$$

$$= 1586,79 \text{ mm}^2$$

$$D \text{ (tulangan)} = 19 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ (tulangan)} = 284 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s}$$

$$= \frac{1963,25}{284}$$

$$= 6,92 \text{ buah} \approx \mathbf{7} \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{7}$$

$$= \mathbf{143} \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 3.h$$

$$= 3.600$$

$$= 1800 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **D19-140**

#### 4.5.1.2 Perencanaan Pelat Dasar Basement

##### A. Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan pelat dasar basement pada gedung Gand Dharmahusada Lagoon :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Diameter tulangan lentur = 22 mm
- Luas penampang tul. lentur = 380 mm<sup>2</sup>
- Tebal selimut (cover) = 50 mm
- $d'$  = cover +  $\frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul.lentur}}$   
 $= 50 + \frac{1}{2} \cdot 22$   
 $= 61 \text{ mm}$
- $d$  =  $h - d'$   
 $= 200 - 61$   
 $= 139 \text{ mm}$
- $\beta_1$  =  $0.85 - 0.05 \cdot \frac{f_c' - 28}{7}$   
 (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)  
 $= 0.85 - 0.05 \cdot \frac{40 - 28}{7}$   
 $= 0,764$

##### B. Pembebanan

Pada pelat dasar gedung Grand Dharmahusada Lagoon didesain untuk dapat menahan gaya uplift air yang terjadi pada saat musim hujan terjadi. Gaya uplift tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$q_{\text{air}} = \text{hair} \times \text{berat jenis air}$$

$$= 2,7 \times 1000$$

$$= 2700 \text{ kg/m}^2$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 pada tabel 13.3.1 didapatkan persamaan momen seperti berikut ini : contoh pada pelat A (800 x 600)

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 2700 \cdot 6^2 \cdot 32 = 3110,4 \text{ kgm} \\
 M_{tx} &= -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= -0,001 \cdot 2700 \cdot 6^2 \cdot 70,3 = -6836,4 \text{ kgm} \\
 M_{ly} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 2700 \cdot 8^2 \cdot 18,67 = 3225,6 \text{ kgm} \\
 M_{ty} &= -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= -0,001 \cdot 2700 \cdot 8^2 \cdot 57 = -9849,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### C. Penulangan

- Penulangan Arah X

$$Mu = 6836,4 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{68364000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 139^2} \\
 &= 3,93 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 3,93}{420}} \right) \\
 &= 0,0099
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,0099 \\
 As_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0099 \cdot 1000 \cdot 139 \\
 &= 1386,56 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As} \\
 &= \frac{1386,56}{380} \\
 &= 3,65 \text{ buah} \\
 &\approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1000}{n \text{ tul}} \\
 &= \frac{1000}{4} \\
 &= \mathbf{250 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\max} &= 3.h \\
 &= 3.120 \\
 &= 360 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = \mathbf{250 \text{ mm}}$$

Sehingga pada dinding DPT dipasang tulangan lentur **D22-250**.

- Penulangan Arah Y

$$Mu = 9849,6 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{98496000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 139^2} \\
 &= 5,66 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 5,66}{420}} \right) \\
 &= 0,0148
 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0148$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0148 \cdot 1000 \cdot 139 \\
 &= 2063,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As} \\
 &= \frac{2063,89}{380} \\
 &= 5,43 \text{ buah} \\
 &\approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1000}{\frac{n \text{ tul}}{1000}} \\
 &= \frac{1000}{6} \\
 &= \mathbf{166,67 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 3.h$$

$$= 3.120$$

$$= 360 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = \mathbf{160 \text{ mm}}$$

Sehingga pada dinding DPT dipasang tulangan lentur **D22-160**.

Berikut adalah rekapitulasi penulangan pelat dasar basement pada semua jenis pelat :

Tabel 4. 109 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Arah X

Kode	Dimensi (m)		S	S max	S max	S pakai	Dipakai
	Ly	Lx	mm	mm	mm	mm	
A	8,00	6,00	250	450	360	250	D 22-250
B	8,35	8,00	166,67	450	360	160	D 22-160
C	8,35	6,00	250	450	360	250	D 22-250
D	8,35	8,35	166,67	450	360	160	D 22-160

Tabel 4. 110 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Arah Y

Kode	Dimensi (m)		S	S max	S max	S pakai	Dipakai
	Ly	Lx	mm	mm	mm	mm	
A	8,00	6,00	166,67	450	360	160	D 22-160
B	8,35	8,00	166,67	450	360	160	D 22-160
C	8,35	6,00	166,67	450	360	160	D 22-160
D	8,35	8,35	166,67	450	360	160	D 22-160



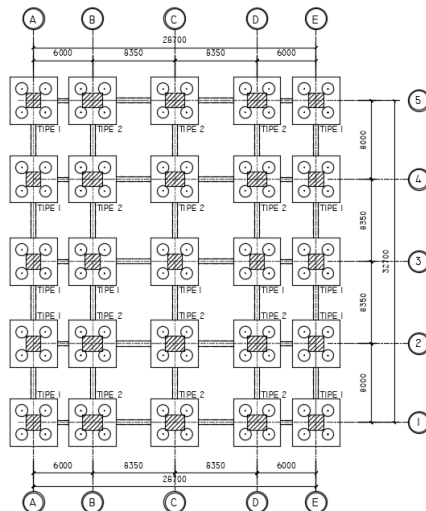
## 4.5.2 Perencanaan Pondasi

### 4.5.2.1 Umum

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan di atasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.

Pondasi yang direncanakan pada gedung Grand Dharmahusada Lagoon menggunakan pondasi *bored pile*. Pemilihan tipe pondasi *bored pile* disebabkan lokasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon yang berdekatan dengan pemukiman warga sehingga tidak memungkinkan digunakannya tiang pancang atau (*driven pile*) untuk mencegah kerusakan bangunan di sekitar.

Direncanakan pondasi dibagi menjadi beberapa tipe poer, pembagian tipe poer berdasarkan tipe kolom yang ada. Berikut adalah denah pondasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon :



Gambar 4. 54 Denah Perencanaan Pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7E

#### 4.5.2.2 Daya Dukung Tiang Bor

Perhitungan daya dukung tanah terhadap tiang pancang dilakukan berdasarkan data *Standart Penetration Test* (SPT). Daya dukung tiang tunggal ditentukan oleh perlawanan tanah pada ujung ( $Q_p$ ) dan lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Perhitungan daya dukung tanah dihitung menggunakan metode Luciano Decourt. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan daya dukung tanah:

##### 1. Menghitung Nilai Rata-Rata NSPT Terkoreksi ( $N_p$ )

Nilai “N” yang diperoleh dari percobaan SPT pada lapisan pasir halus dan pasir kelanauan dipengaruhi permukaan air tanah, sehingga perlu dikoreksi dengan rumusan berikut ini:

$$N = 15 + \frac{1}{2} \cdot (N' - 15)$$

Dimana :

N = nilai SPT setelah dikoreksi

N' = nilai SPT yang diukur dengan catatan percobaan,  $N' > 15$

Setelah dilakukan perhitungan nilai N terkoreksi, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata SPT ( $N_p$ ) di sekitar 4D di atas dan 4D di bawah dasar tiang pondasi.

##### 2. Menghitung Tegangan Ultimate Ujung Tiang ( $q_p$ )

Tegangan ultimate ujung tiang ( $q_p$ ) dapat dihitung dengan rumusan berikut ini:

$$q_p = N_p \cdot K$$

Dimana :

- $N_p$  = Nilai Rata-Rata NSPT Terkoreksi  
 $K$  = koefisien karakteristik tanah, dengan nilai :
  - Lempung,  $K = 12 \text{ t/m}^2$
  - Lanau berlempung,  $K = 20 \text{ t/m}^2$
  - Lanau berpasir,  $K = 25 \text{ t/m}^2$
  - Pasir,  $K = 40 \text{ t/m}^2$

3. Menghitung Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )  
 Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) dapat dihitung dengan mengkalikan nilai  $q_p$  dan luas penampang dasar tiang ( $A_p$ ), seperti rumusan berikut ini :

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

Dimana :

$q_p$  = tegangan ultimate ujung tiang

$A_p$  = luas penampang dasar tiang

4. Menghitung Nilai Rata-Rata  $N$  Sepanjang Tiang Tertanam ( $N_s$ )  
 Harga rata-rata  $N$  sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan  $3 \leq N \leq 5$  dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$N_s = \frac{\sum N_i}{L_i}$$

Dimana :

$\sum N_i$  = kumulatif nilai  $N$  pada kedalaman  $i$

$L_i$  = kedalaman  $i$

5. Menghitung Daya Dukung Akibat Gesekan Tiang ( $Q_s$ )  
 Daya dukung akibat gesekan tiang dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$Q_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right)$$

Dimana :

$N_s$  = harga rata-rata  $N$  sepanjang tiang yang tertanam

6. Menghitung Daya Dukung Tanah Maksimum ( $Q_u$ )  
 Daya dukung tanah maksimum dapat dihitung dengan menjumlahkan nilai daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) dan nilai daya dukung akibat gesekan tanah ( $Q_s$ ).
7. Menghitung  $P$  ijin 1 tiang  
 Nilai  $P$  ijin 1 tiang adalah perbandingan nilai daya dukung tanah maksimum ( $Q_u$ ) dan  $S_f$  (*safety factor*) = 3. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan  $P$  ijin 1 tiang tiap kedalaman yang ditunjukkan pada Tabel 4.111.

Tabel 4. 111 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tanah

<b>L</b>	<b>N</b>	<b>Q<sub>p</sub></b>	<b>Q<sub>s</sub></b>	<b>Q<sub>u</sub></b>	<b>P ijin</b>
1	0	0,0	6,4	6,4	2,1
2	0	0,0	5,1	5,1	1,7
3	0	0,0	5,1	5,1	1,7
4	0	0,0	5,1	5,1	1,7
5	0	0,0	5,1	5,1	1,7
6	0	0,0	5,1	5,1	1,7
7	0	0,0	5,1	5,1	1,7
8	0	0,0	5,1	5,1	1,7
9	0	10,7	24,0	34,7	11,6
10	0	32,0	61,8	93,8	31,3
11	0	63,0	116,5	179,6	59,9
12	0	99,3	180,8	280,1	93,4
13	0	133,0	240,3	373,3	124,4
14	5	162,9	293,2	456,0	152,0
15	10	191,7	344,2	535,9	178,6
16	14,5	274,4	490,3	764,7	254,9

<b>L</b>	<b>N</b>	<b>Qp</b>	<b>Qs</b>	<b>Qu</b>	<b>P ijin</b>
17	17	318,4	568,2	886,7	295,6
18	15,75	355,8	634,3	990,2	330,1
19	14	384,5	733,7	1118,2	372,7
20	13,5	324,7	655,3	980,1	326,7
21	13	335,4	706,5	1041,9	347,3
22	16,5	434,6	962,6	1397,2	465,7
23	19	457,3	1069,7	1527,0	509,0
24	20,75	484,0	1193,4	1677,4	559,1
25	22,5	508,0	1318,0	1826,0	608,7
26	22	518,7	1403,9	1922,6	640,9
27	21,5	521,4	1462,0	1983,4	661,1
28	22,5	518,0	1502,3	2020,4	673,5
29	23,5	510,0	1527,2	2037,2	679,1
30	22	503,4	1545,2	2048,6	682,9
31	20,5	497,4	1556,2	2053,6	684,5
32	20	488,0	1551,8	2039,8	679,9
33	19,5	478,7	1542,9	2021,5	673,8
34	19,5	476,0	1552,7	2028,7	676,2
35	19,5	481,3	1586,5	2067,9	689,3
36	19,25	492,0	1636,0	2128,0	709,3
37	19	500,7	1677,3	2178,0	726,0
38	20	506,0	1709,0	2215,1	738,4
39	21	524,7	1786,8	2311,5	770,5
40	22,5	557,4	1915,1	2472,6	824,2
41	24	587,5	2040,2	2627,6	875,9
42	22,75	611,5	2141,6	2753,1	917,7
43	21,5	496,7	1756,8	2253,5	751,2
44	26,5	491,3	1758,4	2249,8	749,9
45	31,5	484,4	1761,5	2245,9	748,6

L	N	Qp	Qs	Qu	P ijin
46	30,25	602,2	2211,1	2813,3	937,8
47	29	616,9	2289,2	2906,0	968,7
48	24,5	632,9	2362,0	2994,9	998,3
49	20	618,2	2311,6	2929,8	976,6
50	20,75	471,6	1775,3	2246,9	749,0
51	21,5	451,8	1706,7	2158,5	719,5
52	27	442,2	1682,2	2124,5	708,2
53	32,5	548,1	2098,2	2646,3	882,1
54	26	536,7	2065,4	2602,1	867,4
55	19,5	251,4	986,2	1237,6	412,5
56	19,75	243,9	957,6	1201,5	400,5
57	20	225,2	886,7	1111,9	370,6
58	18,25	212,7	838,3	1051,1	350,4
59	16,5	438,1	1684,2	2122,3	707,4
60	16,65	429,0	1645,5	2074,5	691,5

Tiang pancang dalam grup/kelompok disatukan dengan menggunakan *poer* (kepala tiang) di atasnya. Pada Tugas Akhir ini tipe susunan tiang pancang dibedakan berdasarkan jenis dimensi kolom yang ada, sehingga direncanakan terdapat 2 tipe *poer*. Berikut adalah output analisa struktur pada SAP2000 untuk reaksi perletakan pada *poer* Tipe 1 dan *poer* Tipe 2 :

Tabel 4. 112 Hasil Analisa Struktur untuk *Poer* Tipe 1

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D	-19096,5	33,521	32,392	49,2732	41,5482
D + L	-23159,4	40,139	38,686	67,5791	51,7866
D + 0,75L	-22143,7	38,485	37,113	63,0026	49,227
D + 0,7Ex	-19096,5	329,051	96,112	97,8728	286,892
D + 0,7Ey	-19096,5	120,089	301,578	255,6348	115,1513
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	-22143,7	254,904	75,512	86,4002	233,2348
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	-22143,7	103,411	229,611	204,1172	104,4294
0,6D + 0,7Ex	-11460,7	329,05	92,89	85,7721	270,2727
0,6D + 0,7Ey	-11457,9	106,68	298,357	243,534	98,5321

Tabel 4. 113 Hasil Analisa Struktur untuk Poer Tipe 2

OutputCase	P	Hx	Hy	Mx	My
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
D	-19618,5	33,867	56,643	108,1465	40,3347
D + L	-23773,8	41,7	71,669	147,644	54,8317
D + 0,75L	-22735	39,741	67,912	137,7697	51,2075
D + 0,7Ex	-14364,5	320,622	99,768	137,5656	242,5392
D + 0,7Ey	-19904,9	105,482	305,069	260,8702	77,6446
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	-22670,6	240,468	88,426	131,5824	173,9211
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	-22520,2	86,868	230,508	211,3174	68,0142
0,6D + 0,7Ex	-11685,2	318,551	92,272	88,0722	212,1197
0,6D + 0,7Ey	-11968,2	97,235	304,079	259,3539	70,9106

#### 4.5.2.3 Kontrol Kekuatan Tiang Bor

Pada perencanaan pondasi tiang bor dilakukan kontrol kekuatan tiang dengan gaya aksial, gaya momen, gaya lateral dan defleksi tiang bor. Direncanakan kedalaman ujung tiang bor adalah 39 m dengan daya dukung 1 tiang (P ijin 1 tiang) = 770,5 ton.

- Kontrol terhadap gaya aksial

Untuk tiang bor diameter 1200 mm, gaya aksial tiang tidak boleh melebihi P ijin tiang yaitu 612,724 ton. Berdasarkan perhitungan Pmax didapatkan Pmax terbesar adalah sebesar 598,564 ton. Sehingga :

$$P_{max} = 598,564 \text{ ton} < P \text{ ijin} = 612,724 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol terhadap Gaya Momen

- Mencari Mmax

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

dari lampiran data tanah di ketahui  $C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

Berikut adalah contoh perhitungan kontrol tiang pancang terhadap gaya momen pada kombinasi beban D + 0,75L :

$$\begin{aligned}
 H &= \sqrt{Hx^2 + Hy^2} \\
 &= \sqrt{4013,9^2 + 3868,6^2} \\
 &= 5574,7 \text{ kg} \\
 f &= \frac{H}{9 C_u d} = \frac{5574,7}{9 \times 1,5 \times 120} = 3,44 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= H (e + 1,5d + 0,5f) \\
 &= 5574,7 (0 + 1,5 \times 120 + 0,5 \times 3,44) \\
 &= 1013040,7 \text{ kg.cm} \\
 &= 10,130407 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

- Mencari Moment Crack Bored Pile ( $M_{cr}$ )

Untuk menghitung momen crack pada bored pile dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$M_{cr} = (F_{ctu} + F_{pe}) \cdot W_i$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \text{cracking moment capacity (kg.cm)} \\
 F_{ctu} &= \text{permissible tensile strenght of concrete (kg/cm}^2\text{)} \\
 F_{pe} &= \text{effective prestress in concrete (kg/cm}^2\text{)} \\
 W_i &= \text{section modulus (cm}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 F_{pe} &= 40 \text{ Mpa} \\
 F_{ctu} &= 10\% \cdot F_{pe} = 4 \text{ Mpa} \\
 W_i &= I/Y \\
 I &= 1/64 \cdot \pi \cdot d^4 = 1/64 \cdot \pi \cdot 120^4 \\
 &= 10178760 \text{ cm}^4 \\
 Y &= D/2 = 120/2 = 60 \text{ cm} \\
 W_i &= 10178760/60 = 169646 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $M_{cr}$  :



$$\begin{aligned} M_{cr} &= (40 + 400) \cdot 1.69646 = 74644241 \text{ kg.cm} \\ &= 746,44241 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Cek kekuatan momen tiang :

$$M_{crack} = 746,44 \text{ tm} > M_{max} = 10,130407 \text{ tm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Berikut ini adalah rekapitulasi kontrol terhadap gaya momen pada semua jenis :

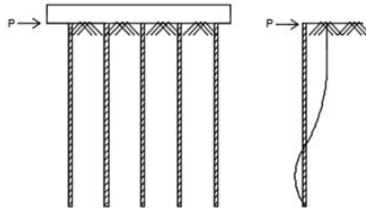
Tabel 4. 114 Rekapitulasi Kontrol Gaya Momen Tiang Bor pada Poer 1

Kombinasi	H	Mmax	Mcr	Kontrol
	kg	t.m	t.m	Mcr > Mmax
D	4661,4	8,458	746,44	OK
D + 0,75L	5574,7	10,130	746,44	OK
D + 0,7Ex	5346,5	9,712	746,44	OK
D + 0,7Ey	34280,0	65,331	746,44	OK
1,0D+1,0L	32460,8	61,682	746,44	OK
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	26585,4	50,035	746,44	OK
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	25182,3	47,285	746,44	OK
0,6D + 0,7Ex	34191,0	65,152	746,44	OK
0,6D + 0,7Ey	31685,6	60,133	746,44	OK

Tabel 4. 115 Rekapitulasi Kontrol Gaya Momen Tiang Bor pada Poer 2

Kombinasi	H	Mmax	Mcr	Kontrol
	kg	t.m	t.m	Mcr > Mmax
D	6599,55	12,0136	746,44	OK
D + 0,75L	8291,76	15,1374	746,44	OK
D + 0,7Ex	7868,54	14,3545	746,44	OK
D + 0,7Ey	33578,6	63,9215	746,44	OK
1,0D+1,0L	32279	61,3181	746,44	OK
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	25621,1	48,144	746,44	OK
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	24633,3	46,2128	746,44	OK
0,6D + 0,7Ex	33164,6	63,0909	746,44	OK
0,6D + 0,7Ey	31924,7	60,6101	746,44	OK

➤ Kontrol terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 55 Diagram Gaya Lateral Tiang

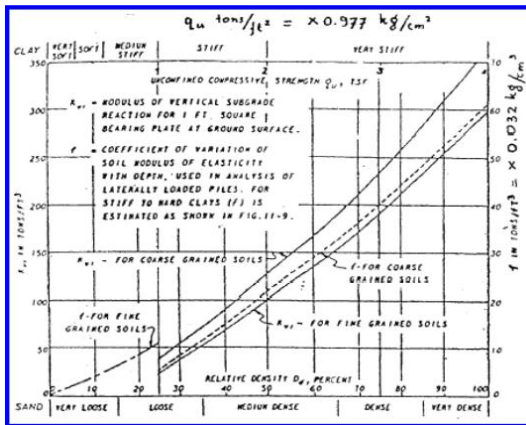
Menghitung faktor kekakuan relative (T) :

$$T = \left[ \frac{E \cdot I}{f} \right]^{1/5}$$

Dimana :

- E = modulus elastisitas tiang (kg/cm<sup>2</sup>)
- I = momen inersia cerucuk, cm<sup>4</sup>
- f = koefisien dari variasi modulus tanah (kg/cm<sup>3</sup>)
- T = faktor kekakuan relatif, cm

Nilai f didapat dari grafik di bawah ini (NAVFAC DM-7 1971) dengan asumsi nilai Dr = 67% untuk nilai N<sub>spt</sub> = 34 :

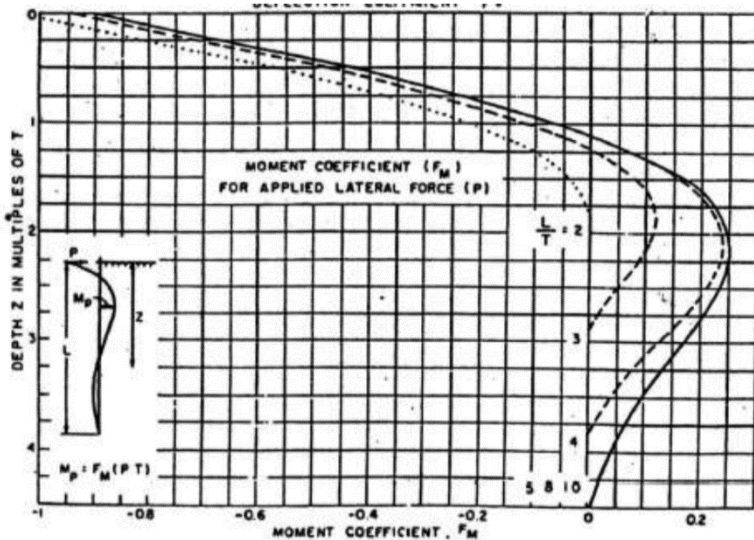


Gambar 4. 56 Grafik Harga f berdasarkan Jenis Tanah

$$\begin{aligned}
 f &= 32 \times 0,032 \text{ kg/cm}^3 \\
 &= 1,024 \text{ kg/cm}^3 \\
 E &= 4700 \sqrt{fc'} \\
 &= 4756 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 47560 \text{ kg/cm}^2 \\
 I &= \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot (1,2)^4 \\
 &= 0,10178 \text{ m}^4 \\
 &= 10178760 \text{ cm}^4 \\
 T &= \left[ \frac{10178760 \cdot 47560}{1,024} \right]^{1/5} \\
 &= 216,23 \\
 &= 21,623 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Mencari nilai fm dan fd

$$\begin{aligned}
 L/T &= 48/21,623 \\
 &= 2,2198
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 57 Grafik harga Fm berdasarkan L/T

Dengan  $Z = 0$ , maka :

$$F_m = 1$$

Direncanakan jumlah tiang bor sebanyak 4 buah pada poer 1.

Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} M_p &= F_m \cdot (P \cdot T) \\ &= 1 \cdot (342,8/4 \cdot 21,624) \\ &= 1853,15 \text{ kNm} \\ &= 185,31 \text{ ton.m} < M_{cr} = 746,44 \text{ ton.m (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{ijin}} &= \frac{M_p}{F_m \cdot T} \\ &= \frac{185,31}{1 \cdot 21,624} \\ &= 734,13 \text{ t} \\ &= 7341,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi kontrol gaya lateral pada semua jenis konfigurasi tiang bor :

Tabel 4. 116 Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Bor pada Poer 1

Kombinasi	H1tiang	Hijin	Kontrol
	kN	kN	Hijin > Hmax
D	46,6144	7341,34	OK
D + 0,75L	55,7472	7341,34	OK
D + 0,7Ex	53,4647	7341,34	OK
D + 0,7Ey	342,8	7341,34	OK
1,0D+1,0L	324,608	7341,34	OK
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	265,854	7341,34	OK
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	251,823	7341,34	OK
0,6D + 0,7Ex	341,91	7341,34	OK
0,6D + 0,7Ey	316,856	7341,34	OK

Tabel 4. 117 Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Bor pada Poer 2

Kombinasi	H1tiang	Hijin	Kontrol
	kN	kN	Hijin > Hmax
D	65,9955	7341,34	OK
D + 0,75L	82,9176	7341,34	OK
D + 0,7Ex	78,6854	7341,34	OK
D + 0,7Ey	335,786	7341,34	OK
1,0D+1,0L	322,79	7341,34	OK
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	256,211	7341,34	OK
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	246,333	7341,34	OK
0,6D + 0,7Ex	331,646	7341,34	OK
0,6D + 0,7Ey	319,247	7341,34	OK

➤ Kontrol Defleksi

Tiang bor disyaratkan tidak boleh memiliki defleksi melebihi defleksi ijin ( $\delta_{ijin}$ ) sebesar 2,5 cm. Berikut adalah perhitungan kontrol defleksi pada tiang bor :

$$H = 342,8 \text{ kN}$$

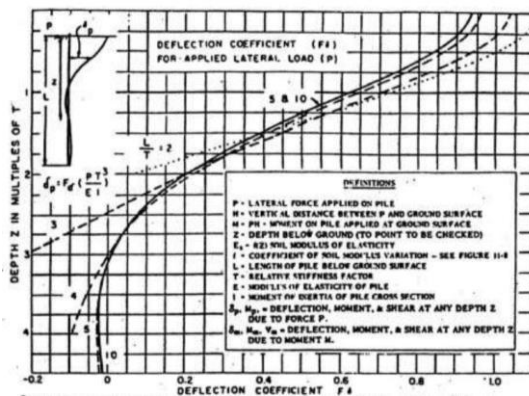
$$P = H/n$$

$$= 342,8/4$$

$$= 85,7 \text{ kN}$$

$$Cu = 1,5 \text{ kg/cm}^3$$

$$Qu = 2.Cu = 3 \text{ kg.cm}^3$$

Gambar 4. 58 Grafik harga  $F\delta$  berdasarkan  $L/T$

Dari grafik di atas didapatkan nilai  $F_d$ :

$$F_d = 1,1$$

$$\Delta d = (F_d \cdot P \cdot T^3) / (E \cdot I)$$

$$= (1,1 \cdot 8570 \cdot 216,24^3) / (47560,65 \cdot 10178760)$$

$$= 0,1969 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.5.2.4 Penulangan Tiang Bor

Dalam perencanaan penulangan tiang bor digunakan gaya-gaya dari analisa hasil SAP2000 dengan kombinasi 1D+1L, momen tambahan dan gaya aksial tambahan dikarenakan berat poer. Berikut adalah perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada tiang bor :

Hasil analisa SAP2000 kombinasi 1D+1L :

$$M_x = 255,63 \text{ kNm}$$

$$M_y = 115,15 \text{ kNm}$$

$$P_u = 19096,54 \text{ kN}$$

$$H_x = 12008,9 \text{ kg}$$

$$H_y = 30157,8 \text{ kg}$$

Momen tambahan arah x ( $M_x$ ) dan arah y ( $M_y$ ) akibat H x t :

$$\begin{aligned} M_x &= H_y \times t \\ &= 301,578 \times 1,2 \\ &= 361,89 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= H_x \times t \\ &= 12008,9 \times 1,2 \\ &= 144,1 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya aksial akibat berat poer :

$$\begin{aligned} W_{\text{poer}} &= 4,8 \times 4,8 \times 1,5 \times 24 \\ &= 829,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dengan direncanakan jumlah tiang bor sejumlah 4 buah, sehingga gaya-gaya akan terdistribusi pada seluruh tiang bor. Maka berikut adalah gaya-gaya yang terjadi pada 1 tiang bor :

$$M_x = \frac{255,63 + 361,89}{4} = 154,38 \text{ kNm}$$

$$M_x = \frac{115,15 + 144,1}{4} = 64,81 \text{ kNm}$$

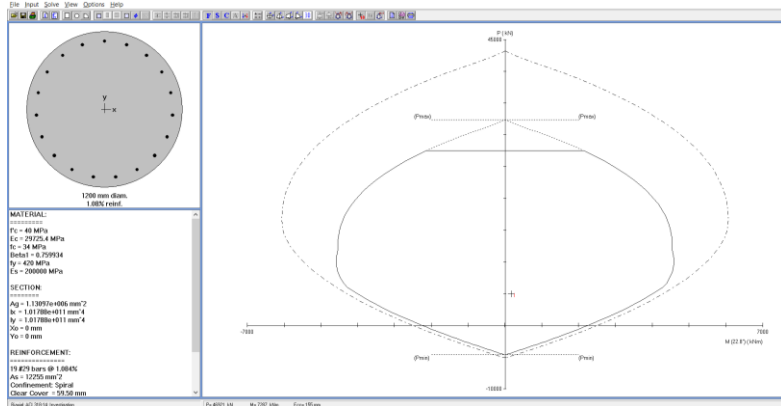
$$V = 19096,54 + 829,44 = 4981,49 \text{ kN}$$

### A. Penulangan Utama Tiang Bor

Berikut adalah data perencanaan penulangan tiang bor :

- Diameter tiang = 1200 mm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- D. Tulangan utama = 29 mm
- D. Tulangan geser = 16 mm
- Cover = 50 mm

Dengan menggunakan *software* bantu Spcolumn didapatkan analisa tulangan utama tiang bor sebagai berikut :



Gambar 4. 59 Diagram Interaksi Aksial dan Momen Tiang Bor pada spColumn

Didapatkan :

Tulangan pakai = 19D29

Rasio tulangan ( $\rho$ ) = 1,08%

### B. Penulangan Geser Tiang Bor

- Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton
 
$$d = 1200 - 50 - 16 - \frac{1}{2} \cdot 29$$

$$= 1120 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right)$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 1200 \cdot 1120 \cdot \left(1 + \frac{4981,49}{14 \cdot 1130973}\right)$$

$$= 1861584,2 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 1861584,2 = 1396188,1 \text{ N}$$

$$V_u = 4981496,8 \text{ N} > \phi \cdot V_c, \text{ maka diperlukan tulangan geser}$$
 untuk menerima gaya geser yang bekerja.

- Kekuatan geser yang disumbangkan tulangan geser

$$V_s = 0,33 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,33 \cdot \sqrt{40} \cdot 1200 \cdot 1120$$

$$= 2803841,5 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 1861584,2 + 2803841,5$$

$$= 4665398,7 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,75 \cdot 4665398,7$$

$$= 3499049 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_n \leq \phi \cdot V_c \text{ (NOT OKE)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung tiang sepanjang lo harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash).

- Tulangan di daerah sendi plastis
 

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung tiang sepanjang lo harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash). Berikut adalah jarak tulangan maksimum pada daerah sendi plastis:

$$\frac{1}{4} \cdot B_{kolom} = \frac{1}{4} \cdot 1200 = 300 \text{ mm}$$

$$6 \cdot d_b = 6 \cdot 29 = 174 \text{ mm}$$



$$100 < S < 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

Ash min dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari rumusan berikut ini :

$$b_{cx} = 1200 - 2 \cdot (50 + 16) = 1068 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1068^2 = 950331,78 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Ashx/s} &= 0,3 \cdot \frac{bc \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \cdot \frac{1068 \cdot 40}{420} \cdot \left( \frac{1130973,4}{950331,78} - 1 \right) \\ &= 5,8 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash1/s} &= 0,09 \cdot \frac{bc \cdot f_c'}{f_y} \\ &= 0,09 \cdot \frac{1068 \cdot 40}{420} \\ &= 9,154 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ **menentukan**} \end{aligned}$$

$$S = 2.201,1 / 9,154 = 43,93 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser daerah sendi plastis **D16-100**

- Tulangan di luar daerah sendi plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom diluar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan jarak spasi tulangan tidak lebih dari syarat berikut ini :

$$6 \cdot d_b = 6 \cdot 29 = 174 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser daerah sendi plastis **D16-150**

#### 4.5.2.5 Daya Dukung Tiang Grup

Tiang bor dalam grup/kelompok disatukan dengan menggunakan *poer* (kepala tiang) diatasnya. Pada Tugas Akhir ini tipe susunan tiang pancang dibedakan berdasarkan jenis dimensi kolom yang ada, sehingga direncanakan terdapat 2 tipe poer. Berikut adalah contoh perhitungan tiang pancang kelompok tipe 1 dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Jumlah baris tiang (m) = 2 buah
- Jumlah kolom tiang (n) = 2 buah
- Syarat jarak antar tiang :

Jarak antar tiang pancang

$$2D < S < 3D$$

$$2.1200 < S < 3.1200$$

$$2400 < S < 3600 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan  $S = 2400 \text{ mm}$

Jarak tiang pancang ke tepi poer

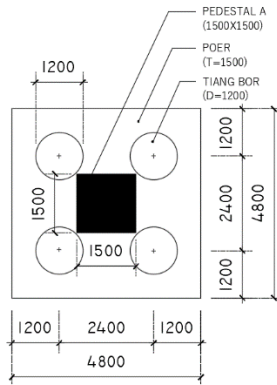
$$S_1 \geq D$$

$$S_1 \geq 1200 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan  $S_1 = 1200 \text{ mm}$

- Dimensi poer = 4,8 x 4,8 m

Berikut adalah konfigurasi tiang pancang pada poer tipe 1 :



Gambar 4. 60 Konfigurasi Tiang Bor pada Poer Tipe 1

Untuk daya dukung tiang pancang kelompok harus dikoreksi dengan koefisien efisiensi ( $C_e$ ). Menurut Converse-Labarre,  $C_e$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

$\phi$  = diameter tiang bor

$S$  = Jarak antar tiang bor

$m$  = Jumlah baris tiang bor dalam grup

$n$  = Jumlah kolom tiang bor dalam grup

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\varphi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \\ &= 1 - \frac{18,43}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) \\ &= 0,795 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan Pijin kelompok sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pijin grup} &= C_e \times \text{Pijin 1 tiang} \\ &= 0,795 \times 7705,1 \text{ kN} \\ &= 6127,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### 4.5.2.6 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang ( $P_{\max}$ )

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2} \leq P_{\text{ijin tanah}} (1 \text{ tiang})$$

Dimana :

$n$  = jumlah tiang

$X_{\max}$  = jarak sumbu  $y$  ke as tiang terjauh

$Y_{\max}$  = jarak sumbu  $x$  ke as tiang terjauh

Berikut adalah rekapitulasi kontrol beban maksimum 1 tiang ( $P_{\max}$ ) pada poer 1 dan poer 2:

Tabel 4. 118 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang  
(Pmax) pada Poer 1

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	$\frac{M_x \times x_{max}}{Ix^2}$	$\frac{M_y \times y_{max}}{Iy^2}$	Pmax	Pijin	Pijin $\geq$ Pmax
	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN	kN	
D	19096,5	49,3	41,5	4774,1	8,7	10,3	4793,1	6127,2	OK
D + 0,75L	23159,4	67,6	51,8	5789,9	10,8	14,1	5814,7	6127,2	OK
D + 0,7Ex	22143,7	63,0	49,2	5535,9	10,3	13,1	5559,3	6127,2	OK
D + 0,7Ey	19096,5	97,9	286,9	4774,1	59,8	20,4	4854,3	6127,2	OK
1,0D+1,0L	19096,5	255,6	115,2	4774,1	24,0	53,3	4851,4	6127,2	OK
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	22143,7	86,4	233,2	5535,9	48,6	18,0	5602,5	6127,2	OK
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	22143,7	204,1	104,4	5535,9	21,8	42,5	5600,2	6127,2	OK
0,6D + 0,7Ex	11460,7	85,8	270,3	2865,2	56,3	17,9	2939,3	6127,2	OK
0,6D + 0,7Ey	11457,9	243,5	98,5	2864,5	20,5	50,7	2935,7	6127,2	OK

Tabel 4. 119 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang  
(Pmax) pada Poer 2

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	$\frac{M_x \times x_{max}}{Ix^2}$	$\frac{M_y \times y_{max}}{Iy^2}$	Pmax	Pijin	Pijin $\geq$ Pmax
	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN	kN	
D	19618,5	108,147	40,3347	4904,63	8,40306	22,5305	4935,57	6127,2	OK
D + 0,75L	23773,8	147,644	54,8317	5943,46	11,4233	30,7592	5985,64	6127,2	OK
D + 0,7Ex	22735	137,77	51,2075	5683,75	10,6682	28,702	5723,12	6127,2	OK
D + 0,7Ey	14364,5	137,566	242,539	3591,13	50,529	28,6595	3670,32	6127,2	OK
1,0D+1,0L	19904,9	260,87	77,6446	4976,23	16,176	54,348	5046,75	6127,2	OK
D + 0,75(0,7Ex) + 0,75L	22670,6	131,582	173,921	5667,64	36,2336	27,413	5731,29	6127,2	OK
D + 0,75(0,7Ey) + 0,75L	22520,2	211,317	68,0142	5630,05	14,1696	44,0245	5688,25	6127,2	OK
0,6D + 0,7Ex	11685,2	88,0722	212,12	2921,3	44,1916	18,3484	2983,84	6127,2	OK
0,6D + 0,7Ey	11968,2	259,354	70,9106	2992,06	14,773	54,0321	3060,87	6127,2	OK

### 4.5.3 Perencanaan Poer

Poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan geser pons dan lentur. Sehingga dapat meneruskan beban dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Berikut adalah data perencanaan poer yang digunakan :

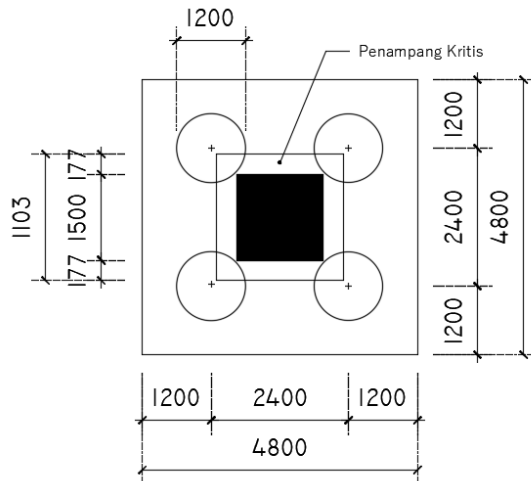
Tabel 4. 120 Data Perencanaan Poer

Parameter	Tipe 1	Tipe 2	Satuan
Pu	29619,823	30461,857	kN
P <sub>max</sub> (1tiang)	7439,231292	7657,135458	kN
n	4	4	buah
Dimensi kolom	150 x 150	200 x 150	cm
Dimensi poer	4,8 x 4,8 x 1,65	4,8 x 4,8 x 1,6	m

- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Diameter tulangan = 29 mm
- A tulangan = 660,5 mm<sup>2</sup>
- Cover = 50 mm

### A. Kontrol Geser Pons

#### ➤ Akibat Kolom Pedestal



Gambar 4. 61 Penampang Kritis Poer Akibat Geser Pons Kolom Pedestal

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

- $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$
- $V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$

Dimana :

- $\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut,  $\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi,
- $\alpha_s$  = 40 untuk kolom interior
- $\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
- $b_o$  = Keliling penampang kritis :
- $b_o$  =  $2 (b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$

Berikut adalah contoh perhitungan kontrol geser pons akibat kolom pedestal pada poer tipe 1:

- $\beta$  =  $150/150 = 1$
- $d$  =  $1650 - (50 + 29 + \frac{1}{2} \cdot 29)$   
= 1557 mm
- $b_o$  =  $2 (b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$   
=  $2 (1500 + 1557) + 2(1500 + 1557)$   
= 12226 mm

- $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$   
 $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{40} \times 12226 \times 1557$   
= 61380961,65 N
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$   
 $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1557}{12226} + 2\right) 1\sqrt{40} \times 12226 \times 1557$   
= 70849439,09 N
- $V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$   
 $V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 12226 \times 1557$   
= 40078157,32 N (**menentukan**)

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 40078157,32 \text{ N}$$

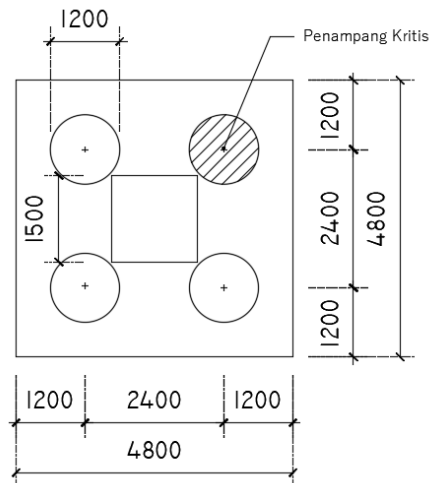
$$= 30058617,99 \text{ N}$$

$$= 30058,61799 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 30058,61799 \geq 29619,823 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

➤ Akibat Tiang Pancang



Gambar 4. 62 Penampang Kritis Poer Akibat Geser Pons Tiang Pancang

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

- $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$
- $V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$

Dimana :

- $\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut,  $\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi,
- $\alpha_s$  = 40 untuk kolom interior
- $\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
- $b_o$  = Keliling penampang kritis :
- $b_o$  =  $\pi \cdot (D_{\text{tiang}} + d)$

Berikut adalah contoh perhitungan kontrol geser pons akibat tiang pancang pada poer tipe 1:

- $\beta$  =  $150/150 = 1$
- $d$  =  $1650 - (50 + 29 + \frac{1}{2} \cdot 29)$   
= 1557 mm
- $b_o$  =  $\pi \cdot (D_{\text{tiang}} + d)$   
=  $\pi \cdot (1200 + 1557)$   
= 8659,8 mm

- $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$   
 $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{40} \times 8659,8 \times 1557$   
= 43476759,44 N
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$   
 $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1557}{8659,8} + 2\right) 1 \sqrt{40} \times 8659,8 \times 1557$   
= 65021796,8 N



$$\begin{aligned}
 - V_{c3} &= 0,333\lambda\sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 V_{c3} &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8659,8 \times 1557 \\
 &= 28387766,46 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{\max} \text{ 1 tiang}$$

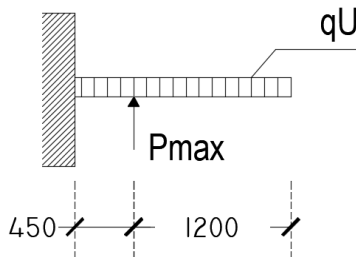
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 28387766,46 \text{ N} \\
 &= 21290824,84 \text{ N} \\
 &= 21290,82484 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 18311,7614 \geq 7439,23 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang pancang.

## B. Penulangan Poer

Perhitungan penulangan poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Dengan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapatkan dengan teori mekanika statis tertentu seperti digambarkan pada Gambar 4.63.



Gambar 4. 63 Pembebanan Poer

Poer tipe 1 :

$$P_{\max} = 743,92 \text{ ton}$$

$$q = 2,4 \times 4,8 \times 1,65$$

$$\begin{aligned}
 &= 19,008 \text{ ton /m} \\
 q_U &= 1,4 \times 19,008 \\
 &= 26,611 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah data perencanaan penulangan poer:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Diameter tulangan lentur = 29 mm
- Luas penampang tul. lentur = 660,5 mm<sup>2</sup>
- Tebal selimut (cover) = 50 mm
- $d_x$  =  $h - \text{cover} - \frac{1}{2} \cdot 29$   
 =  $1650 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 29$   
 = 1586 mm
- $d_y$  =  $h - \text{cover} - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29$   
 =  $1650 - 50 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29$   
 = 1557 mm
- $\beta_1$  =  $0,85 - 0,05 \cdot \frac{f_c' - 28}{7}$   
 (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)  
 =  $0,85 - 0,05 \cdot \frac{40 - 28}{7}$   
 = 0,764
- Batasan rasio tulangan
- Menentukan  $\rho$  balance
 
$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &\text{(SNI 2847:2013 lampiran B 8.4.2)} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,03639
 \end{aligned}$$
- Mencari  $\rho$  maksimum
 
$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\
 &\text{(SNI 2847:2013 lampiran B 10.3.3)} \\
 &= 0,75 \cdot 0,03639 \\
 &= 0,0273
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ maks} = 0,025$$

(SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)

Dipakai  $\rho$  maks terkecil = **0,025**

- Mencari  $\rho$  minimum

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$= \frac{0,25 \cdot \sqrt{40}}{420}$$

$$= 0,00376$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$= \frac{1,4}{420}$$

$$= 0,00333$$

Dipakai  $\rho$  min terbesar = **0,00376**

- Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{\frac{0,85 \cdot f'c}{420}}$$

$$= \frac{420}{0,85 \cdot 40}$$

$$= \mathbf{12,3529}$$

- Sumbu X

Tulangan Lentur

$$Mu = P_{\text{max}} \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot U \cdot L^2$$

$$= 2.743,92 \cdot 0,45 - \frac{1}{2} \cdot 26,611 \cdot 2,4^2$$

$$= 592,89 \text{ ton/m}$$

$$= 5928905603 \text{ Nmm}$$

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

$$= \frac{5928905603}{0,9 \cdot 1000 \cdot 1557^2}$$

$$= 0,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 0,57}{420}} \right)\end{aligned}$$

$$= 0,00136$$

$$(\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}})$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00376$$

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

$$= 0,00376 \cdot 4800 \cdot 1557$$

$$= 28126,6 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tul} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}}$$

$$= \frac{28126,6}{660,5}$$

$$= 42,6 \text{ buah}$$

$$\approx 43 \text{ buah}$$

$$S = \frac{4800}{n \text{ tul}}$$

$$= \frac{4800}{43}$$

$$= \mathbf{112 \text{ mm}}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 3 \cdot h$$

$$= 3 \cdot 1500$$

$$= 4500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = \mathbf{110 \text{ mm}}$$

Sehingga pada poer tipe 1 dipasang tulangan lentur **D29-110**.

Tulangan Tekan

$$\text{As} = 0,5 \times \text{As}$$

$$= 0,5 \times 28126,2$$

$$= 14063,1 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tul} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{14063,1}{380} \\
 &= \mathbf{37} \text{ buah} \\
 S &= \frac{4800}{37} \\
 &= \mathbf{130} \text{ mm} \\
 S \text{ max} &= 450 \text{ mm} \\
 S \text{ max} &= 3.h \\
 &= 3.1500 \\
 &= 4500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan tekan **D22-110**.

➤ Sumbu Y

Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 Mu &= P_{\max} \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot U \cdot L^2 \\
 &= 2.743,92 \cdot 0,45 - \frac{1}{2} \cdot 26,611 \cdot 2,4^2 \\
 &= 592,89 \text{ ton/m} \\
 &= 5928905603 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{5928905603}{0,9 \cdot 1000 \cdot 1557^2} \\
 &= 0,57 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,353 \cdot 0,57}{420}} \right) \\
 &= 0,00136 \\
 &(\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,00376 \\
 As \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00376 \cdot 4800 \cdot 1557 \\
 &= 28126,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= \frac{As \text{ perlu}}{As} \\
 &= \frac{28126,6}{660,5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 42,6 \text{ buah} \\
 &\approx 43 \text{ buah} \\
 S &= \frac{4800}{n \text{ tul}} \\
 &= \frac{4800}{43} \\
 &= \mathbf{112 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\max} &= 3.h \\
 &= 3.1500 \\
 &= 4500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = \mathbf{110 \text{ mm}}$$

Sehingga pada poer tipe 1 dipasang tulangan lentur **D29-110**.

Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,5 \times A_s \\
 &= 0,5 \times 28126,2 \\
 &= 14063,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} \\
 &= \frac{14063,1}{380} \\
 &= \mathbf{37 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{4800}{37} \\
 &= \mathbf{130 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$S \text{ max} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ max} &= 3.h \\
 &= 3.1500 \\
 &= 4500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan tekan **D22-110**.

Berikut adalah rekapitulasi tulangan poer semua jenis :

Tabel 4. 121 Rekapitulasi Tulangan Poer

Tipe	Sumbu X			Sumbu Y		
Tipe 1	Lentur			Lentur		
	D	29	110	D	29	110
	Tekan			Tekan		
	D	22	110	D	22	110
Tipe 2	Lentur			Lentur		
	D	29	110	D	29	110
	Tekan			Tekan		
	D	22	110	D	22	110

#### 4.5.4 Perencanaan Sloof

Sloof adalah struktur yang terletak diatas pondasi, dimana berfungsi mendistribusikan beban struktur atas ke pondasi. Selain itu sloof juga berfungsi agar apabila penurunan pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain sloof merupakan pengaku antar pondasi.

Berikut adalah data perencanaan balok sloof pada gedung Grand Dharmahusada lagoon :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa
- Diameter tulangan lentur = 25 mm
- Luas penampang tul. lentur = 491 mm<sup>2</sup>
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm
- Luas penampang tul.sengkang = 133 mm<sup>2</sup>
- Tebal selimut (cover) = 50 mm
- $d'$  = cover +  $D_{\text{sengkang}}$  +  $\frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul.lentur}}$   
= 50 + 13 +  $\frac{1}{2} \cdot 25$   
= 75,5 mm
- $\beta_1$  =  $0.85 - 0.05 \cdot \frac{f_c' - 28}{7}$   
(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)  
=  $0.85 - 0.05 \cdot \frac{40 - 28}{7}$   
= 0,764

### A. Penulangan Sloof

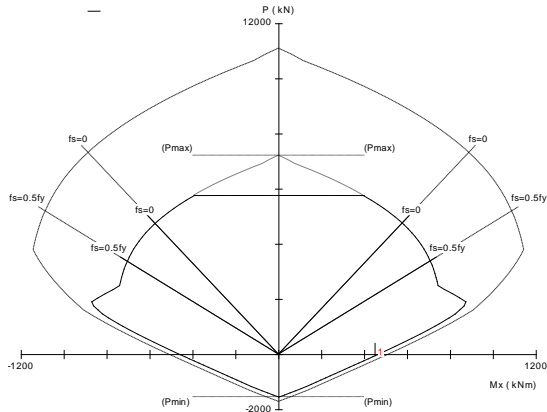
Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Berikut adalah gaya aksial dan momen yang terjadi pada balok sloof : contoh perhitungan balok sloof S1 (40/70)

$$P_u = 183,1 \text{ kN}$$

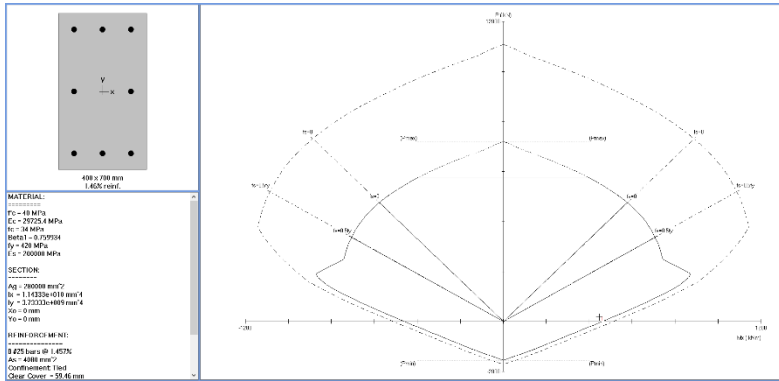
$$M_u = 488,3 \text{ kNm}$$

Gaya aksial dan momen di atas digunakan sebagai input pada spColumn untuk merencanakan tulangan longitudinal.



Gambar 4. 64 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Sloof S1





Gambar 4. 65 Hasil Analisa spColumn Sloof S1

Sehingga dipasang tulangan sebagai berikut :

Tulangan lentur = 8 D 25

$\rho$  pasang = 1,46 %

(1% <  $\rho$  pasang < 8%) **OK**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b_w - 2 \cdot D_{sengkan} - 2 \cdot cover - n \cdot D_{lentur}}{n - 1} \\
 &= \frac{400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 50 - 3 \cdot 25}{3 - 1} \\
 &= 99,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

## B. Penulangan Geser Sloof

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

$$V_u = 178279,4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 624,5 \\
 &= 263312,32 \text{ N} \\
 &= 26331,232 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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

$$178279,4 < 0,75 \left( 263312,32 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 624,5 \right)$$

$$178279,4 < 1053249,3 \text{ N} \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

Cek kriteria kebutuhan tulangan geser :

- i.  $V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$   
 (Tidak perlu tulangan geser)  
 $V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$   
 $178279,4 \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 263312,32$   
 $178279,4 \leq 98742,12 \text{ N} \rightarrow$  tidak memenuhi
- ii.  $0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c$   
 (Dipakai tulangan geser minimum)  
 $98742,12 \leq 178279,4 \leq 0,75 \cdot 263312,32$   
 $98742,12 \leq 178279,4 \leq 19747,24 \text{ N} \rightarrow$  **memenuhi**
- iii.  $\emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset(V_c + V_s)$   
 (Perlu tulangan geser)  
 $V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 624,5$   
 $= 526624,64 \text{ N}$   
 $= 52662,464 \text{ kg}$   
 $\emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset(V_c + V_s)$   
 $19747,24 < 178279,4 < 592452,72 \text{ N} \rightarrow$  tidak  
 memenuhi

Jadi diperlukan tulangan geser karena memenuhi kriteria ii. Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI 2847:2013 pasal 11.4.5.1 :

$$d_2 = 634,5/2$$

$$= 317,5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan geser tumpuan **D13-300**.

Berikut adalah rekapitulasi tulangan lentur dan geser pada semua jenis sloof:

Tabel 4. 122 Rekapitulasi Tulangan Lentur Sloof

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Tulangan	Rasio Tulangan ( $\rho$ )	S mm	Sijin mm	Kontrol
		b (cm)	h (cm)					
S1	6	40	70	8 D 25	1,46%	99,5	25	OK
S2	8	50	80	12 D 25	1,53%	91,3	25	OK
S3	8,35	50	80	12 D 25	1,53%	91,3	25	OK

Tabel 4. 123 Rekapitulasi Tulangan Geser Sloof

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		d	S	S max	S pakai
		b (cm)	h (cm)	mm	mm	mm	mm
S1	6	40	70	624,5	176,28927	312,25	300
S2	8	50	80	724,5	141,03142	362,25	300
S3	8,35	50	80	724,5	141,03142	362,25	300

*Halaman ini sengaja dikosongk*

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan perencanaan struktur gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya yang direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen biasa dengan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB). Maka dapat dalam Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Permodelan gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya dengan sistem isolasi dasar (*base isolation*) memiliki reduksi simpangan antar lantai rata-rata pada arah X sebesar 14,34% dan arah Y sebesar 18,69%, serta untuk gaya geser dasar memiliki reduksi sebesar 26,27% dan arah Y sebesar 25,93% dibandingkan permodelan struktur jepit (*fixed base*).
2. Perencanaan gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya memiliki dimensi struktur sekunder dan struktur primer sebagai berikut:
  - Struktur Sekunder:
    - a) Tangga :

Tebal pelat tangga = 140 mm	Pelat atap = 120 mm
Tebal pelat bordes = 140 mm	Pelat basement = 200 mm
Balok bordes = 20/30 cm	c) Balok anak = 25/40 cm, 30/50 cm
	d) Balok lift : Balok penumpu = 30/40 cm
    - b) Pelat :  
Pelat lantai = 120 mm
  - Struktur Primer :
    - a) Balok induk : 40/70 cm, 50/80 cm
    - b) Kolom : (Tipe A dan Tipe B)

Lantai 38-42	= 60 x 60 cm dan 75 x 50 cm
Lantai 33-37	= 80 x 80 cm dan 100 x 60 cm
Lantai 28-32	= 100 x 100 cm dan 120 x 75 cm

Lantai 23-27	= 110 x 110 cm dan 140 x 90 cm
Lantai 18-22	= 120 x 120 cm dan 160 x 90 cm
Lantai 13-17	= 130 x 130 cm dan 170 x 100 cm
Lantai 7-12	= 140 x 140 cm dan 190 x 105 cm
Lantai 1-6	= 150 x 150 cm dan 200 x 115 cm
Pedestal A	= 150 x 150 cm
Pedestal B	= 200 x 150 cm

3. Dalam perencanaan *base isolator* yang digunakan pada gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya didapatkan dimensi HDRB untuk kolom interior dan eksterior dengan diameter *rubber* 1100 mm (HH110X6R) dari brosur *bridgestone : Seismic isolation product line-up*.
4. Dalam perencanaan pondasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya digunakan *Bored Pile* diameter 1200 mm dengan total kedalaman 48 meter. Didapatkan 2 jenis analisa poer yang dibedakan berdasarkan tipe pedestal di atasnya dengan ukuran poer 4800 x 4800 x 1650 mm dan 4800 x 4800 x 1600 mm serta jumlah tiang sebanyak 4 buah.
5. Semua hasil akhir perencanaan dijelaskan dalam bentuk gambar teknik yang dapat dilihat pada lampiran.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini diantaranya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai perencanaan struktur menggunakan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) dengan peraturan-peraturan yang sudah ada.
2. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai penggunaan *base isolator* pada *highrise building* sehingga didapatkan hasil optimal dalam pemilihan penggunaan *base isolator*.
3. Diharapkan dalam perencanaan dapat memodelkan struktur *base isolator* semirip mungkin dengan parameter-parameter pada *base isolator* sehingga dapat memaksimalkan analisa penggunaan *base isolator*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Widodo, Amien. 2011. **Bencana Kita Kenal Kita Selamat**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
- Bahri, Syaeful., dan Madlazim. **Pemetaan Topografi, Geofisika dan Geologi Kota Surabaya**. Surabaya, Indonesia
- Widodo, Amien. 2017. **Kajian Sesar Sesar di Kota Surabaya dan Sekitarnya**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
- Teguh, Mochammad. 1994. **Perencanaan Gedung Tahan Gempa**. Universitas Islam Indonesia, Indonesia
- Jankowski, Robert. 2004. ***Non-Linear Model of High Damping Rubber Bearing***. Canada : *13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*
- Ismail, Febrian Anas. 2012. **Pengaruh Penggunaan *Seismic Base Isolation System* terhadap Respon Struktur Gedung Hotel Ibis Padang**. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas
- Suardi, Edison. 2013. ***Rubber Bearing Isolator* sebagai Sistem Penahan Gempa pada Bangunan Hotel Ibis Padang**. Jakarta : PT. PP (Persero) Tbk
- Nassani, Dia Eddin., dan Abdulmajeed, Mustafa Wassef. 2015. ***Seismic Base Isolation in Reinforced Concrete Structure***. *Department of Civil Engineering, Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Turkey*
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional

- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain** . Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1981. **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983** . Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- ACI Committee 318. 2011. **Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11)**. U.S.A: American Concrete Institute
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971** . Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan



## **LAMPIRAN**

### **Lampiran 1 (Data Tanah)**



TESTANA ENGINEERING, Inc.

**BORING LOG (1)**

BOREHOLE # : DB-9

PROJECT : Grand Dhammhusade Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.50 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	G <sub>s</sub>	e <sub>o</sub>	S <sub>r</sub>	
		0	10	20	30	48	TYPE	C / (C)	φ / (φ)	1	28					41
0	Fill material consists of sand and gravel, brown															
1	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency															
2	Clay and fine sand, grey, little of silt, very soft consistency						Vane	0.10	-	18	29	77	1.52	2.58	1.97	100
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace to little of fine sand, very soft consistency															
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense															
17																
18																
19	Clay and silt, grey mottled with brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency															
20																
21																
22	Silt and sand, brown															
23																
24																
25																
26	Sand, grey, some of silt, trace of gravel, medium dense						QT	0.10	35				1.85	2.50	0.68	100
27																
28																
29	Silt and sand, greyish brown, trace of gravel, dense															
30																
31																
32																
33																
34	Silt, light brownish grey to light grey, little of sand, medium dense															
35																
36																
37																
38																
39																
40																

NOTE:  
 0 to 10 % = Trace  
 10 to 20 % = Little  
 20 to 35 % = Some  
 35 to 50 % = And

= Fairly Undisturbed Sample  
 = Undisturbed Sample  
 = SPT  
 C = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>  
 φ = Internal friction angle, deg

UU = Unconsolidated Undrained  
 CU = Consolidated Undrained  
 CD = Consolidated Drained  
 SPT = Standard Penetration Test (Blows / ft)  
 q<sub>u</sub> = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

O = W<sub>n</sub> = Moisture content, %  
 ● = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %  
 Δ = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %  
 γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>  
 G<sub>s</sub> = Specific gravity  
 e<sub>o</sub> = Void ratio



PROJECT : Grand Dharmahusada Lagoos.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.80 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 60.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	e <sub>0</sub>	Sr	
		5	10	20	30	45	TYPE	C/D	σ' / σ	0	25	40					60
40																	
41	☑ Silt, light brownish grey to light grey, little of sand, medium dense																
42																	
43	☑ Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency						UU	2.00	10		●	△		1.90	2.51	0.68	100
44																	
45	☑ Sand and silt, grey, weakly cemented at some depths, trace of gravel, dense																
46																	
47	☑ Clay and silt, grey mottled with brown at some depths, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
48																	
49	☑ Sand and silt, grey, trace of clay, very dense						UU	1.50	10'		●	△		1.88	2.53	0.74	100
50																	
51	☑ Clay and silt, grey mottled with brown at some depths, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
52																	
53	☑ Silt, brown, some of sand, medium dense																
54																	
55	☑																
56																	
57																	
58																	
59																	
60	End of Boring																

NOTE

0 to 10 % = Trace  
 10 to 20 % = Little  
 20 to 35 % = Some  
 35 to 50 % = And

☐ = Fully Undisturbed Samples  
 ☑ = Undisturbed Sample  
 ☒ = SPT  
 C = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>  
 α = Internal friction angle, deg

UU = Unconsolidated Undrained  
 CU = Consolidated Undrained  
 CD = Consolidated Drained  
 SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)  
 q<sub>u</sub> = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

○ = W<sub>p</sub> = Moisture content, %  
 ● = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %  
 △ = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %  
 T = Bulk density, t/m<sup>3</sup>  
 G<sub>s</sub> = Specific gravity  
 e<sub>0</sub> = Void ratio

Titik	Batas Pendugaan Tebal Lapisan (m)	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega$ m)	Prediksi Jenis Batuan
GL - 3	0.00 – 1.80	90.00	Breksi
	1.80 – 4.50	9.00	Lempung kepasiran
	4.50 – 11.80	2.25	Lempung
	11.80 – 13.20	1.17	Lempung
	13.20 – 27.50	2.24	Batu Lempung
GL - 4	0.00 – 1.45	105	Breksi
	1.45 – 3.80	10.50	Lempung kepasiran
	3.80 – 6.60	3.90	Lempung
	6.60 – 9.50	1.40	Lempung
	9.50 – 27.00	21.60	Batu lempung

Jenis Pengujian	Satuan	Titik Bor				
		B - 33				
Parameter		0-2,0 m	2,0-4,0 m	4,0-6,0 m	6,0-7,5 m	7,5-20 m
<b>Indeks Properti</b>						
- Kadar Air (w)	%	37.57	36.07	34.37	49.04	34.50
- G <sub>s</sub>		2.606	2.687	2.640	2.603	2.625
- Berat vol. basah ( $\gamma_{wet}$ )	KN/m <sup>3</sup>	16.260	17.170	18.180	16.360	16.420
- Berat vol. kering ( $\gamma_d$ )	KN/m <sup>3</sup>	12.044	12.625	13.567	10.980	12.210
<b>Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)</b>						
- Kohesi (c)	KN/m <sup>2</sup>	20	16	21	19	18.2
- Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )	...°	19	19	16	21	30
<b>Grain Size</b>						
- Lolos ayakan no. 200	%	89.74	90.42	91.35	100	-
- Butiran < 0.002 mm	%	28.47	28.47	28.56	28.79	-
<b>Atterberg Limit</b>						
- Batas Cair (LL)	%	62.00	60.02	61.80	60.90	-
- Batas Plastis (PL)	%	30.00	28.10	28.60	30.55	-
- Indeks Plastisitas (PI)	%	32.00	32.10	33.20	30.35	-
- Indeks Kekentalan (Ic)		0.763	0.746	0.826	0.391	
- Activity (Ac)		1.014	1.050	1.200	1.168	
<b>Uji Permeabilitas</b>						
- Permeabilitas (k)	m/hr	2.52 E-4	2.52 E-4	2.52 E-4	4.72 E-6	3.6 E-5
<b>Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)</b>						
- Kuat Tekan (qu)	KN/m <sup>2</sup>	762.13	428.71	745.66	287.72	471.68
- Modulus Young (E)	KN/m <sup>2</sup>	6486.4	9155.7	7942.7	4856.5	22140.0
- Poisson Ratio (v)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.105

**Lampiran 2  
(Brosur Lift)**



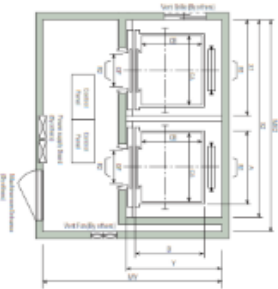
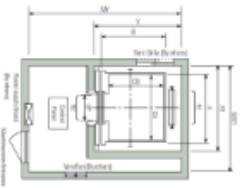
Moving solutions with safety, reliability and efficiency.

# PASSENGER ELEVATORS

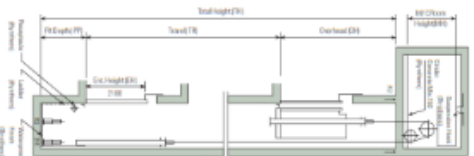
The Hyundai Elevator logo, consisting of a white triangle pointing upwards, followed by the text 'HYUNDAI ELEVATOR' in white, bold, uppercase letters. The background is a solid teal color.

**▲ HYUNDAI ELEVATOR**

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/s)	Capacity (kg)	Quality (kg)	Car		Hoisting Size		Machine Room Size		MT Room										
			Internal CA x CB	External A x B	X1	X2	Y	WT1	MT2	MT	R1	R2	R3	R4					
1.0	400	400	1400 x 1400	1400 x 1400	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	
	500	500	1400 x 1700	1400 x 1700	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	
	700	700	1400 x 1900	1400 x 1900	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040
	900	900	1400 x 2100	1400 x 2100	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040
1.5	700	700	1600 x 1700	1600 x 1700	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
	900	900	1600 x 1900	1600 x 1900	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
	1100	1100	1600 x 2100	1600 x 2100	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
	1300	1300	1600 x 2300	1600 x 2300	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
2.0	1000	1000	1800 x 1700	1800 x 1700	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
	1200	1200	1800 x 1900	1800 x 1900	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
	1400	1400	1800 x 2100	1800 x 2100	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
	1600	1600	1800 x 2300	1800 x 2300	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
2.5	1300	1300	2000 x 1700	2000 x 1700	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
	1500	1500	2000 x 1900	2000 x 1900	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
	1700	1700	2000 x 2100	2000 x 2100	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
	1900	1900	2000 x 2300	2000 x 2300	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
2.5	2400	2400	2200 x 1700	2200 x 1700	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
	2600	2600	2200 x 1900	2200 x 1900	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
	2800	2800	2200 x 2100	2200 x 2100	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
	3000	3000	2200 x 2300	2200 x 2300	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440

ENR Standard

Speed (m/s)	Overhead & Pit Depth		1190 ~ 1400		1400 ~ 1600		MT Room Height	
	Overhead	Pit Depth	Overhead	Pit Depth	Overhead	Pit Depth	MT Room Height	MT Room Height
1.0	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200
1.25	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200
1.5	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200
1.75	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200
2.0	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200
2.25	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200
2.5	4200	1100	4200	1100	4200	1100	2200	2200

Note: 1. Additional dimensions are provided on a height of 2200mm. 2. In case of requested safety system, contact with us. 3. Machine room temperature should not exceed 40°C and should not be less than 5°C.

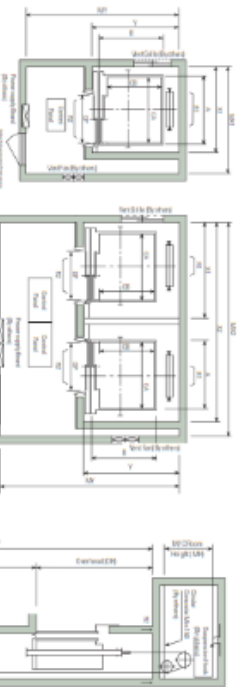
Speed (m/s)	Capacity (kg)	Quality (kg)	Opening type	Car		Hoisting Size		Machine Room Size		MT Room									
				Internal CA x CB	External A x B	X1	X2	Y	WT1	MT2	MT	R1	R2	R3	R4				
1.0	400	400	Open	1400 x 1400	1400 x 1400	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	
	500	500	Open	1400 x 1700	1400 x 1700	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	
	700	700	Open	1400 x 1900	1400 x 1900	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	
	900	900	Open	1400 x 2100	1400 x 2100	1800	2700	1540	2800	1400	2200	2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	
1.5	700	700	Open	1600 x 1700	1600 x 1700	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
	900	900	Open	1600 x 1900	1600 x 1900	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
	1100	1100	Open	1600 x 2100	1600 x 2100	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
	1300	1300	Open	1600 x 2300	1600 x 2300	2000	2700	1640	2800	1600	2200	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
2.0	1000	1000	Open	1800 x 1700	1800 x 1700	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
	1200	1200	Open	1800 x 1900	1800 x 1900	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
	1400	1400	Open	1800 x 2100	1800 x 2100	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
	1600	1600	Open	1800 x 2300	1800 x 2300	2200	2700	1740	2800	1800	2200	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240	2240
2.5	1300	1300	Open	2000 x 1700	2000 x 1700	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
	1500	1500	Open	2000 x 1900	2000 x 1900	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
	1700	1700	Open	2000 x 2100	2000 x 2100	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
	1900	1900	Open	2000 x 2300	2000 x 2300	2400	2700	1840	2800	2000	2200	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340	2340
2.5	2400	2400	Open	2200 x 1700	2200 x 1700	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
	2600	2600	Open	2200 x 1900	2200 x 1900	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
	2800	2800	Open	2200 x 2100	2200 x 2100	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440
	3000	3000	Open	2200 x 2300	2200 x 2300	2600	2700	1940	2800	2200	2200	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440



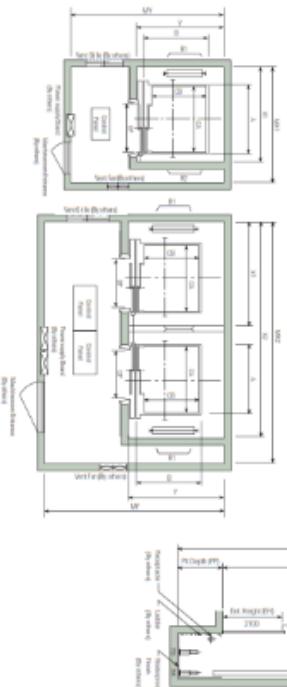
Plan of Hoistway & Machine Room

Section of Hoistway

Rear Drop



Side Drop



Overhead & Pit Depth

Speed (m/s)	400 - 900		1150 - 1600		M.C Room Height (mm)
	Overhead	Pit Depth	Overhead	Pit Depth	
1.5	4200	1300	4200	1300	2040
1.75	4200	1500	4200	1400	2040
2.0	4200	1900	4200	2000	2040
2.5	5000	2300	5000	2300	2040

- Note:
1. Door dimensions are applicable for height of 2000mm.
  2. For other speed/elevator configurations, contact us.
  3. Machine room temperature shall be maintained below 40°C.
  4. Machine room ventilation shall be maintained at minimum 10 air changes per hour.
  5. Machine room shall be an enclosure of minimum 40°C.
  6. Machine room shall be an enclosure of minimum 40°C.
  7. Machine room shall be an enclosure of minimum 40°C.
  8. Machine room shall be an enclosure of minimum 40°C.
  9. Machine room shall be an enclosure of minimum 40°C.
  10. Machine room shall be an enclosure of minimum 40°C.

Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

Speed (m/s)	Capacity Persons/kg	Opening Type	Door Type	CMT	Eural		Holloway Size		Machine Room Size		M.C Room (kg)	Pit Reaction (kg)				
					Internal CA x CB	External A x B	X1	X2	Y	M1			M2	M3	R1	R2
1.0	8 / 450	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400
1.5	10 / 700	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400
2.0	17 / 1100	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400
2.5	20 / 1200	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400

EN81 Standard

Speed (m/s)	Capacity Persons/kg	Opening Type	Door Type	CMT	Eural		Holloway Size		Machine Room Size		M.C Room (kg)	Pit Reaction (kg)				
					Internal CA x CB	External A x B	X1	X2	Y	M1			M2	M3	R1	R2
1.0	8 / 450	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400
1.5	10 / 700	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400
2.0	17 / 1100	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400
2.5	20 / 1200	2000	2000	600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2400	2000	5400	4300	
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	2100	2100	2100	4200	4000
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1800	1800	1800	3600	3600
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1600	1600	1600	3200	3200
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1400	1400	1400	2800	2800
				600	1100x1100	1100x1140	1500	2000	1000	1000	2000	1200	1200	1200	2400	2400



**Lampiran 3**  
**(Brosur HDRB)**

# **BRIDGESTONE**

## Seismic Isolation Product Line-up

High Damping Rubber Bearing    Lead Rubber Bearing

Natural Rubber Bearing    Elastic Sliding Bearing



Version 2015 vol. 1

# Product Specification & Description of Performance Characteristics

## High Damping Rubber Bearing (HDR)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan  
**MVBR-0516 (X0.3R Series)** Acquired in December 2014  
**MVBR-0510/MVBR-0519 (X0.4S Series)** Acquired in December 2014  
**MVBR-0514/MVBR-0520 (X0.6R Series)** Acquired in December 2014

### Product Dimension

Characteristics		Sectional View
Outer diameter	: $D_o$ [mm]	
Inner diameter	: $D_i$ [mm]	
Number of inner diameter	: $n$	
Effective plane area	: $A [ \times 10^4 \text{mm}^2 ]$	
Thickness of one rubber layer	: $t$ [mm]	
Number of rubber layers	: $n$	
Total rubber thickness	: $H = n \cdot t$ [mm]	
First shape factor	: $S_1 = \frac{(D_o^2 - n \cdot D_i^2)}{4 \cdot t \cdot (D_o + D_i)}$	
Second shape factor	: $S_2 = D_o / (n \cdot t)$	
Diameter of flange	: $D$ [mm]	
Thickness of flange edge/center	: $t_c / t_e$ [mm]	
Connecting bolt PCD	: PCD [mm]	
Diameter of connecting bolt hole $\times$ qty	: $d_c$ [mm] $\times$ qty	
Bolt size (assumption)	: $M(d_c - 3)$	
Thickness of each reinforced steel plate	: $t_r$ [mm]	
Total height	: $H$ [mm]	
Total weight 1 [kN] = 1 / 9.80665 [tonf]		

### Rubber Material

Notation of rubber kind (standard temperature 20°C standard strain  $\gamma = 100\%$ )

Compound name	Rubber code	Shear modulus $G_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Equivalent damping ratio $H_e$
X3R	XD.3R	0.300	0.17
X4S	XD.4S	0.392	0.24
X6R	XD.6R	0.620	0.24

Composition of rubber materials (weight ratio %)

	Rubber code	Natural rubber Synthetic rubber	Filler, Reinforcement agent	Vulcanization agent and others
Inner Rubber	X0.3R	35 and above	15 and above	50 and below
	X0.4S	35 and above	20 and above	45 and below
	X0.6R	35 and above	25 and above	40 and below
Cover rubber		40 and above	15 and above	40 and below

Properties of rubber materials

Item	Tensile strength [N/mm <sup>2</sup> ]	Elongation at Break [%]	Hardness [JIS A]	100% modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	Young's modulus E [N/mm <sup>2</sup> ]	Bulk modulus E <sub>v</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Correction factor for apparent Young's modulus according to hardness, k
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251	-	-	-
Inner Rubber	X0.3R	7 and above	700 and above	34 $\pm$ 8	0.53 $\pm$ 0.2	4.0	1.0
	X0.4S	7 and above	840 and above	37 $\pm$ 8	0.43 $\pm$ 0.2	6.2	1.0
	X0.6R	8.5 and above	780 and above	53 $\pm$ 5	0.73 $\pm$ 0.2	7.6	1.0
Cover rubber	12 and above	600 and above	-	-	-	-	-

### Steel Material

Steel material for each part

Part	Material
Reinforced steel plate	SS400 [JIS G 3101]
Flange**	SS400 [JIS G 3101]
Connecting plate**	SS400 [JIS G 3101]

\*1: Optionally SP-MNQA [JIS G 3106]

\*2: Optionally special thickness other than standard thickness.

Anti-rust treatment of flange

Preparation	Remove rust up to blasting quality of SSPC-SP-10 [SIS Sa 2 1/2]
Primer	Zinc-rich paint: 75 $\mu$ m $\times$ 1 coat
Middle coat	Epoxy resin paint: 60 $\mu$ m $\times$ 1 coat
Finishing	Epoxy resin paint: 35 $\mu$ m $\times$ 1 coat
Total film thickness	170 $\mu$ m and above

\*1: Standard color is gray.

\*2: Other kinds of anti-rust treatment are also available. Please contact us for more details.

### Precautions

For mid-storey isolation, fire resistant cover is necessary (according to JSSI provision, HS110X4S cannot apply any fire resistant cover). Please contact fire resistant cover manufacturer who are listed in the JSSI manufacturer list for more details. ([http://www.jssi.or.jp/bussiness/kigyou\\_detail/to-si-base.htm](http://www.jssi.or.jp/bussiness/kigyou_detail/to-si-base.htm))

There are two certification numbers for X0.4S, X0.6R due to difference of some manufacturing process. Although their properties values are the same, please fill the certification number as shown in the table on the right in the design documents.

	Rubber size $\phi$ 1000 and below	Rubber size $\phi$ 1100 and above
X0.4S	Both MVBR0510/MVBR0519	MVBR0510 only
X0.6R	Both MVBR0514/MVBR0520	MVBR0514 only

Specification of flange [edge thickness / center thickness]

Outer diameter of rubber bearing (φ) <sup>1)</sup>	(800)	(950)	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300
Standard thickness	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	26/36	26/36	30/36	32/40	32/40
Special thickness (option)	(26/32)	(26/32)	(26/32)	30/36	32/40	32/40	37/45	37/45	42/50	42/50	42/50	42/50

\*1 For adoption of special thickness in regard to those sizes that stated in the ( ), delivery time will be longer due to mold preparation.  
 \*2 For φ1400 and above, assembled type flange will be used.  
 \*3 Compared to the standard specification, total height & weight of product for special thickness will be changed.

MVBR-0514/MVBR-0520 (X0.6R)

Note: There are 2 certification numbers due to difference of some manufacturing process.  
 Please refer to "Precautions" in page 6 for the certificate number that used for design document.

●HH Series (Total Rubber Thickness 20cm)

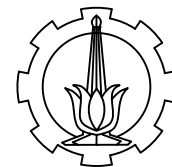
Code

Compound name	Rubber code	Shear modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	Equivalent damping ratio
XBR	X0.6R	0.620	0.240

Characteristics		H4036R	H4036R	H4076R	H4075R	H4086R	H4086R	H4096R	H4096R	H4106R	H4106R	H4206R	H4206R	H4406R	H4506R	H4606R	
Physical Dimensions	Outer diameter [mm]	800	850	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	
	Inner diameter [mm]	15	15	15	15	20	20	20	20	25	35	35	35	35	35	35	
	Effective plane area [×10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> ]	2626	3317	3847	4416	5063	5671	6359	7085	7849	8480	11286	13249	15361	17638	20258	
	Thickness of one rubber layer [mm]	4.0	4.4	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0	6.4	6.7	7.4	8.0	8.7	9.5	10.0	10.4	
	Number of rubber layers	50	45	43	40	37	35	33	31	30	27	25	23	21	20	19	
	Total rubber thickness [mm]	200	198	200	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200	200	195
	First shape factor	36.6	36.1	36.4	36.5	36.1	36.4	36.7	36.3	36.4	35.3	35.8	35.8	35.1	35.9	36.5	
	Second shape factor	3.00	3.28	3.46	3.75	4.00	4.26	4.55	4.79	4.98	5.51	6.00	6.50	7.02	7.50	8.10	
	Diameter of flange [mm]	900	950	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
	Thickness of flange*1 [edge/center]	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	26/36	26/36	30/36	32/40	32/40	37/45	42/50	50/110	
	Connecting bolt PCD [mm]	775	825	875	950	1000	1050	1100	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1900	
	Diameter of connecting bolt hole × qty	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ22 × 12	φ24 × 12	φ24 × 12	
	Bolt size (assumption)	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M36	M36	M36	M36	M36	M39	M39	
	Thickness of each reinforced steel plate [mm]	3.1	3.1	3.1	3.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.8	5.8	
	Total height [mm]	407.9	390.4	388.3	376.9	422.2	413.1	410.8	402.4	400.6	390.2	385.6	376.9	405.5	410.2	522.0	
Total weight [tonf]	0.66	0.72	0.80	0.90	1.21	1.31	1.49	1.59	1.77	2.05	2.38	2.65	3.46	4.05	6.64		
Total weight [kN]	6.5	7.0	7.9	8.9	11.9	12.9	14.6	15.6	17.3	20.1	23.3	26.0	33.9	39.7	65.1		
Compression Properties	Critical stress [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>c</sub> when γ = 0	43	52	58	69	79	89	102	113	122	136	149	160	173	185	200
		(γ <sub>10</sub> , σ <sub>10</sub> )	(0.22)	(0.30)	(0.35)	(0.42)	(0.48)	(0.52)	(0.56)	(0.59)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)
	Ultimate compressive stress [N/mm <sup>2</sup> ]	(γ <sub>1</sub> , σ <sub>1</sub> )	(15.22)	(14.30)	(14.35)	(15.48)	(16.48)	(18.52)	(21.56)	(23.59)	(25.60)	(31.60)	(33.60)	(33.60)	(33.60)	(33.60)	(33.60)
		(γ <sub>2</sub> , σ <sub>2</sub> )	(2.74)	(3.05)	(3.16)	(3.47)	(3.411)	(3.517)	(3.523)	(3.629)	(3.634)	(3.746)	(3.756)	-	-	-	-
	Compressive stiffness [×10 <sup>3</sup> kN/m]		1970	2340	2660	3090	3510	3970	4490	4980	5450	6590	7960	9220	10700	12300	14200
	Nominal long term compressive stress [N/mm <sup>2</sup> ]		6.6	8.1	9.1	10.7	12.0	13.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
Nominal long term column load [kN]		1860	2690	3500	4710	6050	7620	9540	10600	11800	14200	16900	19900	23000	26500	30100	
Allowable tensile stress [γ = 100%] [N/mm <sup>2</sup> ]		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Shear Properties [γ = 100%]	Initial stiffness [×10 <sup>3</sup> kN/m]	5.19	6.15	6.99	8.10	9.23	10.4	11.8	13.1	14.3	17.4	20.7	24.3	28.3	32.4	37.3	
	Post yield stiffness [γ = 100%] [×10 <sup>3</sup> kN/m]	0.519	0.615	0.699	0.810	0.923	1.04	1.18	1.31	1.43	1.74	2.07	2.43	2.83	3.24	3.73	
	Characteristic Strength [kN]	71.5	83.9	97.3	112	127	143	161	179	199	240	285	335	389	446	507	
	Equivalent shear stiffness [×10 <sup>3</sup> kN/m]	0.876	1.04	1.18	1.37	1.56	1.76	1.99	2.21	2.42	2.94	3.50	4.11	4.77	5.47	6.29	
	Equivalent damping ratio	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	

\*1 Special thickness for flange is available. Please refer to the table above for more details.

**Lampiran 4**  
**(Gambar Teknik)**



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

SKALA

LEMBAR

-

-

JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
DENAH BALOK LANTAI APARTEMEN	1	45
DENAH BALOK LANTAI ATAP	2	45
DENAH KOLOM Lt. 1-6	3	45
DENAH KOLOM Lt. 7-12	4	45
DENAH KOLOM Lt. 13-17	5	45
DENAH KOLOM Lt. 18-22	6	45
DENAH KOLOM Lt. 23-27	7	45
DENAH KOLOM Lt. 28-32	8	45
DENAH KOLOM Lt. 33-37	9	45
DENAH KOLOM Lt. 38-42	10	45
DENAH PEDESTAL Lt. PEMELIHARAAN	11	45
DENAH PELAT LANTAI	12	45
DENAH POER	13	45
DENAH SLOOF	14	45
DENAH DINDING PENAHAN TANAH	15	45
TAMPAK A	16	45
TAMPAK B	17	45
POTONGAN A-A	18	45
DENAH TANGGA	19	45
POTONGAN A	20	45
DETAIL TANGGA	21	45
TULANGAN PELAT (1)	22	45
TULANGAN PELAT (2)	23	45

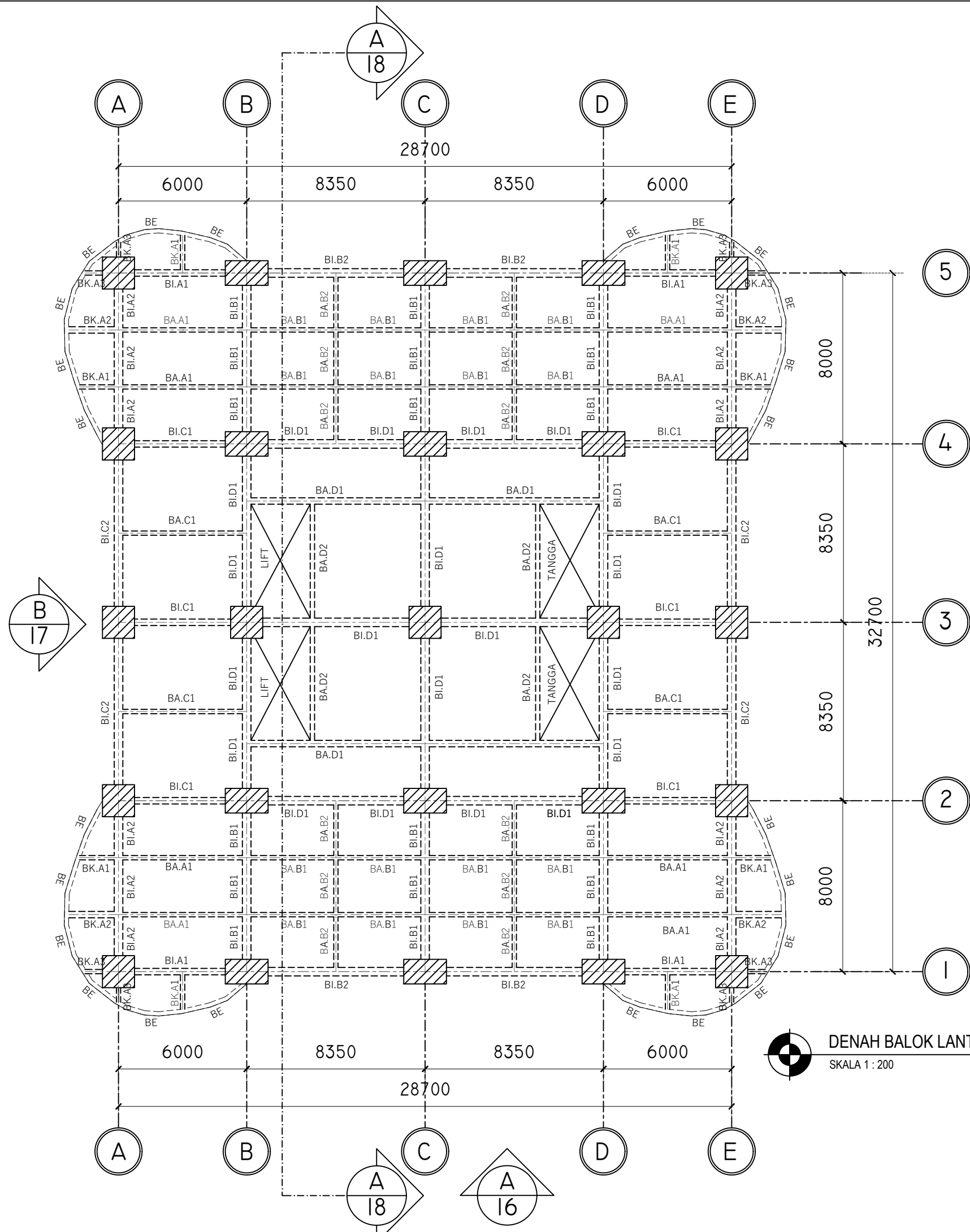
JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
TULANGAN PELAT (3)	24	45
TULANGAN PELAT (4)	25	45
TULANGAN BALOK ANAK LANTAI ATAP	26	45
TULANGAN BALOK ANAK LANTAI APARTEMEN	27	45
DENAH PEMASANGAN HDRB	28	45
DETAIL HDRB HH110X6R	29	45
DETAIL TULANGAN BI.A1	30	45
DETAIL TULANGAN BI.A2	31	45
DETAIL TULANGAN BI.B1	32	45
DETAIL TULANGAN BI.B2	33	45
DETAIL TULANGAN BI.C1	34	45
DETAIL TULANGAN BI.C2	35	45
DETAIL TULANGAN BI.D1	36	45
DETAIL TULANGAN K8 TIPE A	37	45
TULANGAN KOLOM (1)	38	45
TULANGAN KOLOM (2)	39	45
DETAIL DINDING PENAHAN TANAH	40	45
DETAIL TULANGAN POER 1	41	45
DETAIL TULANGAN POER 2	42	45
PENULANGAN SLOOF	43	45
DENAH PELAT LANTAI BASEMENT EL. 3.20	44	45
PENULANGAN PELAT BASEMENT	45	45



KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BI.A1	6	40	70	cm
BI.A2	8	50	80	cm
BI.B1	8	50	80	cm
BI.B2	8,35	50	80	cm
BI.C1	6	40	70	cm
BI.C2	8,35	50	80	cm
BI.D1	8,35	50	80	cm

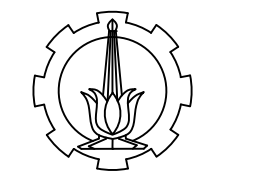
KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BA.A1	6	25	40	cm
BA.B1	4,18	25	40	cm
BA.B2	2,67	25	40	cm
BA.C1	6	25	40	cm
BA.D1	8,35	30	50	cm
BA.D2	5,7	25	40	cm
BE	2,68	25	40	cm

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BK.A1	2	25	40	cm
BK.A2	2,5	30	50	cm
BK.A3	1,8	25	40	cm



DENAH BALOK LANTAI APARTEMEN  
SKALA 1 : 200

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK  
LANTAI APARTEMEN

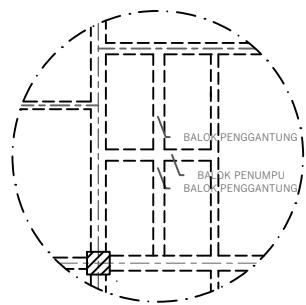
SKALA LEMBAR

1 : 200 1 / 45

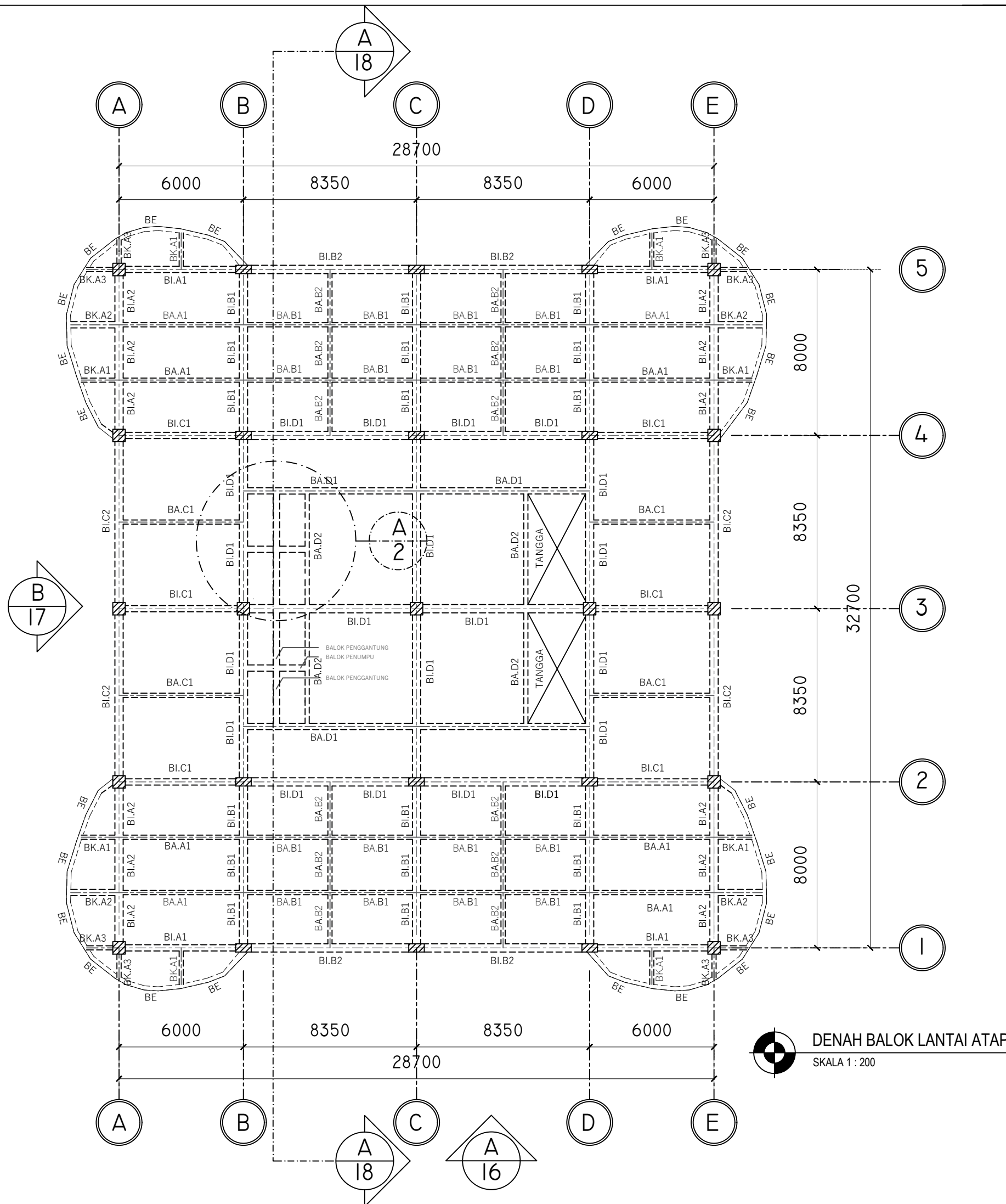
KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BI.A1	6	40	70	cm
BI.A2	8	50	80	cm
BI.B1	8	50	80	cm
BI.B2	8,35	50	80	cm
BI.C1	6	40	70	cm
BI.C2	8,35	50	80	cm
BI.D1	8,35	50	80	cm

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BA.A1	6	25	40	cm
BA.B1	4,18	25	40	cm
BA.B2	2,67	25	40	cm
BA.C1	6	25	40	cm
BA.D1	8,35	30	50	cm
BA.D2	5,7	25	40	cm
BE	2,68	25	40	cm

KODE	Bentang Balok (m)	Dimensi		Satuan
		b (cm)	h (cm)	
BK.A1	2	25	40	cm
BK.A2	2,5	30	50	cm
BK.A3	1,8	25	40	cm



**DETAIL A**  
SKALA 1 : 200



**DENAH BALOK LANTAI ATAP**  
SKALA 1 : 200

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

**MATA KULIAH**

TUGAS AKHIR

**JUDUL**

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

**DOSEN PEMBIMBING**

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

**MAHASISWA**

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

**JUDUL GAMBAR**

DENAH BALOK  
LANTAI ATAP

**SKALA**

1 : 200

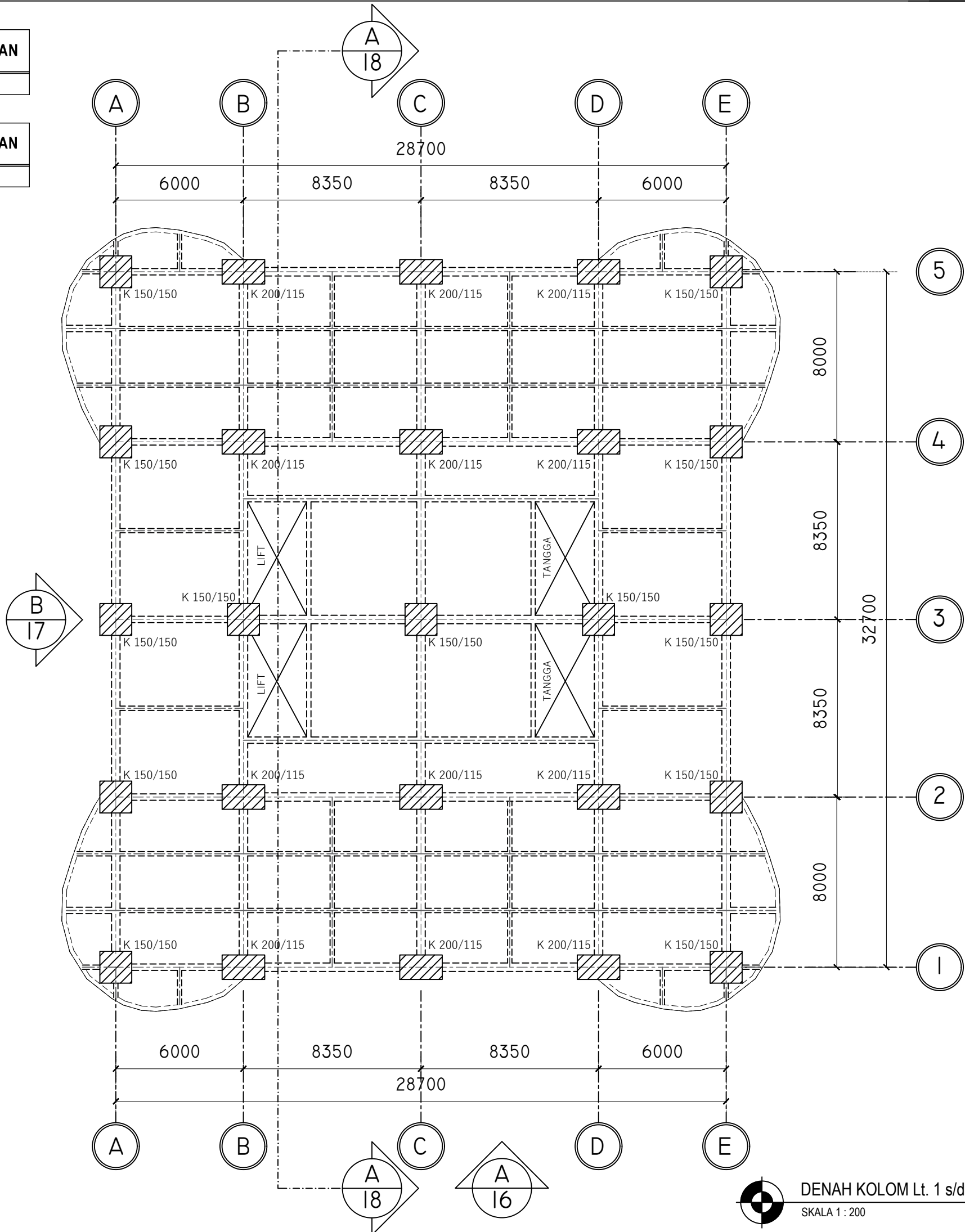
**LEMBAR**

2/45



KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K1 - A	6-1	+ 16	150	150	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K1 - B	6-1	+ 16	200	115	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm

**DENAH KOLOM Lt. 1 s/d 6**  
 SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI  
 SEPULUH NOPEMBER

**MATA KULIAH**

TUGAS AKHIR

**JUDUL**

Modifikasi Perencanaan Gedung  
 Grand Dharmahusada Lagoon  
 dengan Base Isolator :High  
 Damping Rubber Bearing

**DOSEN PEMBIMBING**

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
 Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

**MAHASISWA**

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

**JUDUL GAMBAR**

DENAH KOLOM Lt. 1  
 s/d 6

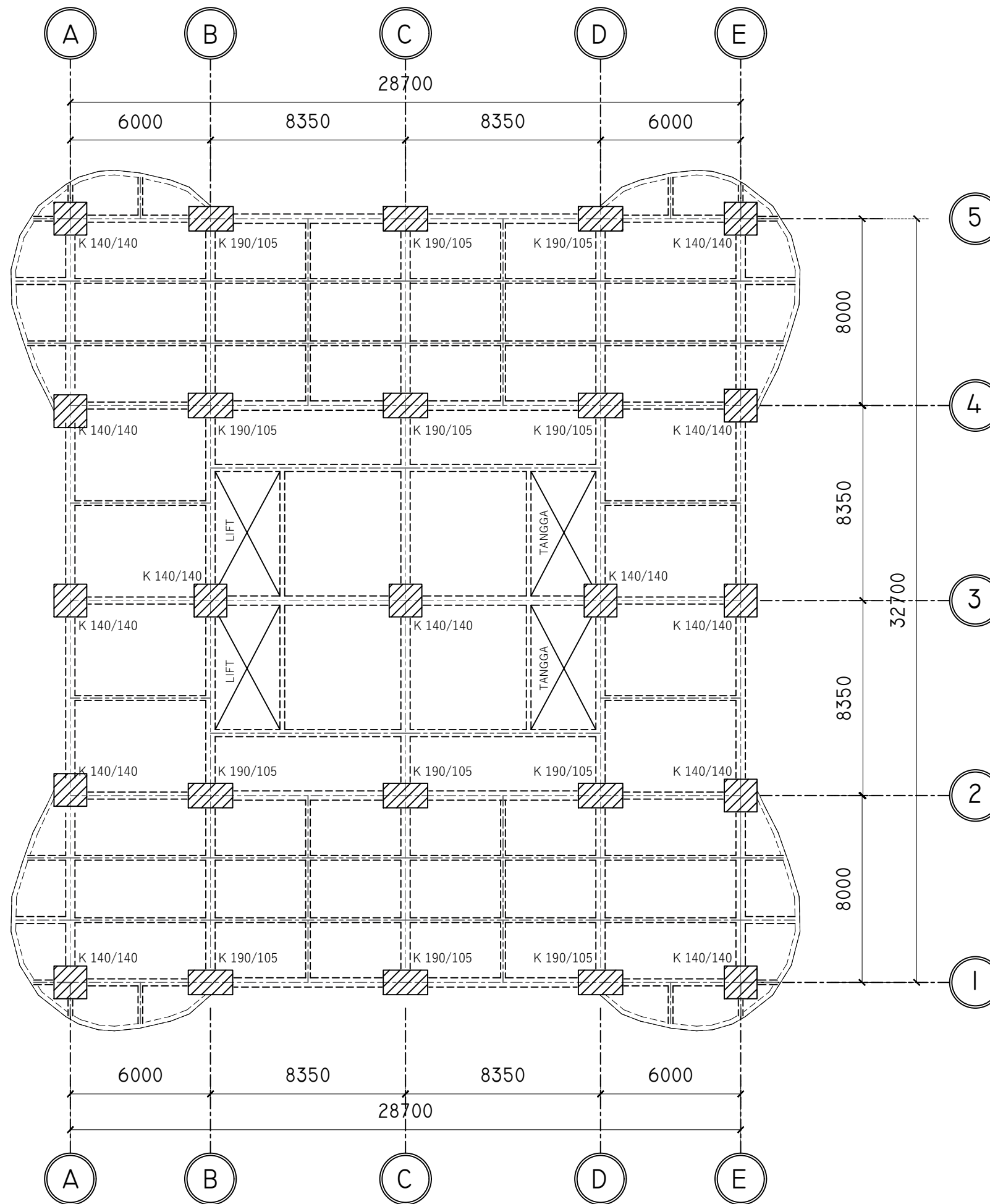
<b>SKALA</b>	<b>LEMBAR</b>
--------------	---------------

1 : 200

3/45

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K2 - A	12-7	+ 35.2	140	140	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K2 - B	12-7	+ 35.2	190	105	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 7 s/d 12  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 7  
s/d 12

SKALA

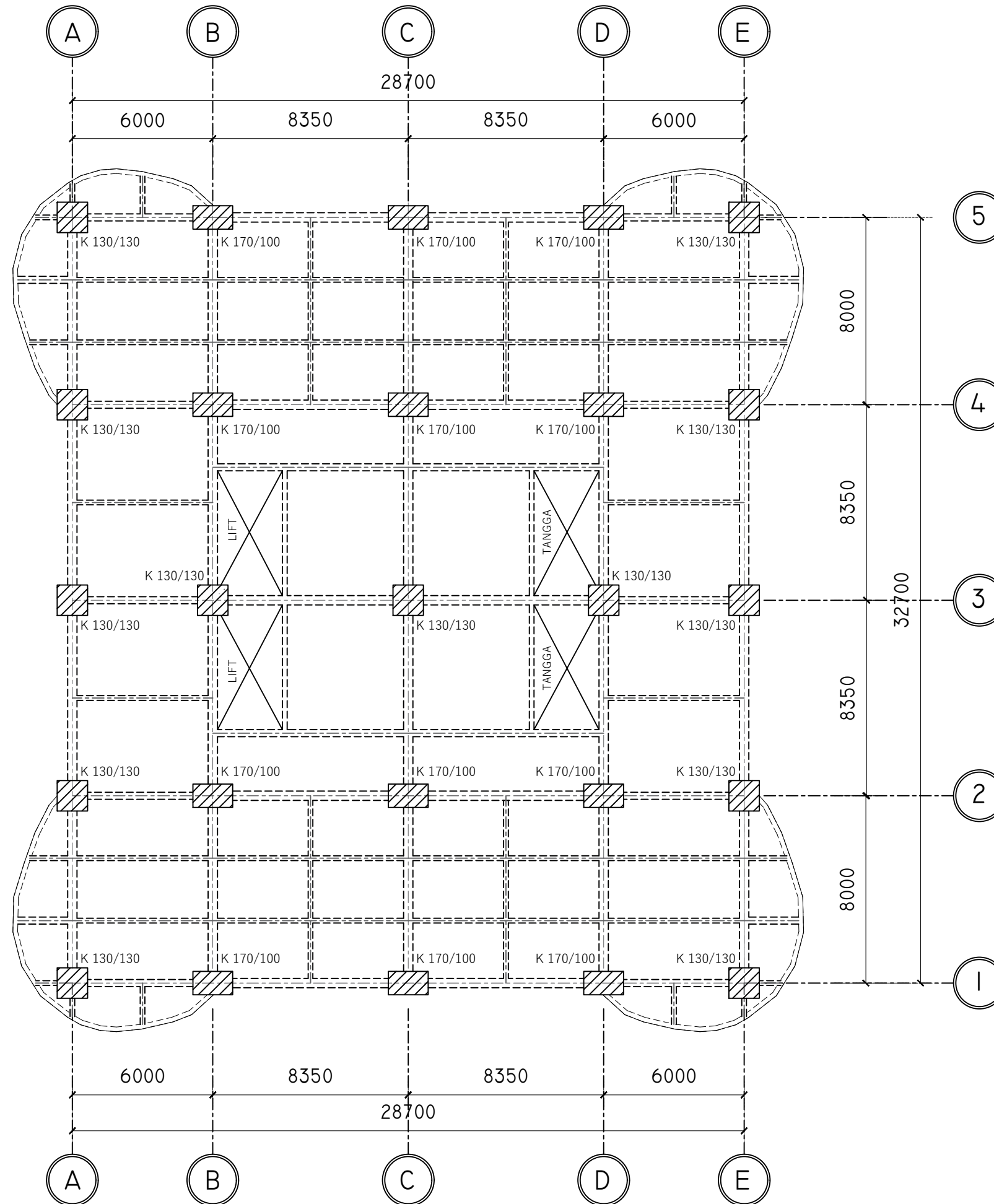
1 : 200

LEMBAR

4/45

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K3 - A	17-13	+51.2	130	130	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K3 - B	17-13	+51.2	170	100	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 13 s/d 17  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 13  
s/d 17

SKALA

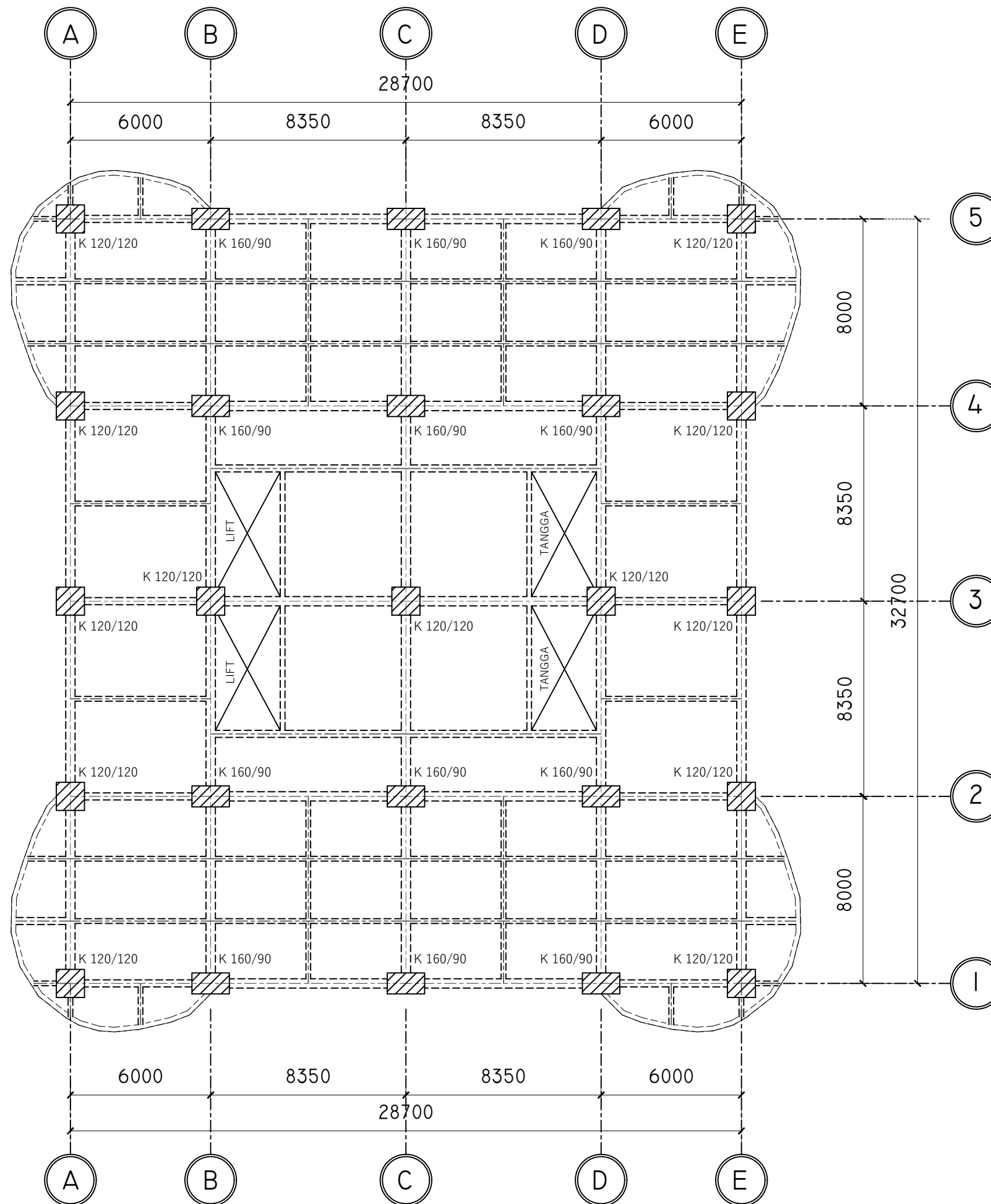
1 : 200

LEMBAR

5/45

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K4 - A	22-18	+ 67.2	120	120	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K4 - B	22-18	+ 67.2	160	90	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 18 s/d 22  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 18  
s/d 22

SKALA

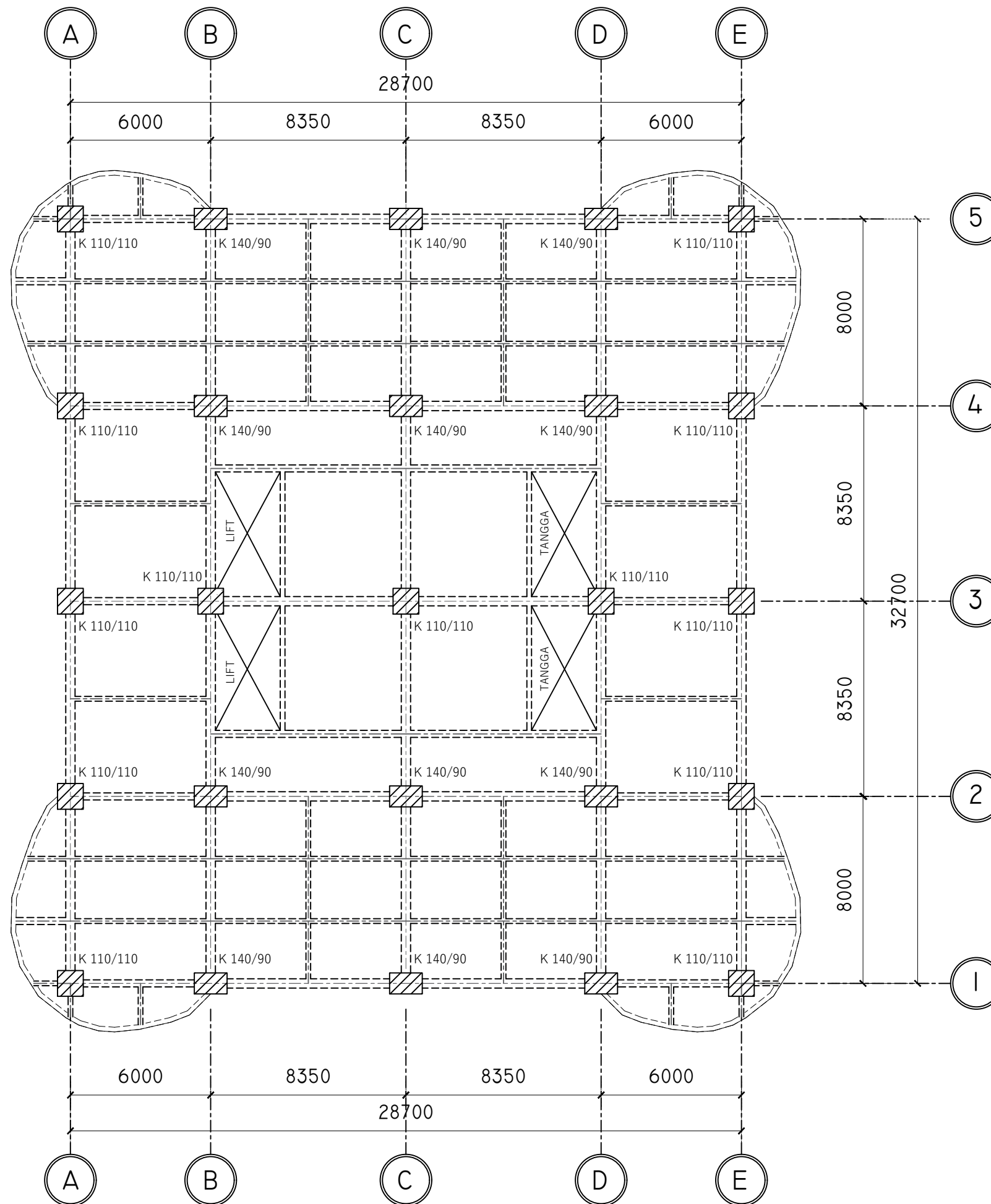
1 : 200

LEMBAR

6/45

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K5 - A	27-23	+83.2	110	110	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K5 - B	27-23	+83.2	140	90	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 23 s/d 27  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 23  
s/d 27

SKALA

1 : 200

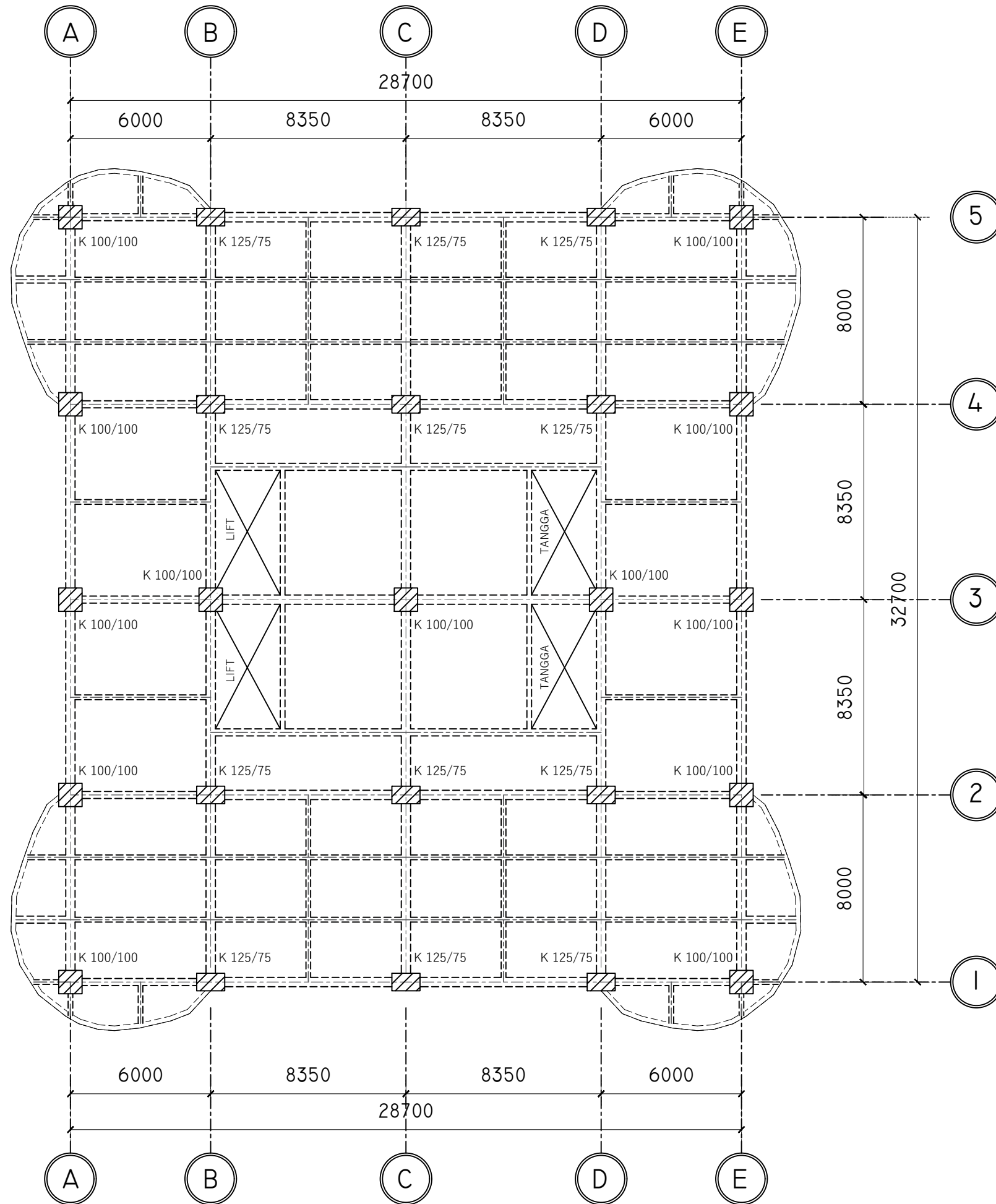
LEMBAR

7/45



KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K6 - A	32-28	+99.2	100	100	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K6 - B	32-28	+99.2	120	75	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 28 s/d 32  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 28  
s/d 32

SKALA

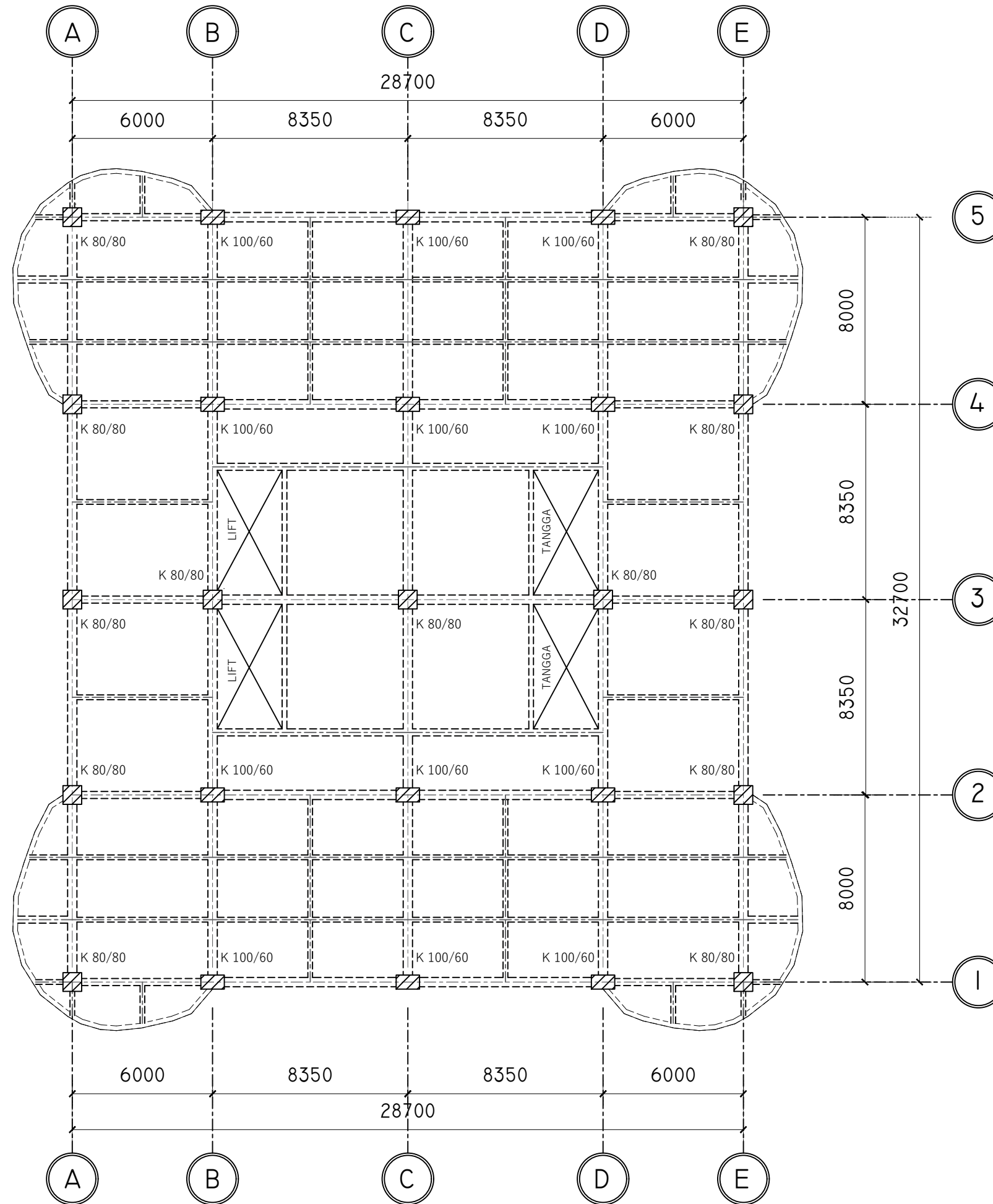
LEMBAR

1 : 200

8/45

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K7 - A	37-33	+ 115.2	80	80	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K7 - B	37-33	+ 115.2	100	60	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 33 s/d 37  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 33  
s/d 37

SKALA

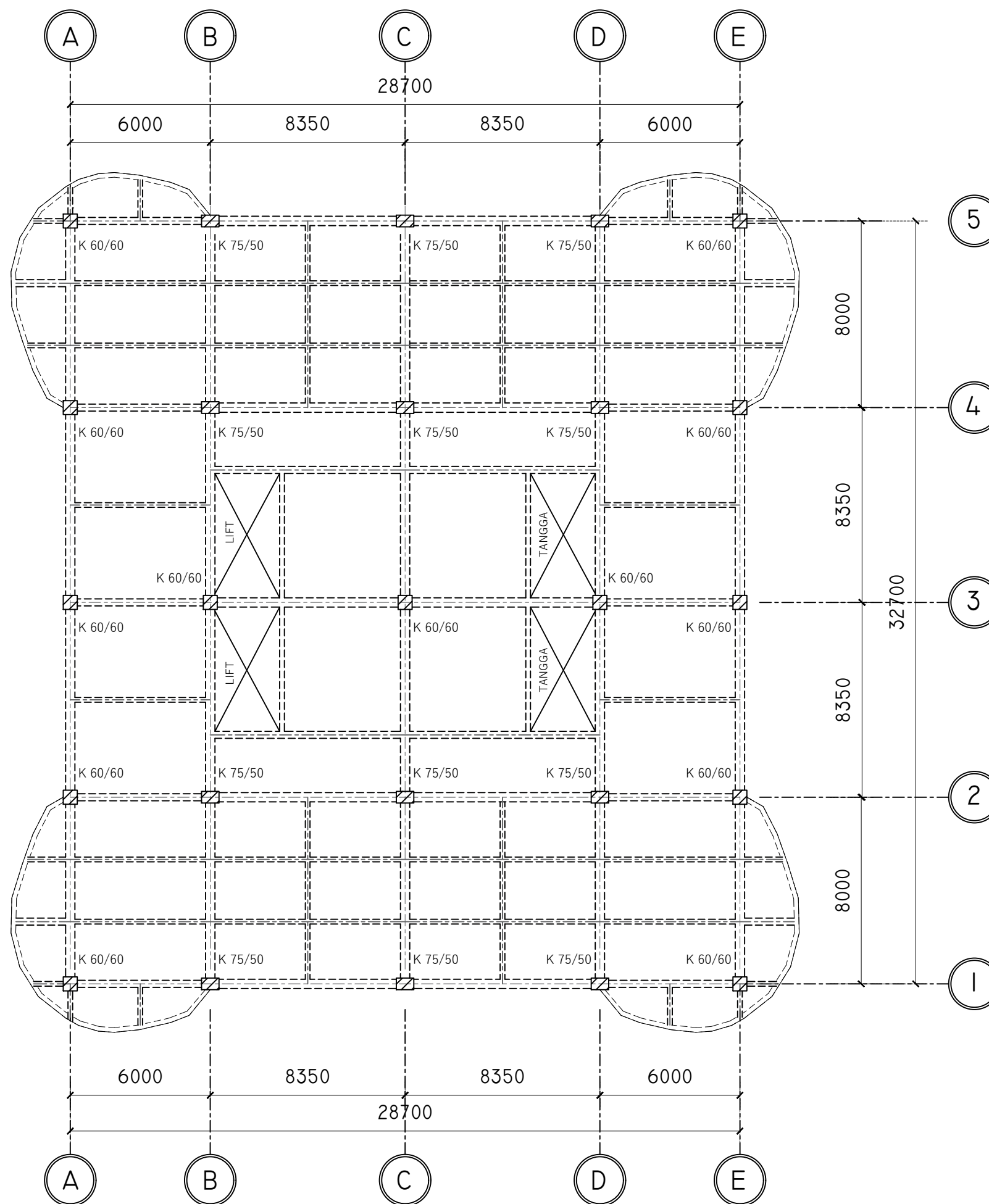
1 : 200

LEMBAR

9/45

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI A		SATUAN
			b	h	
K8 - A	42-38	+ 131.2	60	60	cm

KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
K8 - B	42-38	+ 131.2	75	50	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



DENAH KOLOM Lt. 38 s/d 42  
SKALA 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM Lt. 38  
s/d 42

SKALA

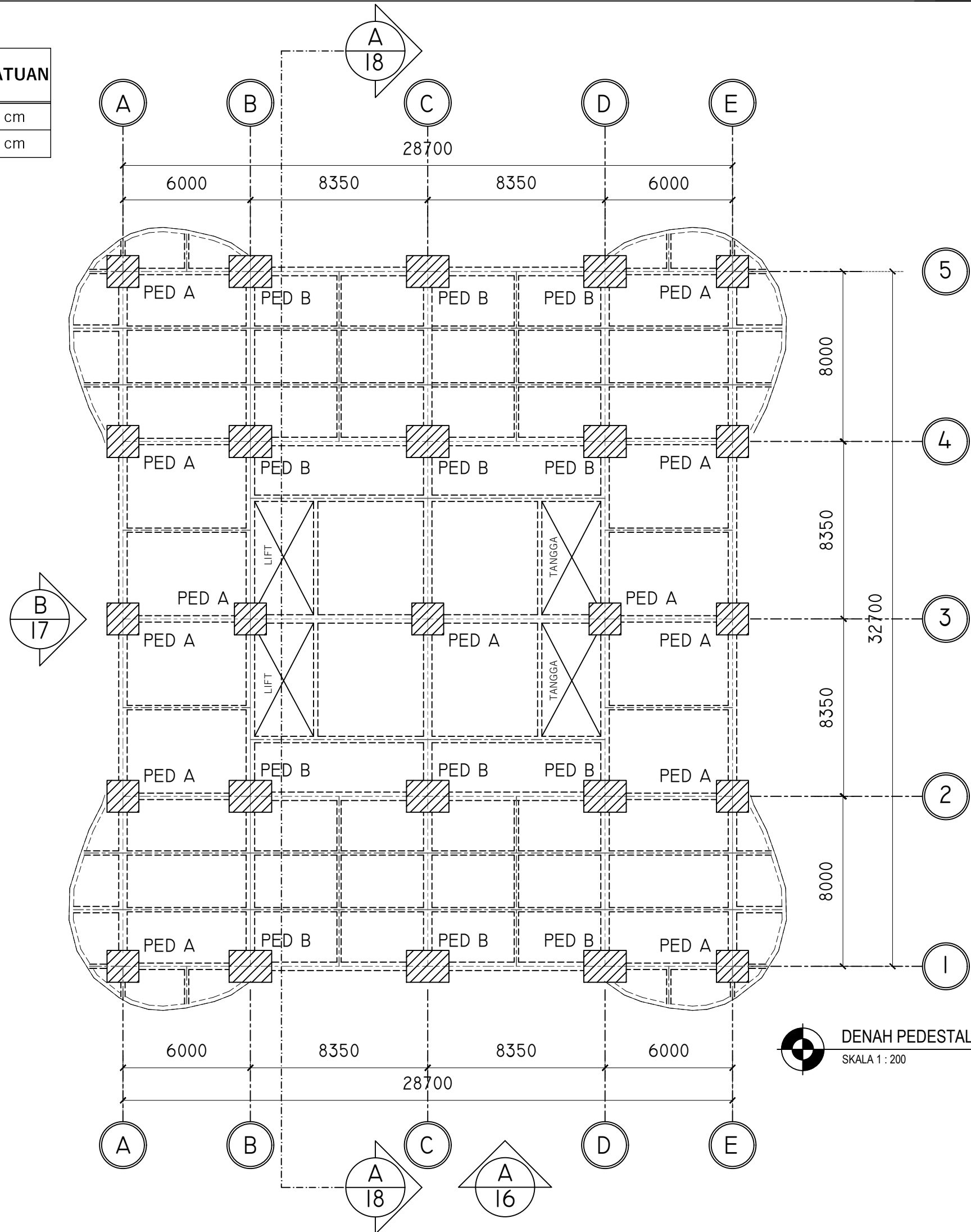
1 : 200

LEMBAR

10/45



KODE	LANTAI	ELEVASI (m)	DIMENSI TIPE B		SATUAN
			b	h	
PEDESTAL A	Pemeliharaan	+0	150	150	cm
PEDESTAL B	Pemeliharaan	+0	200	150	cm



Keterangan	
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH PEDESTAL

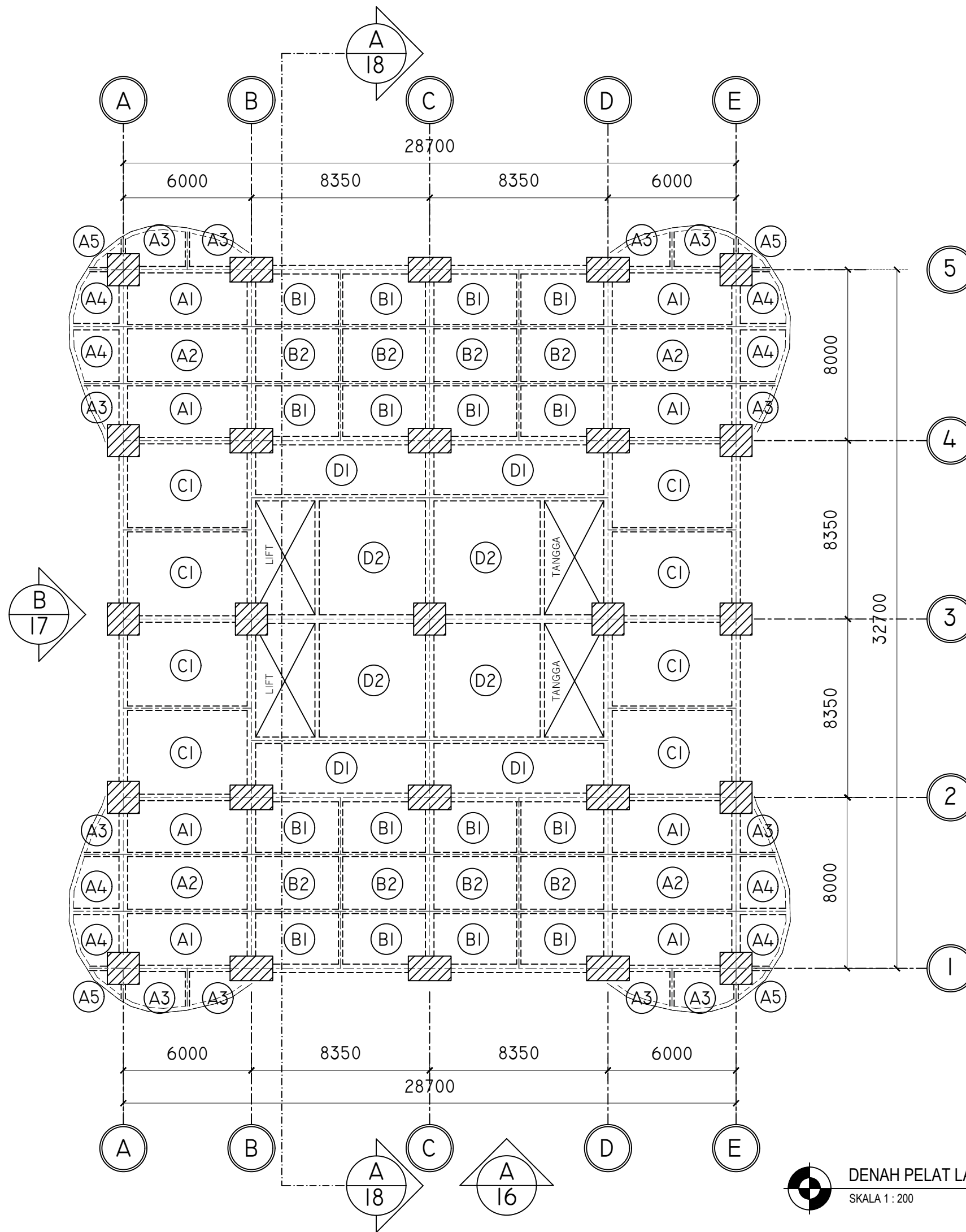
SKALA

1 : 200

LEMBAR

11/45

KODE	H	SATUAN
A1	12	CM
A2	12	CM
A3	12	CM
A4	12	CM
A5	12	CM
B1	12	CM
B2	12	CM
C1	12	CM
D1	12	CM
D2	12	CM



Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI  
 SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
 Grand Dharmahusada Lagoon  
 dengan Base Isolator :High  
 Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
 Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

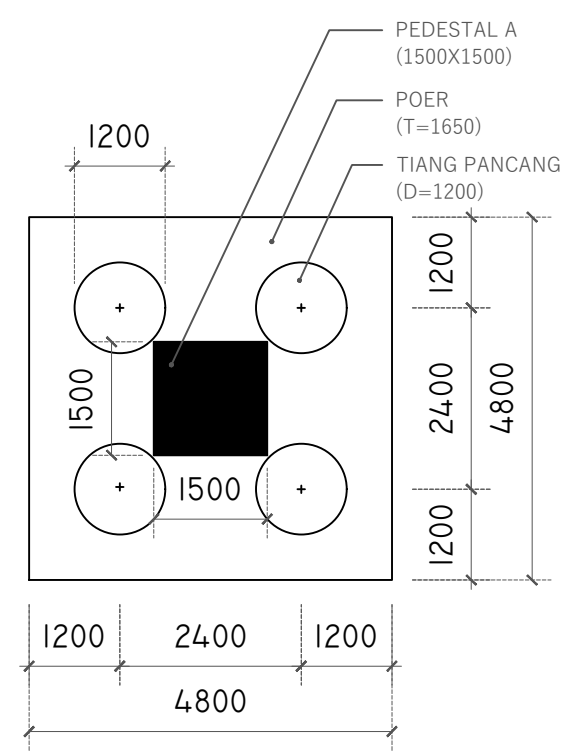
DENAH PELAT LANTAI

SKALA LEMBAR

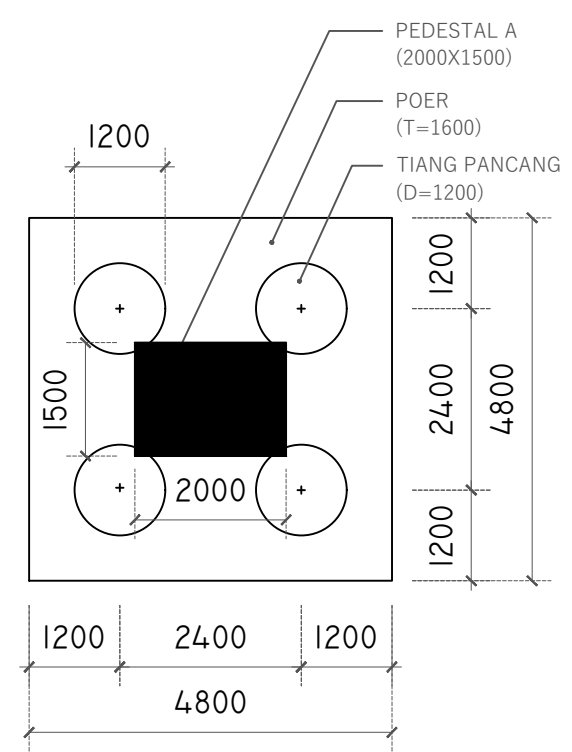
1 : 200

12/45

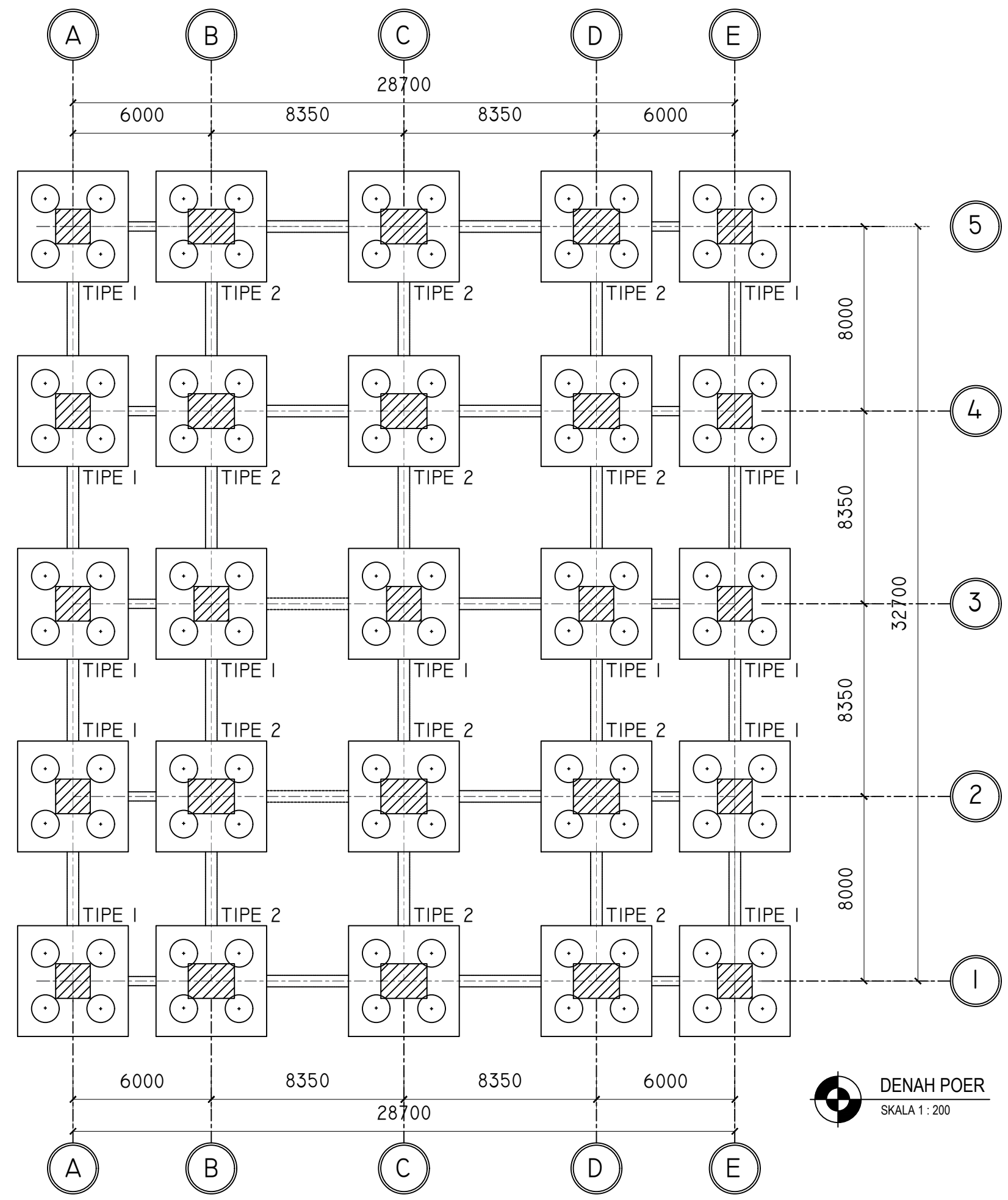
DENAH PELAT LANTAI  
 SKALA 1 : 200



KONFIGURASI POER TIPE 1  
SKALA 1 : 100



KONFIGURASI POER TIPE 1  
SKALA 1 : 100



DENAH POER  
SKALA 1 : 200

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

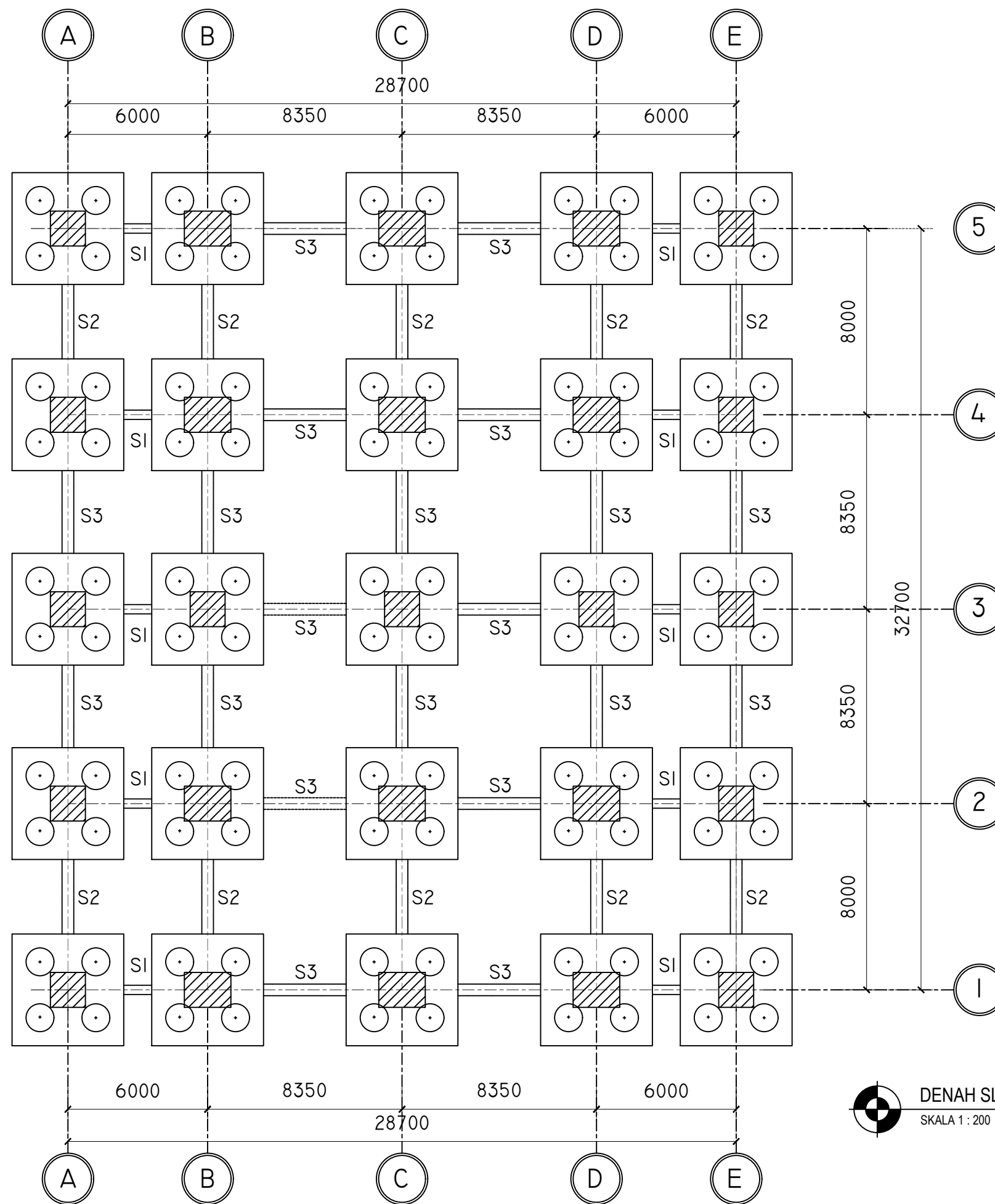
DENAH SLOOF

SKALA

1 : 200

LEMBAR

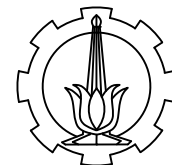
14/45



**Keterangan**

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

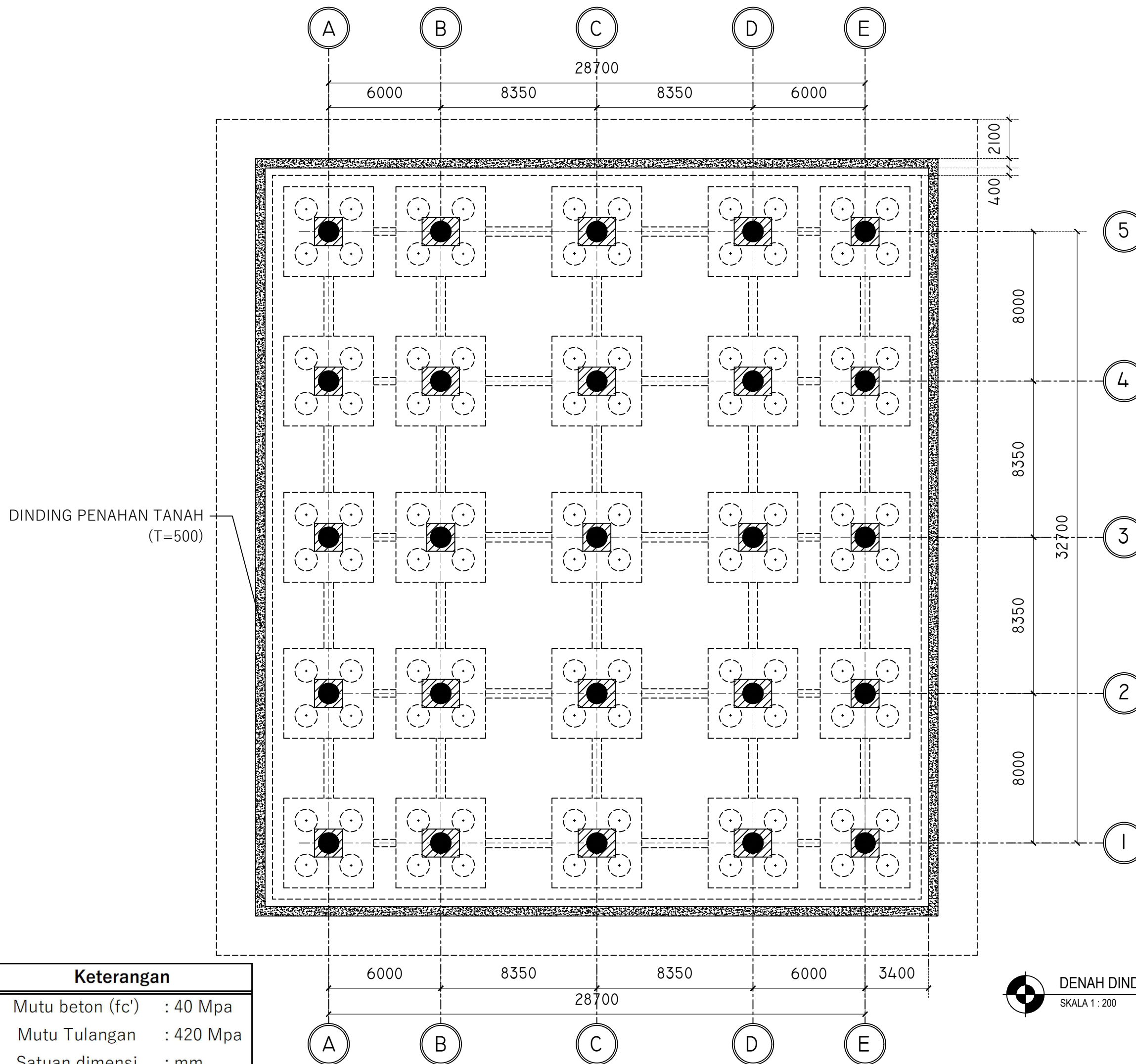
DENAH DINDING  
PENAHAN TANAH

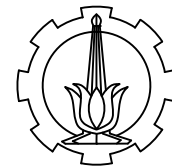
SKALA

1 : 200

LEMBAR

15/45





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

JUDUL GAMBAR

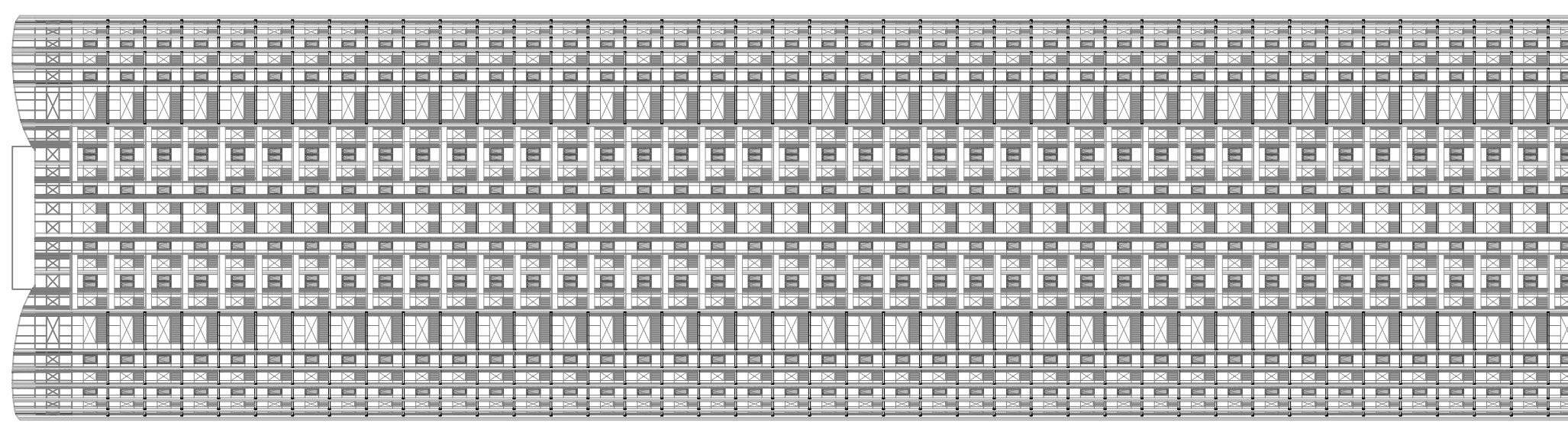
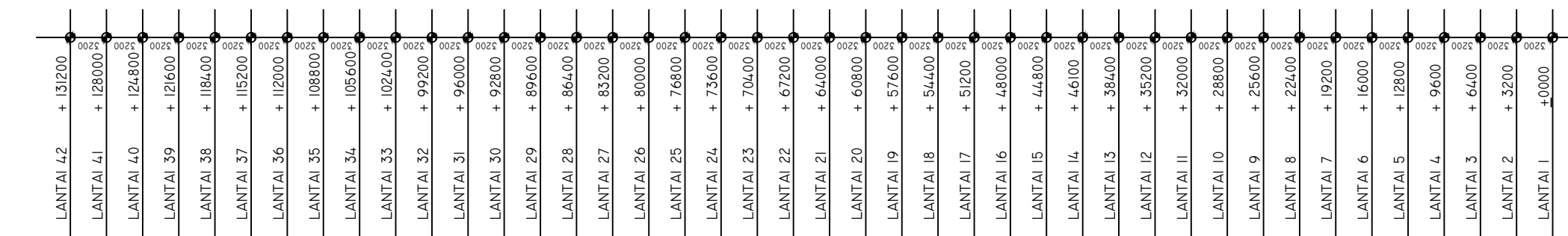
TAMPAK A

SKALA

1 : 500

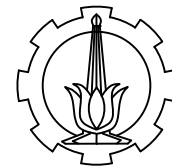
LEMBAR

16/45



TAMPAK A  
SKALA 1 : 500





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

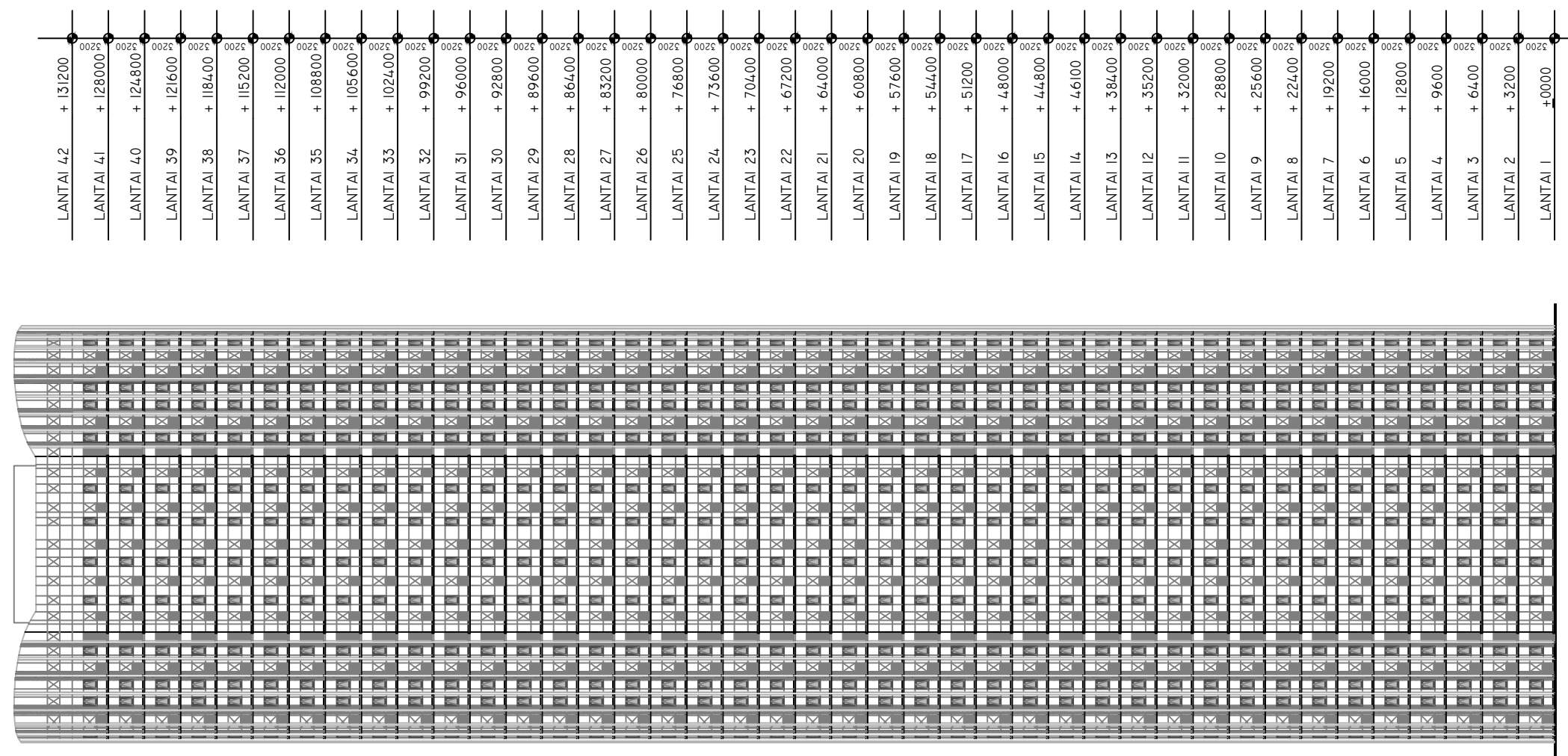
TAMPAK B

SKALA

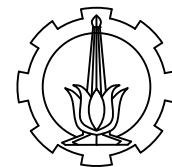
1 : 500

LEMBAR

17/45



TAMPAK B  
SKALA 1 : 500



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A

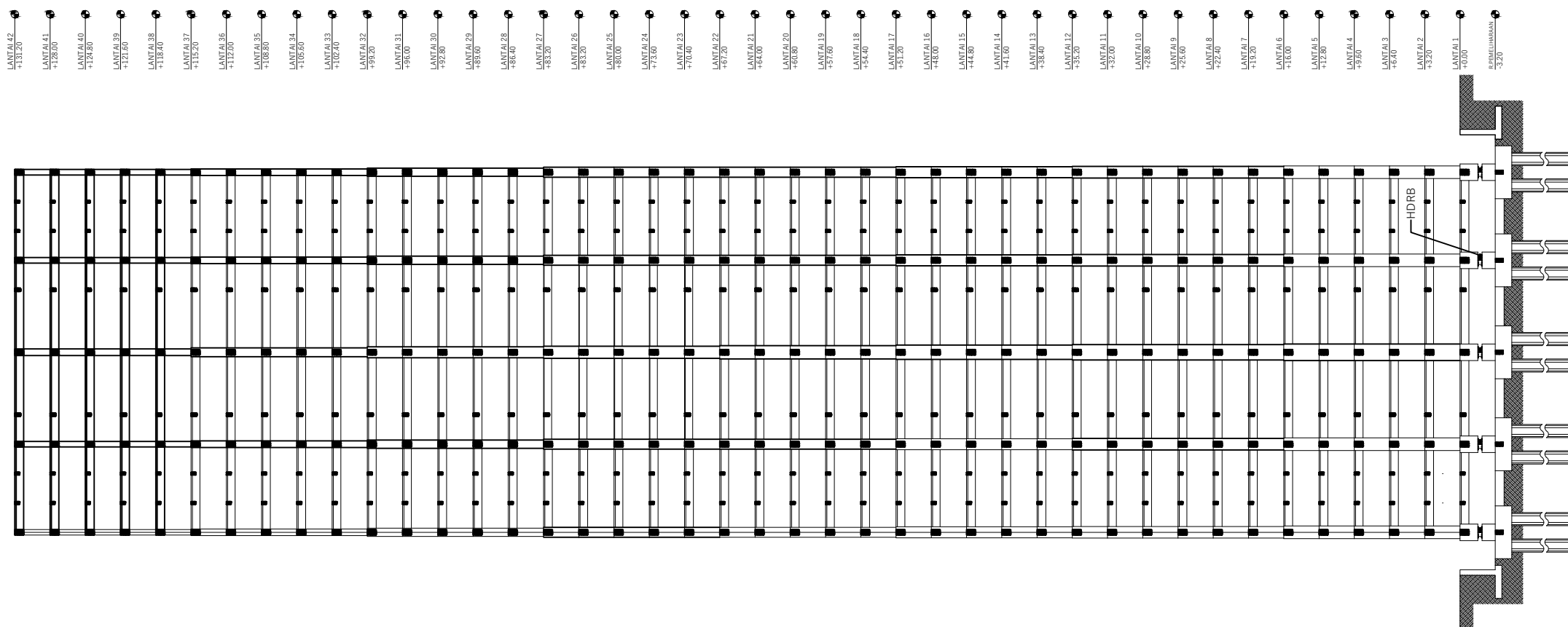
SKALA

LEMBAR

1 : 500

18/45

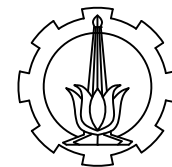
POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 500



**Keterangan**

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

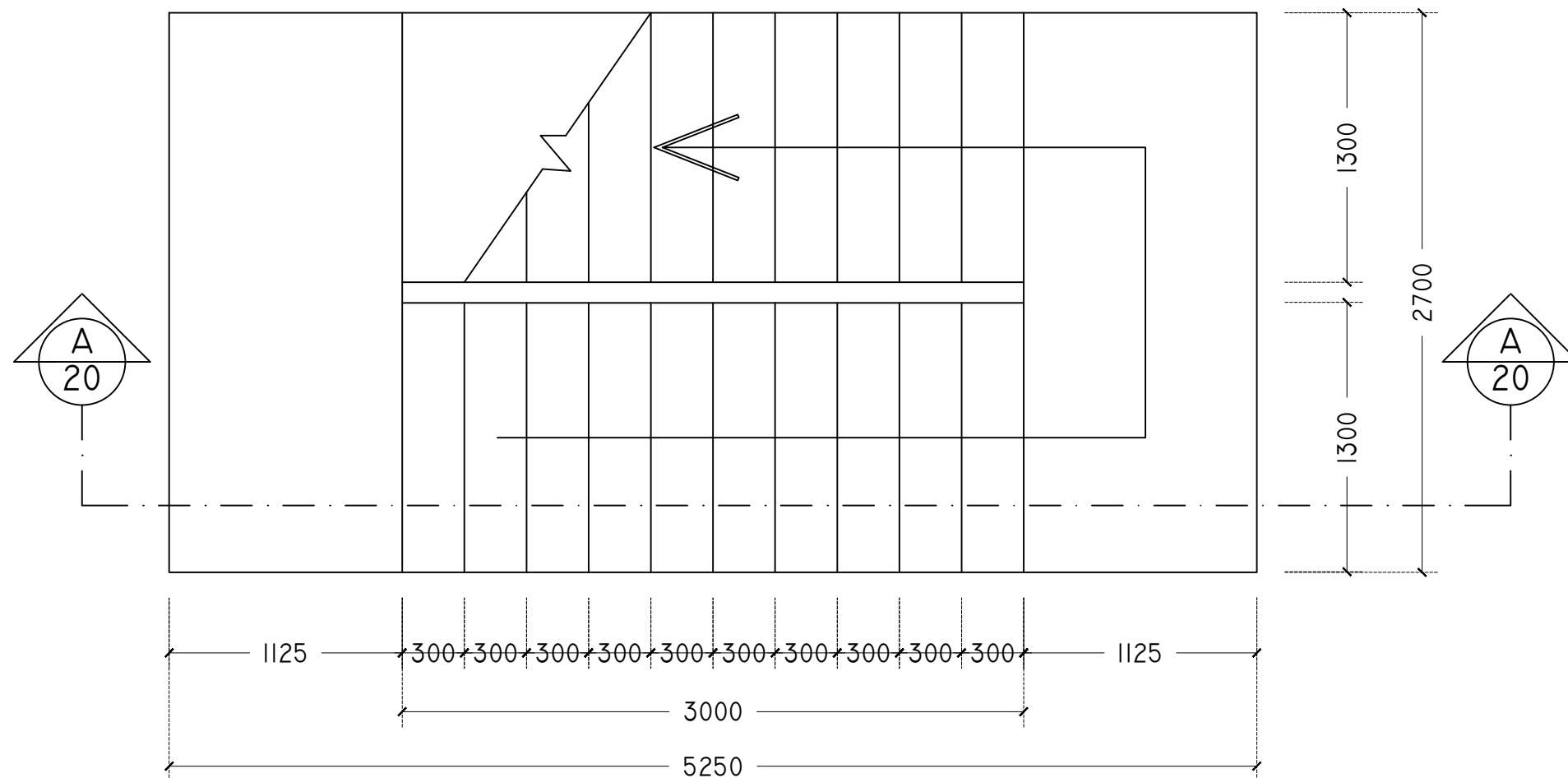
DENAH TANGGA

SKALA

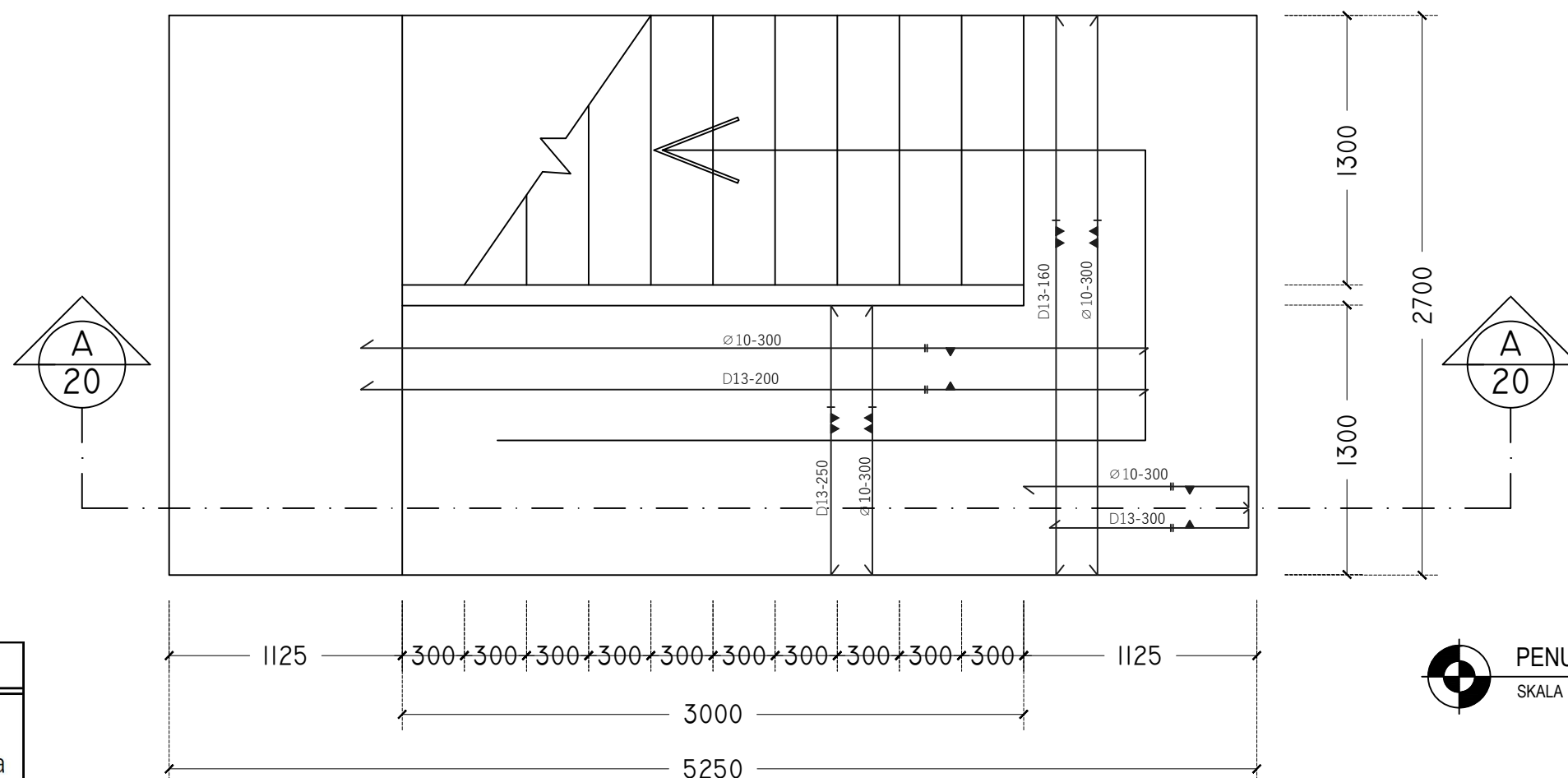
LEMBAR

1 : 30

19/45



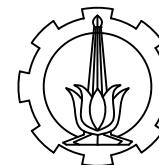
 DENAH TANGGA  
SKALA 1 : 30



 PENULANGAN TANGGA  
SKALA 1 : 30

**Keterangan**

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

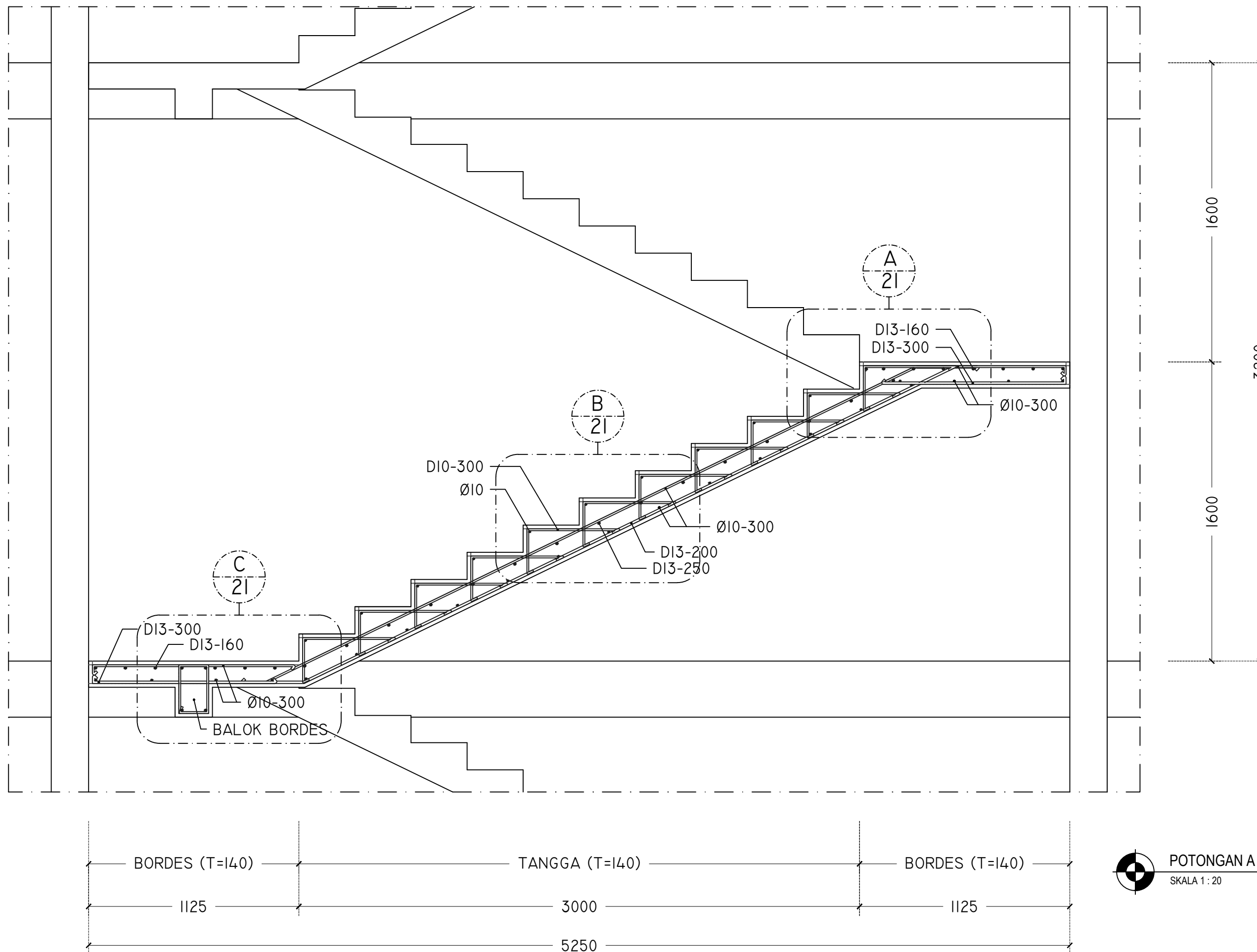
POTONGAN A

SKALA

1 : 20

LEMBAR

20/45



**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

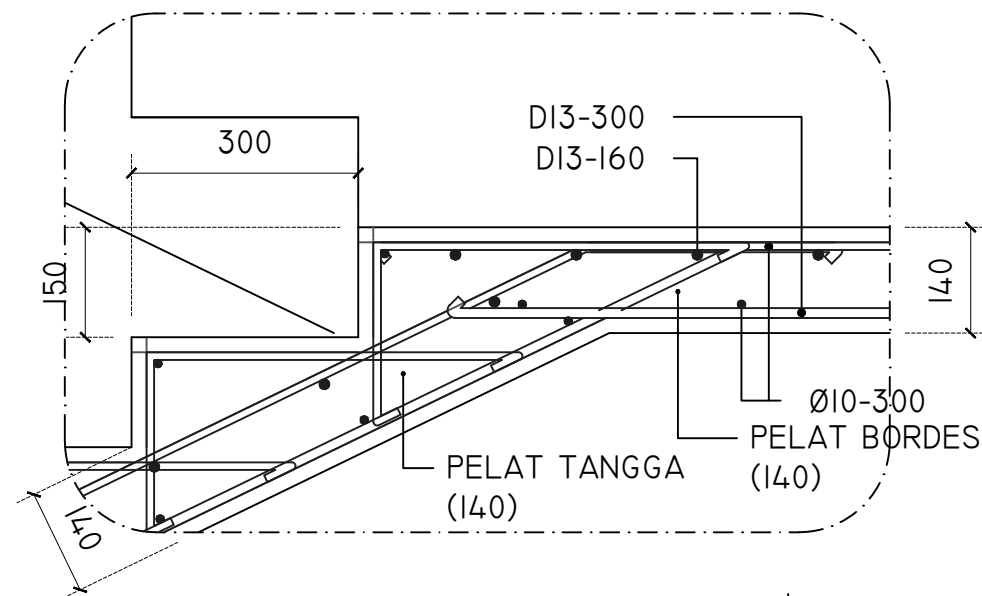
DETAIL TANGGA

SKALA

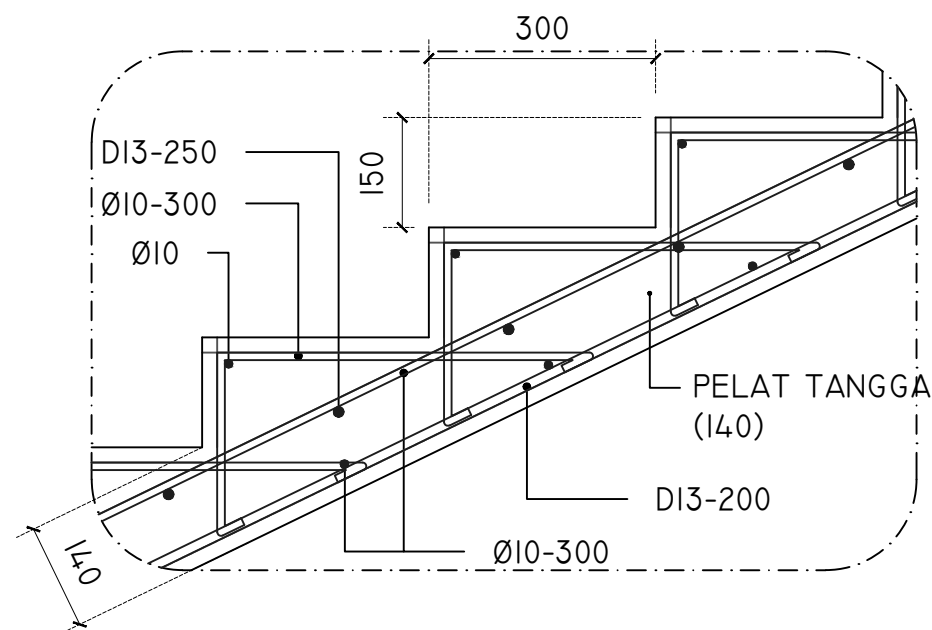
1 : 10

LEMBAR

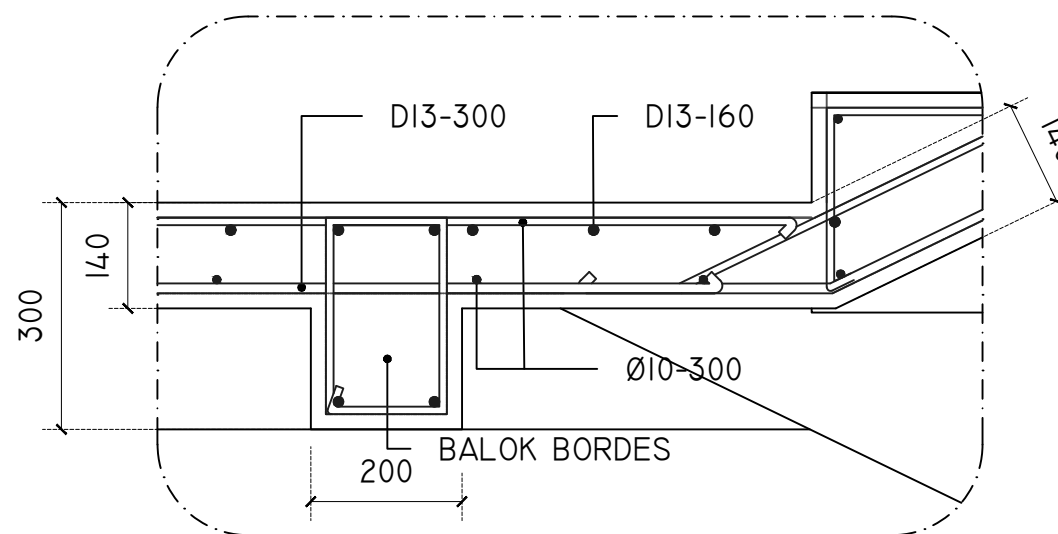
21/45



DETAIL A  
SKALA 1 : 10



DETAIL B  
SKALA 1 : 10



DETAIL C  
SKALA 1 : 10



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN PELAT  
LANTAI APARTEMEN (1)

SKALA

LEMBAR

1 : 100

22/45

LOKASI PELAT	LANTAI APARTEMEN		LANTAI APARTEMEN		LANTAI APARTEMEN	
PENAMPANG						
	A1		A2		A3	
TYPE	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
LOKASI	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250

LOKASI PELAT	LANTAI APARTEMEN	
PENAMPANG		
	A4	
TYPE	TUMPUAN	LAPANGAN
LOKASI	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250



TULANGAN PELAT LANTAI APARTEMEN (1)

SKALA 1 : 100

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN PELAT  
LANTAI APARTEMEN (2)

SKALA

LEMBAR

1 : 100

23/45

LOKASI PELAT	LANTAI APARTEMEN		LANTAI APARTEMEN		LANTAI APARTEMEN	
PENAMPANG						
	TYPE	B1		B2		C1
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 200	Ø10 - 200
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250

LOKASI PELAT	LANTAI APARTEMEN		LANTAI APARTEMEN	
PENAMPANG				
	TYPE	D1		D2
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 160	Ø10 - 160
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 200	Ø10 - 200



TULANGAN PELAT LANTAI APARTEMEN (2)

SKALA 1 : 100

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN PELAT  
LANTAI ATAP (1)

SKALA

LEMBAR

1 : 100

24/45

LOKASI PELAT	LANTAI ATAP		LANTAI ATAP		LANTAI ATAP	
PENAMPANG						
	A1		A2		A3	
TYPE	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
LOKASI	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250

LOKASI PELAT	LANTAI ATAP	
PENAMPANG		
	A4	
TYPE	TUMPUAN	LAPANGAN
LOKASI	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250



TULANGAN PELAT LANTAI ATAP (1)

SKALA 1 : 100

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN PELAT  
LANTAI ATAP (2)

SKALA

1 : 100

LEMBAR

25/45

LOKASI PELAT	LANTAI ATAP		LANTAI ATAP		LANTAI ATAP	
PENAMPANG						
	B1		B2		C1	
TYPE	B1		B2		C1	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250

LOKASI PELAT	LANTAI ATAP		LANTAI ATAP	
PENAMPANG				
	D1		D2	
TYPE	D1		D2	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ARAH X	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 200	Ø10 - 200
TULANGAN ARAH Y	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250	Ø10 - 250

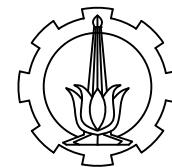


TULANGAN PELAT LANTAI ATAP (2)

SKALA 1 : 100

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN BALOK  
ANAK LANTAI ATAP

SKALA

1 : 25

LEMBAR

26/45

TIPE	BA.A1 (ATAP)			BA.B1 (ATAP)			BA.B2 (ATAP)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
DIMENSI		250/400			250/400			250/400		
ATAS		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170

TIPE	BA.C1 (ATAP)			BA.D1 (ATAP)			BA.D2 (ATAP)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
DIMENSI		250/400			300/500			250/400		
ATAS		3D19	2D19	3D19	3D19	2D19	3D19	3D19	2D19	3D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-170	D10-170	D10-170	D10-200	D10-200	D10-200	D10-170	D10-170	D10-170

TIPE	BE (ATAP)			BK.A1 (ATAP)			BK.A2 (ATAP)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
DIMENSI		250/400			250/400			300/500		
ATAS		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-200	D10-200	D10-200

TIPE	BK.A3 (ATAP)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG				
DIMENSI		250/400		
ATAS		2D19	2D19	2D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-170	D10-170	D10-170

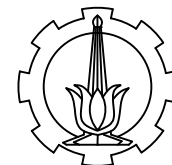


TULANGAN BALOK ANAK LANTAI ATAP  
SKALA 1 : 25

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN BALOK  
ANAK LANTAI  
APARTEMEN

SKALA

1 : 25

LEMBAR

27/45

TIPE	BA.A1 (APARTEMEN)			BA.B1 (APARTEMEN)			BA.B2 (APARTEMEN)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
DIMENSI		250/400			250/400			250/400		
ATAS		3D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-120	D10-170	D10-120	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170

TIPE	BA.C1 (APARTEMEN)			BA.D1 (APARTEMEN)			BA.D2 (APARTEMEN)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
DIMENSI		250/400			300/500			250/400		
ATAS		3D19	2D19	3D19	4D19	2D19	4D19	3D19	2D19	3D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-120	D10-170	D10-120	D10-100	D10-200	D10-100	D10-120	D10-170	D10-120

TIPE	BE (APARTEMEN)			BK.A1 (APARTEMEN)			BK.A2 (APARTEMEN)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
DIMENSI		250/400			250/400			300/500		
ATAS		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-170	D10-200	D10-200	D10-200

TIPE	BK.A3 (APARTEMEN)			
	LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG				
DIMENSI		250/400		
ATAS		2D19	2D19	2D19
BAWAH		2D19	2D19	2D19
SENGKANG		D10-170	D10-170	D10-170



TULANGAN BALOK ANAK LANTAI APARTEMEN  
SKALA 1 : 25

**Keterangan**

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

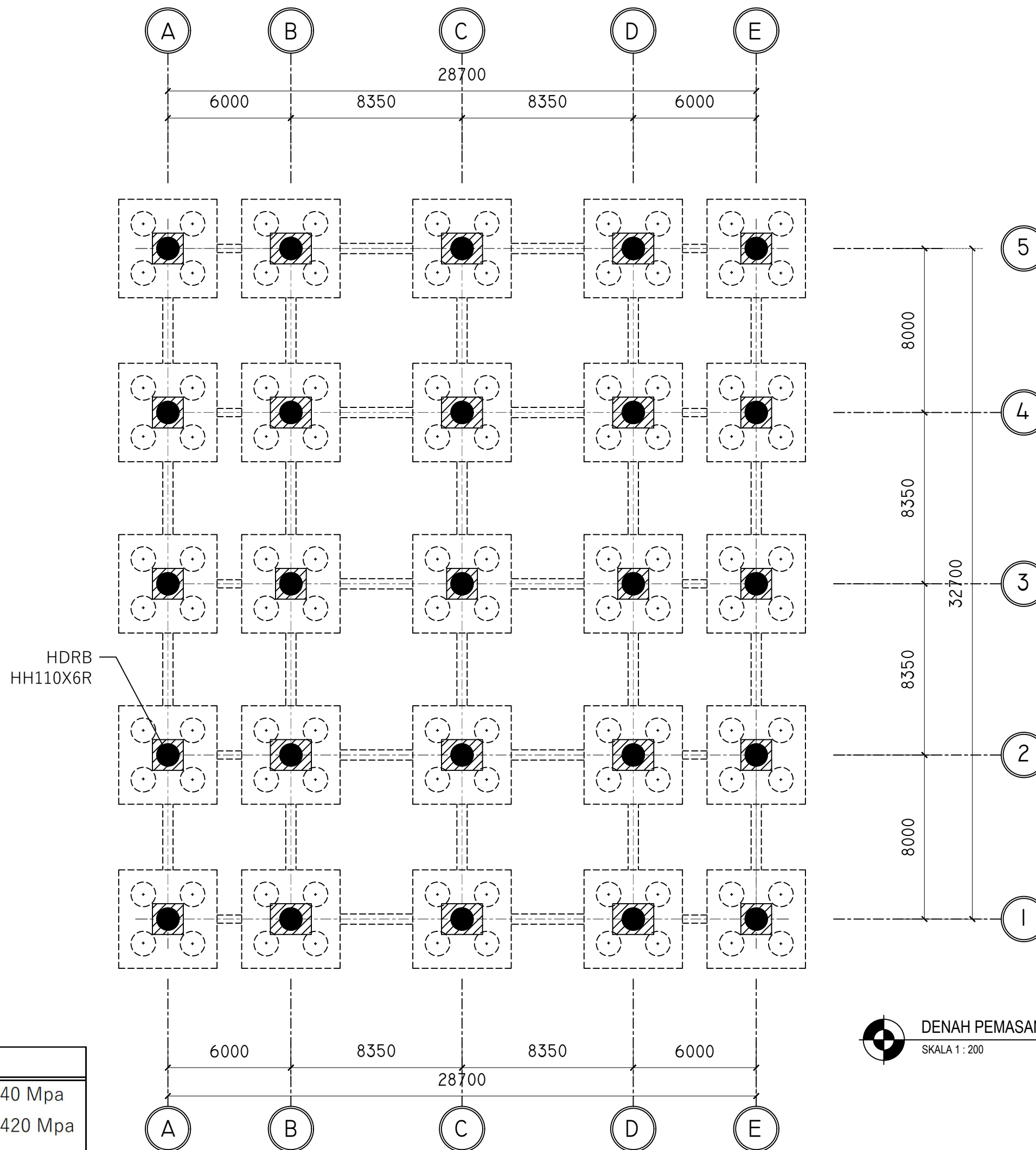
DENAH PEMASANGAN  
HDRB

SKALA

1 : 200

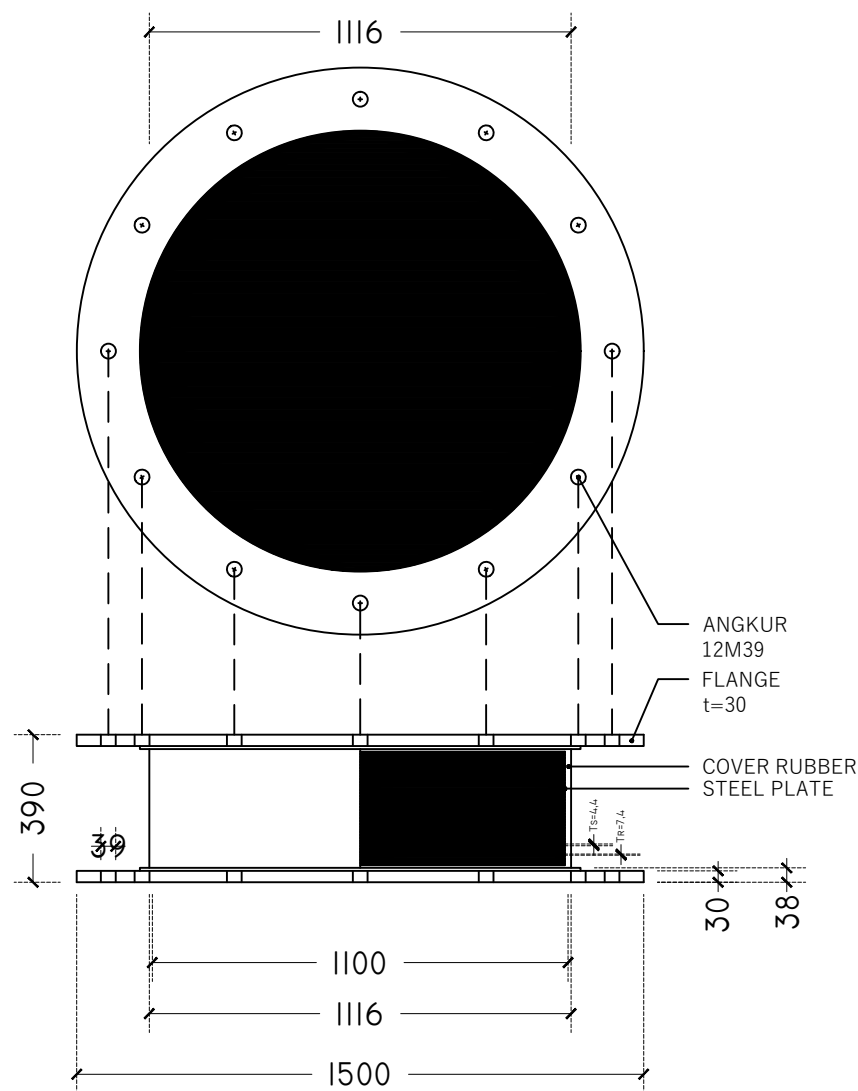
LEMBAR

28/45

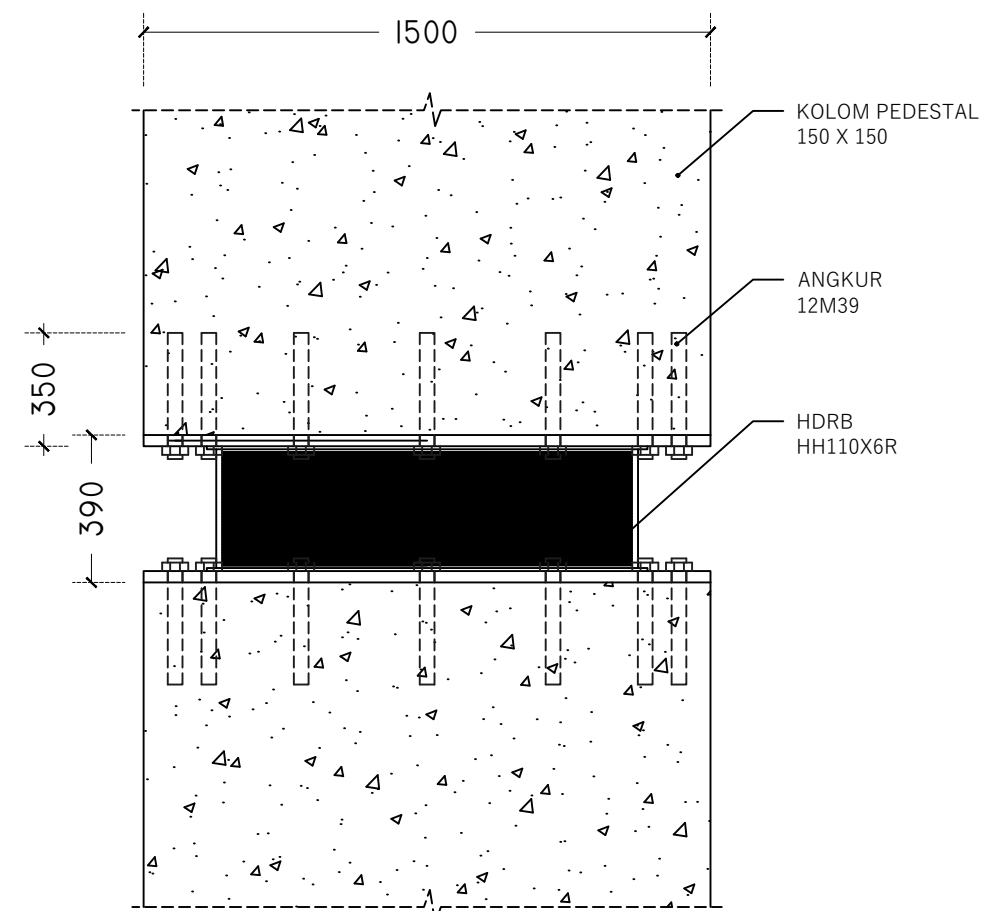


**Keterangan**

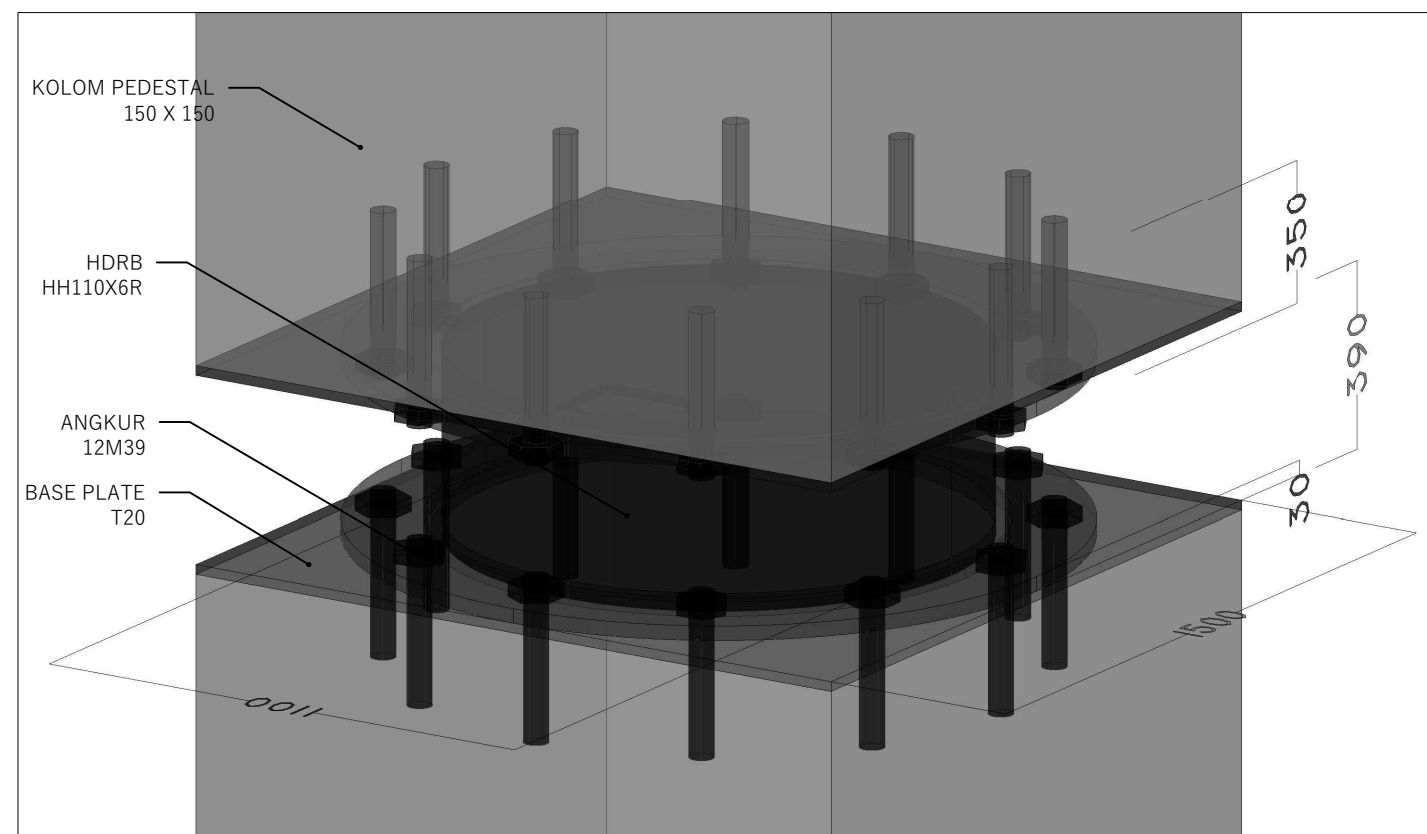
Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



DETAIL HDRB HH110X6R  
SKALA 1 : 20



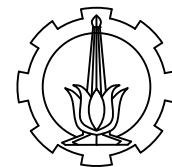
PEMASANGAN HDRB KOLOM PEDESTAL A  
SKALA 1 : 20



ISOMETRIC PEMASANGAN HDRB KOLOM PEDESTAL A  
SKALA 1 : 15

**Keterangan**

Mutu beton ( $f_c'$ )	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

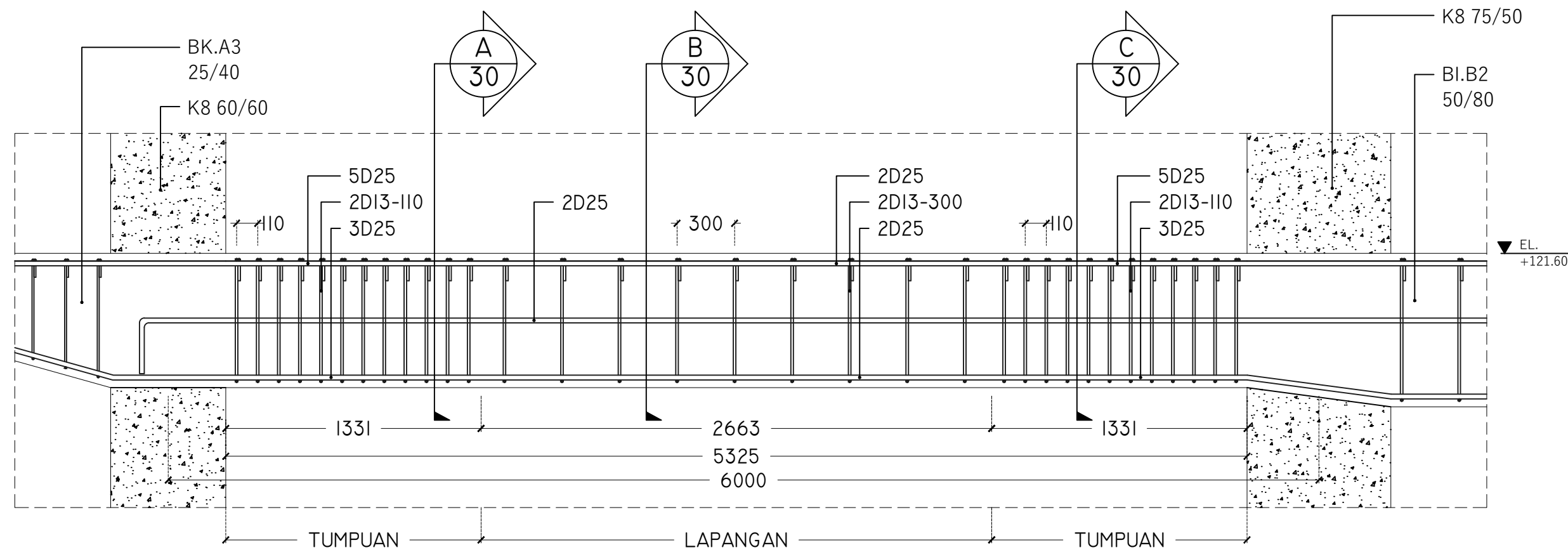
DETAIL TULANGAN  
BI.A1

SKALA

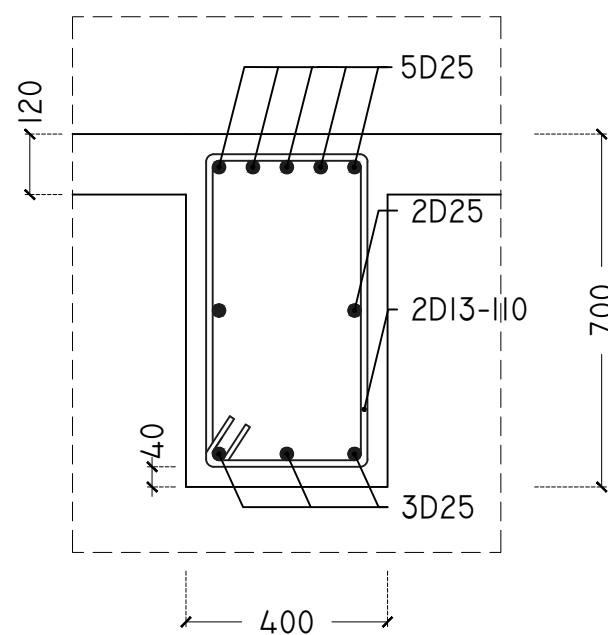
LEMBAR

1 : 25  
1 : 15

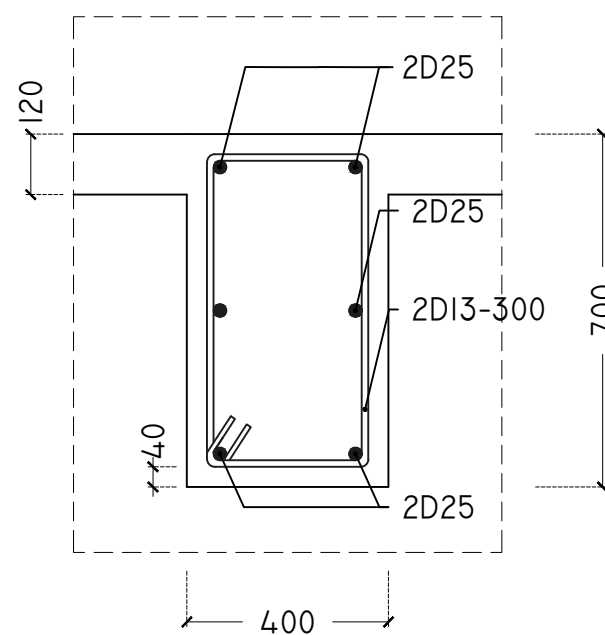
30/45



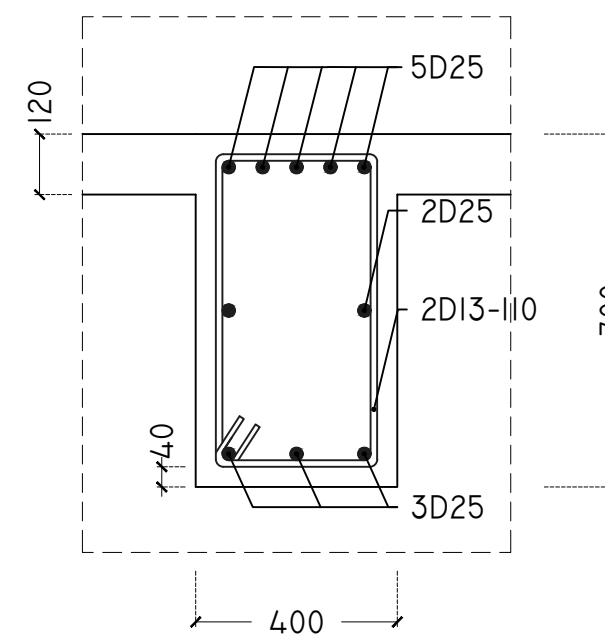
DETAIL PENULANGAN BI.A1  
SKALA 1 : 25



POTONGAN A  
SKALA 1 : 15



POTONGAN B  
SKALA 1 : 15



POTONGAN C  
SKALA 1 : 15

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

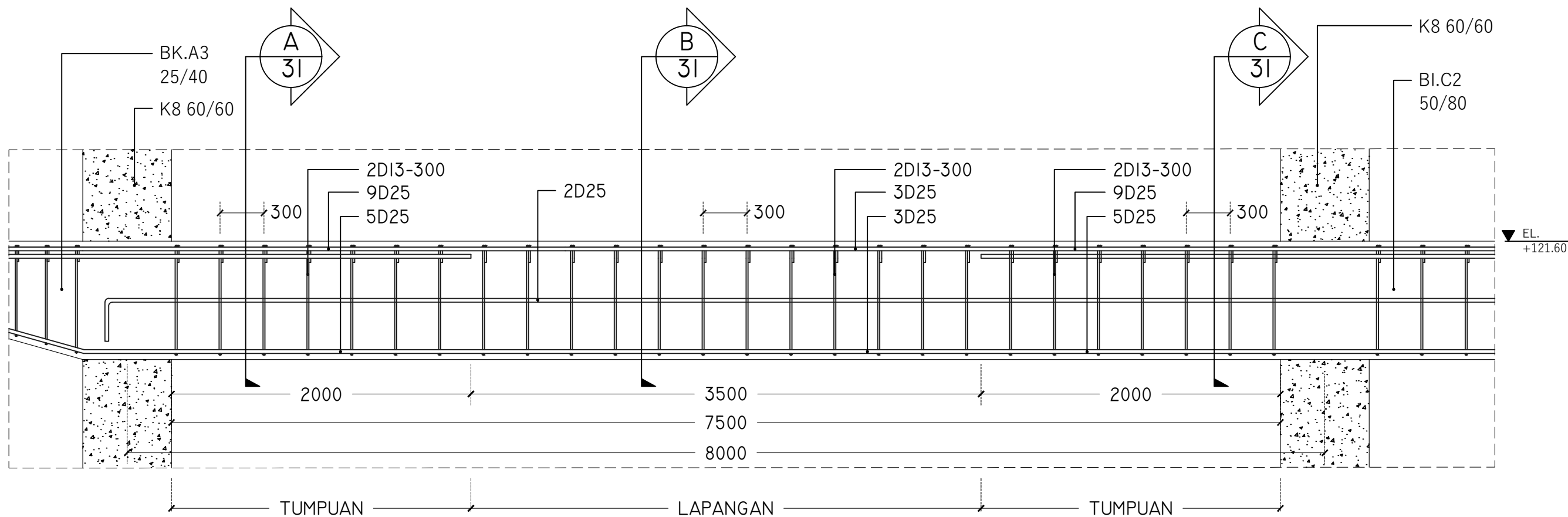
DETAIL TULANGAN  
BIA.2

SKALA

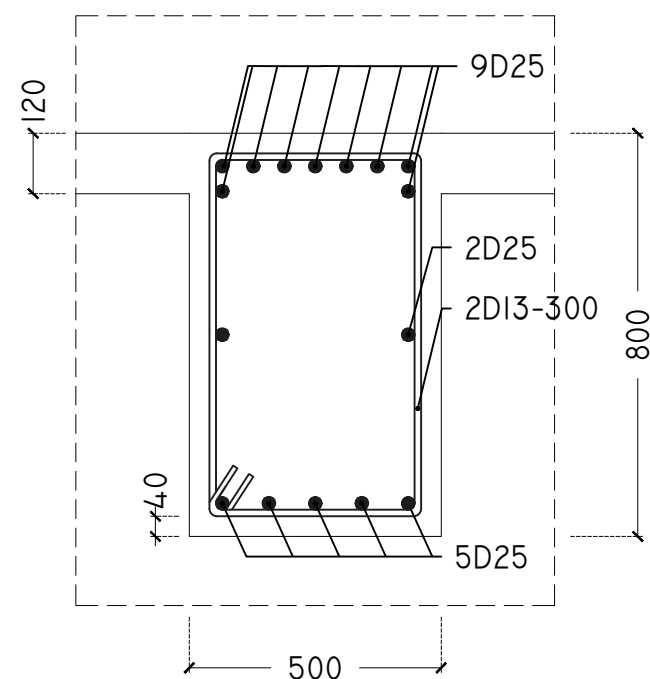
LEMBAR

1 : 30  
1 : 15

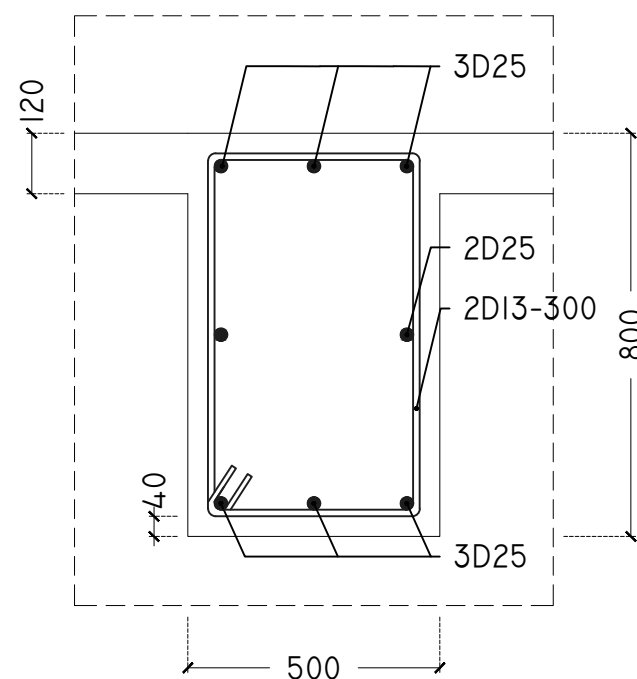
31/45



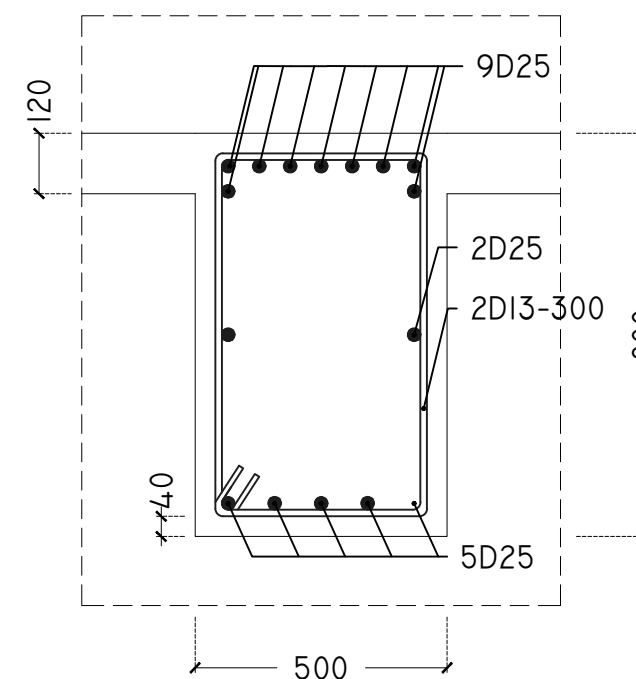
DETAIL PENULANGAN BIA.2  
SKALA 1 : 30



POTONGAN A  
SKALA 1 : 15



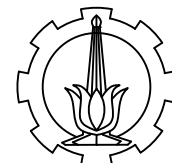
POTONGAN B  
SKALA 1 : 15



POTONGAN C  
SKALA 1 : 15

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

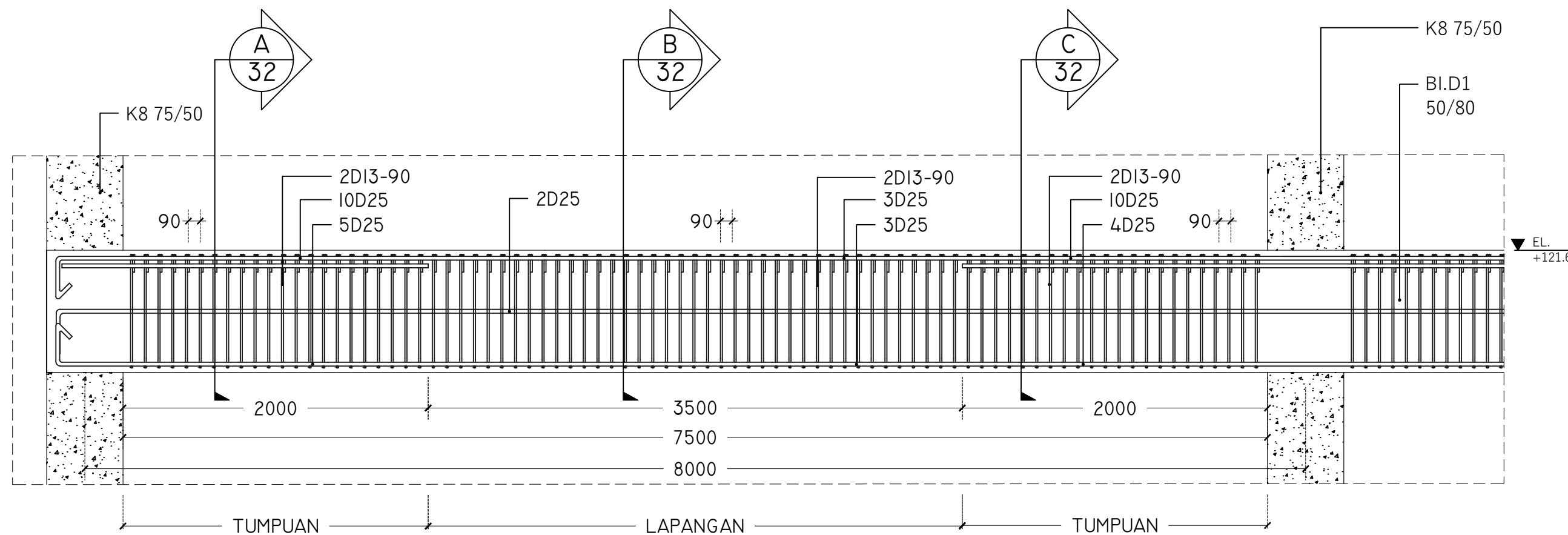
DETAIL TULANGAN  
BI.B1

SKALA

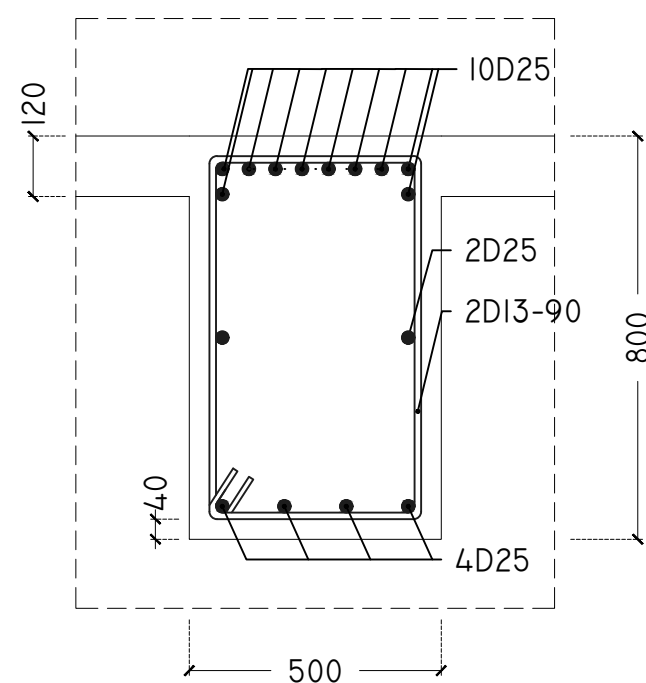
1 : 30  
1 : 15

LEMBAR

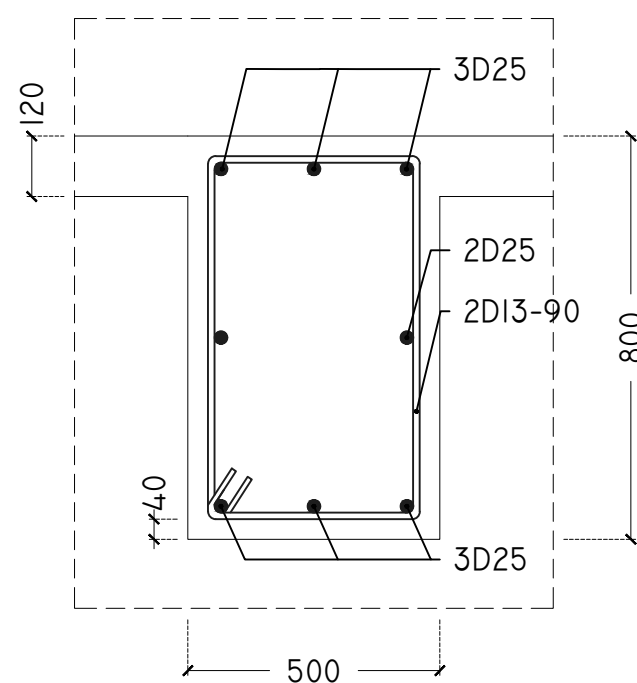
32/45



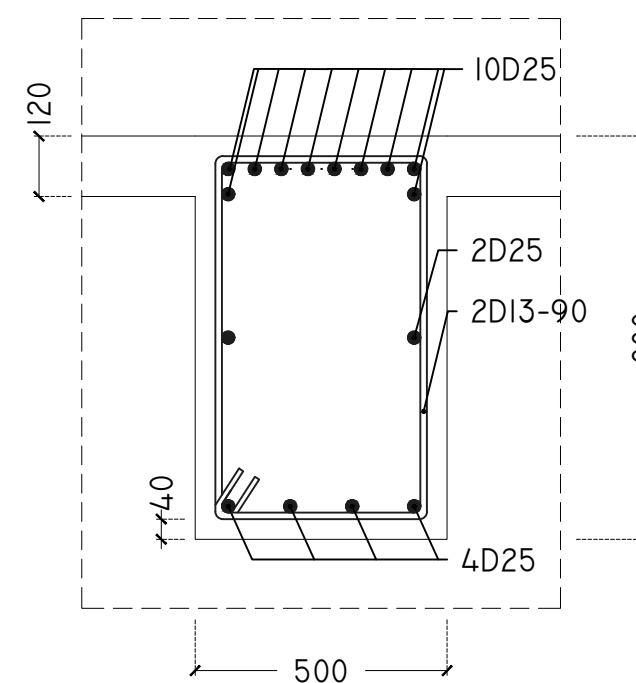
DETAIL PENULANGAN BI.B1  
SKALA 1 : 30



POTONGAN A  
SKALA 1 : 15



POTONGAN B  
SKALA 1 : 15

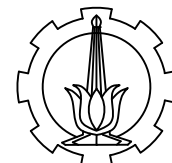


POTONGAN C  
SKALA 1 : 15

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

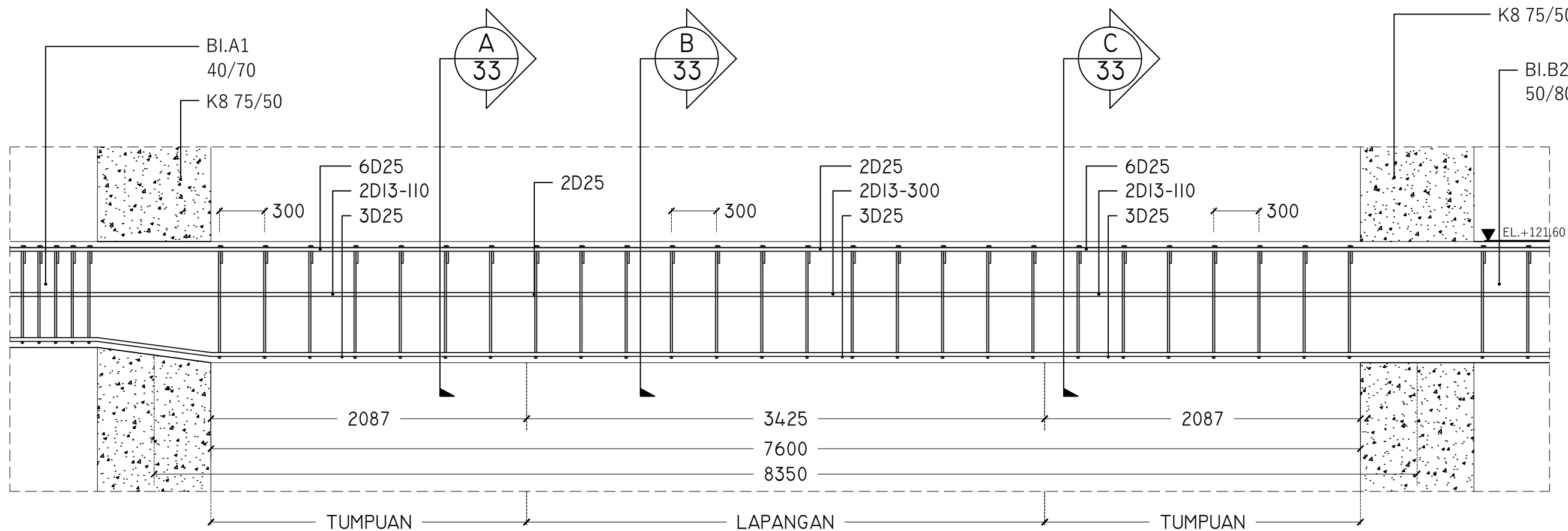
DETAIL TULANGAN  
BI.B2

SKALA

LEMBAR

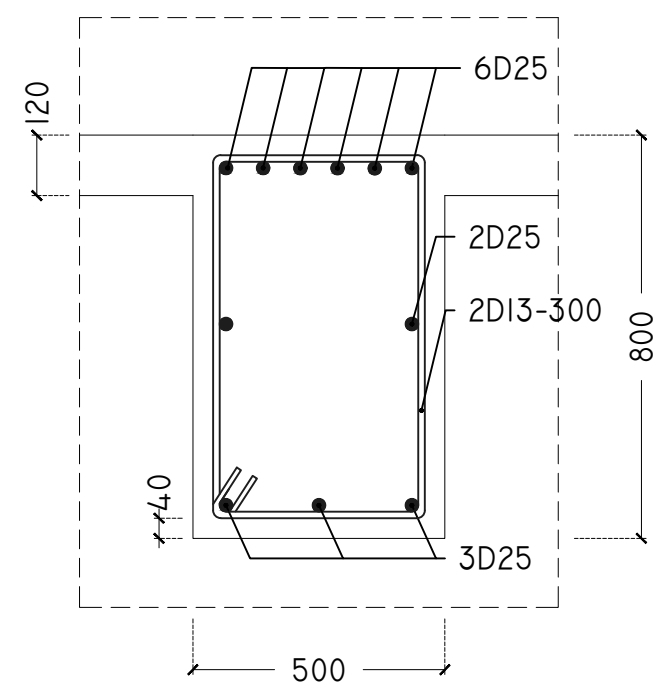
1 : 30  
1 : 15

33/45



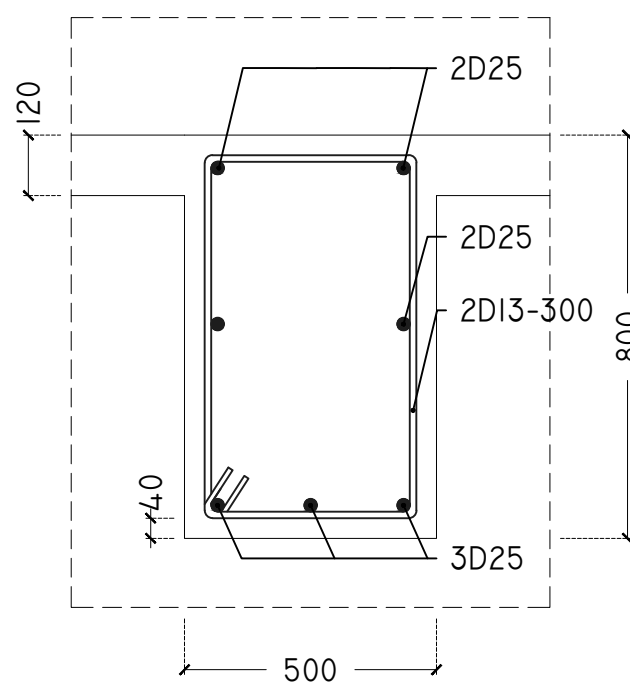
DETAIL PENULANGAN BI.B2

SKALA 1 : 30



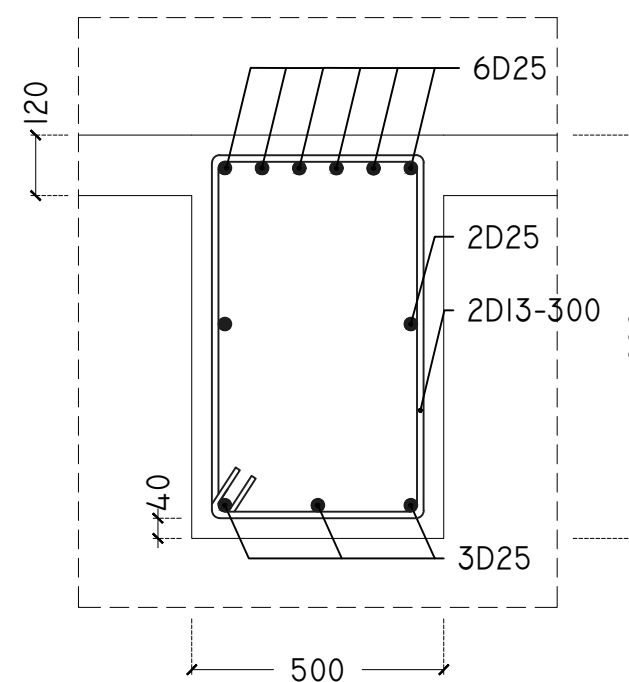
POTONGAN A

SKALA 1 : 15



POTONGAN B

SKALA 1 : 15



POTONGAN C

SKALA 1 : 15

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

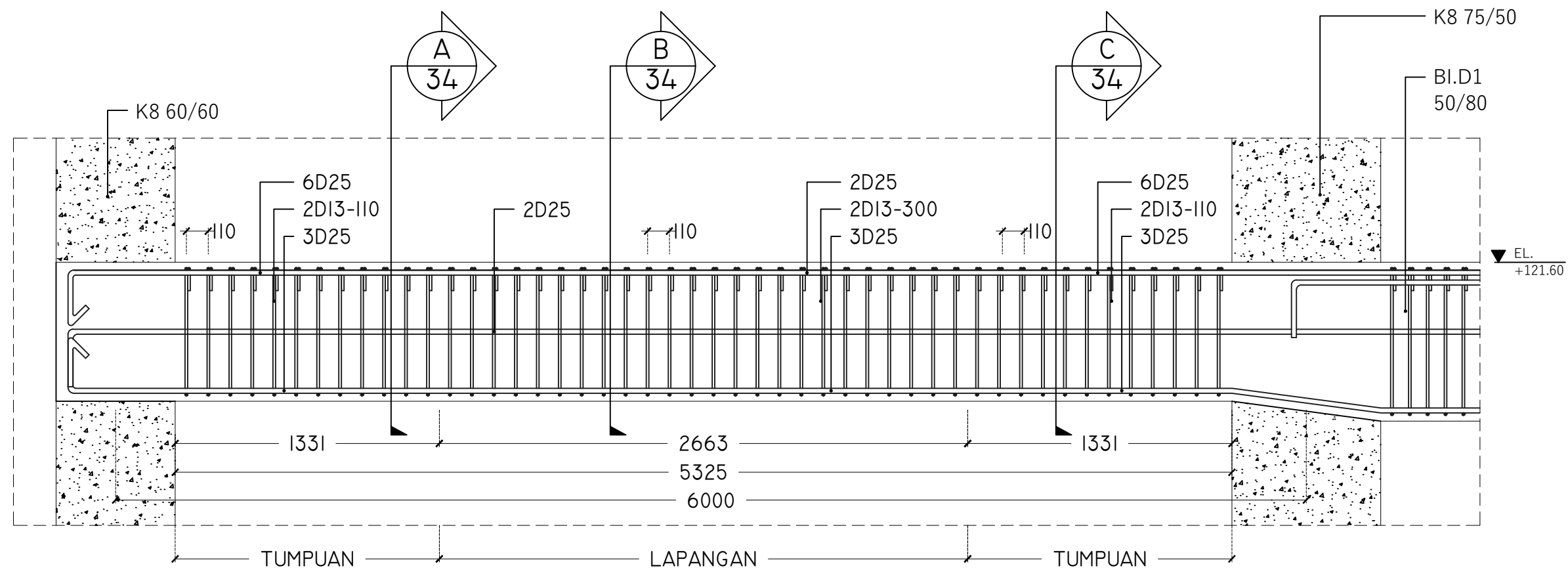
DETAIL TULANGAN  
BI.C1

SKALA

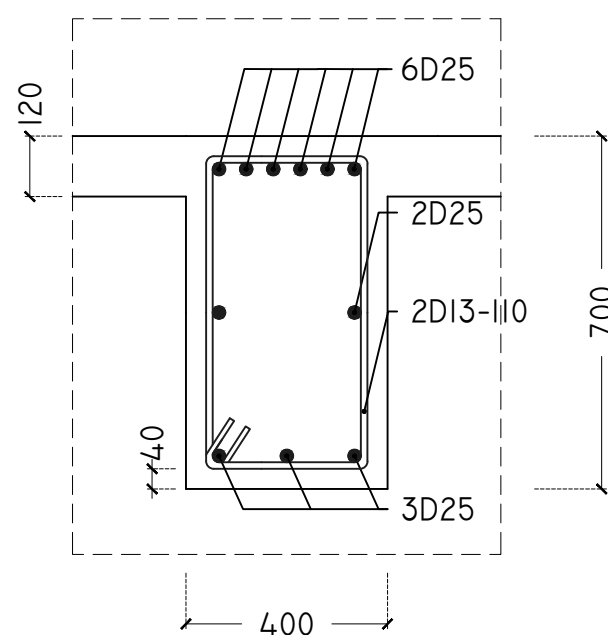
LEMBAR

1 : 25  
1 : 15

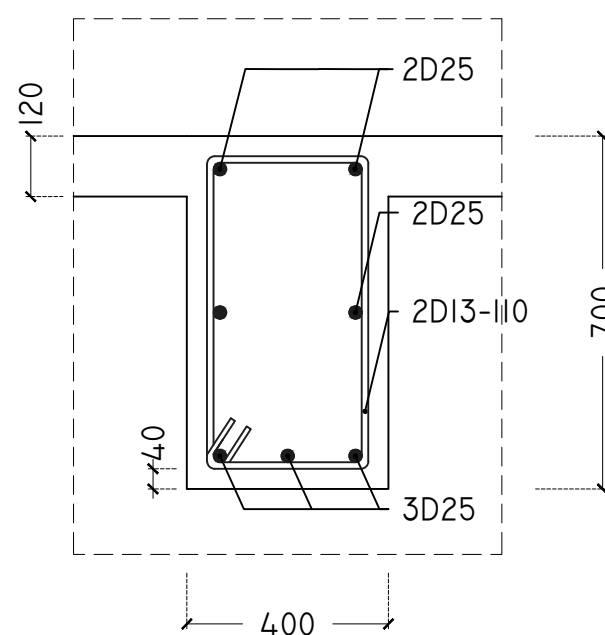
34/45



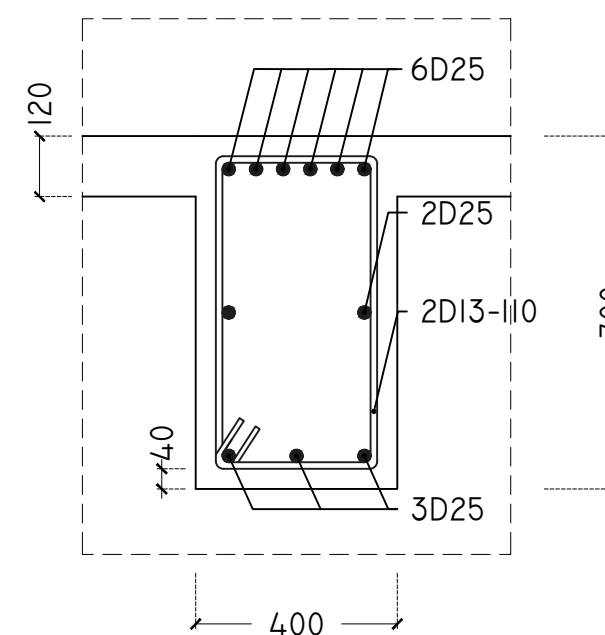
DETAIL PENULANGAN BI.C1  
SKALA 1 : 25



POTONGAN A  
SKALA 1 : 15



POTONGAN B  
SKALA 1 : 15



POTONGAN C  
SKALA 1 : 15

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

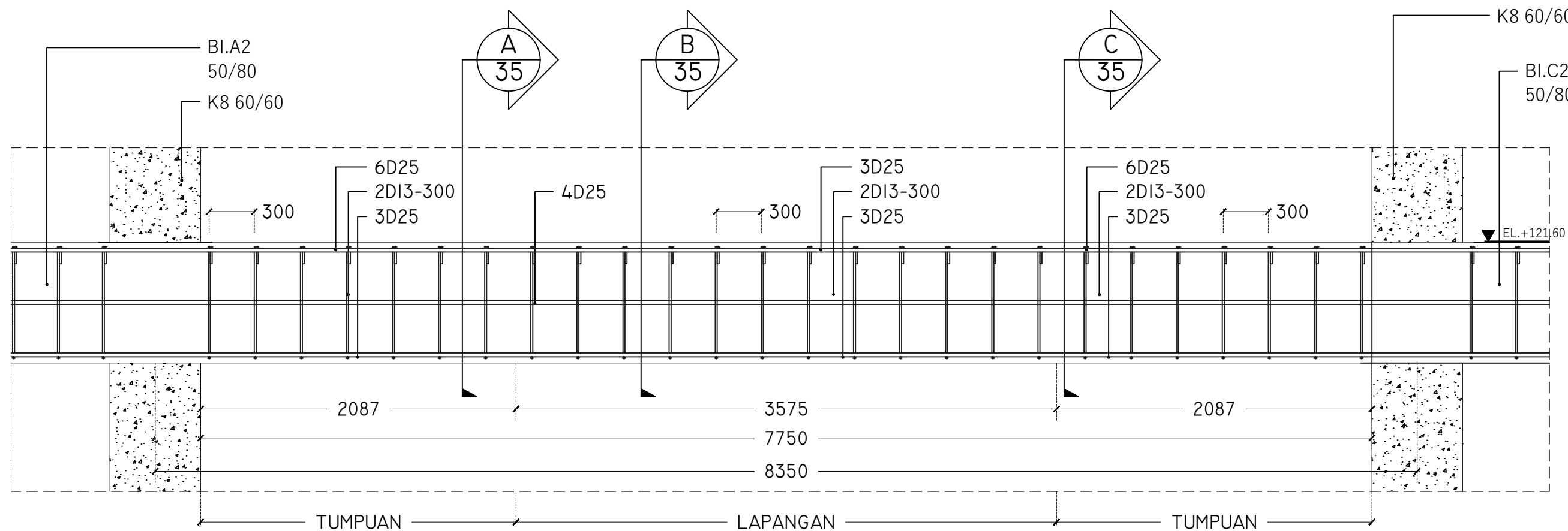
DETAIL TULANGAN  
BI.B2

SKALA

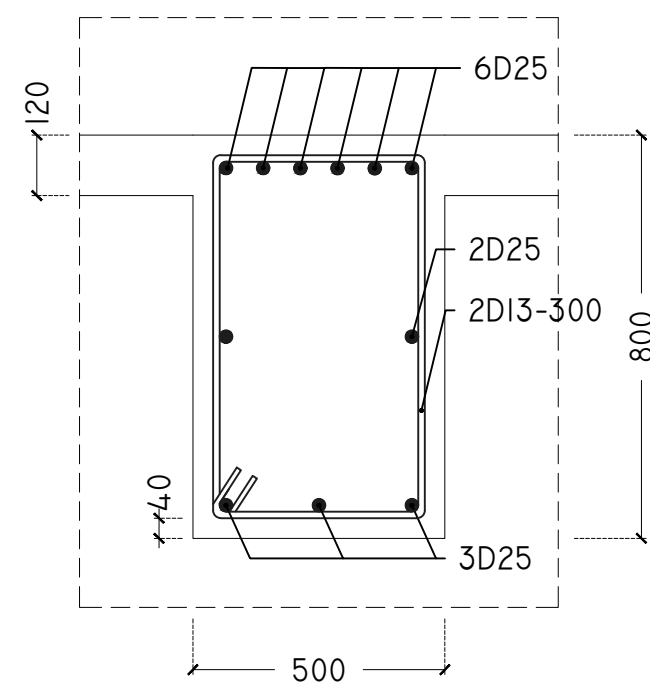
LEMBAR

1 : 30  
1 : 15

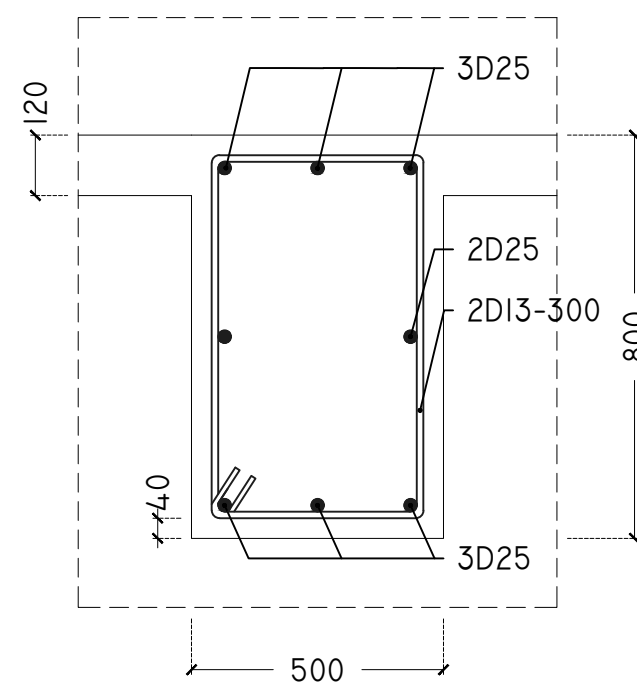
35/45



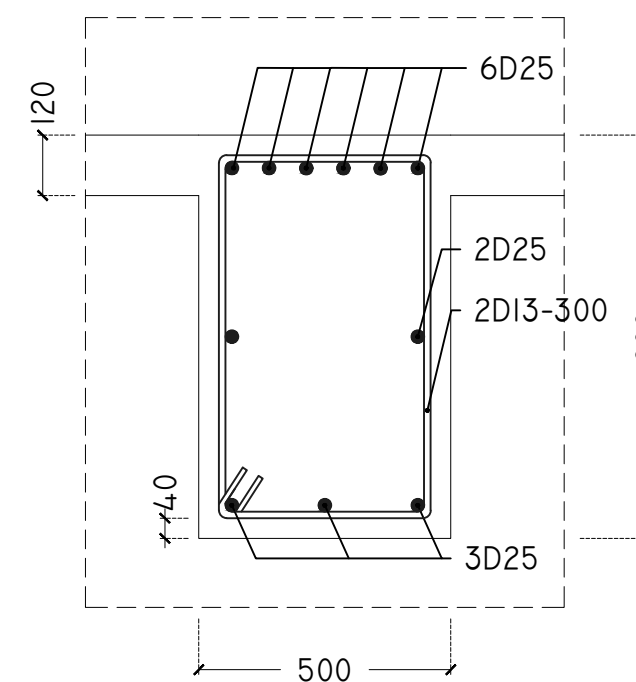
DETAIL PENULANGAN BI.B2  
SKALA 1 : 30



POTONGAN A  
SKALA 1 : 15



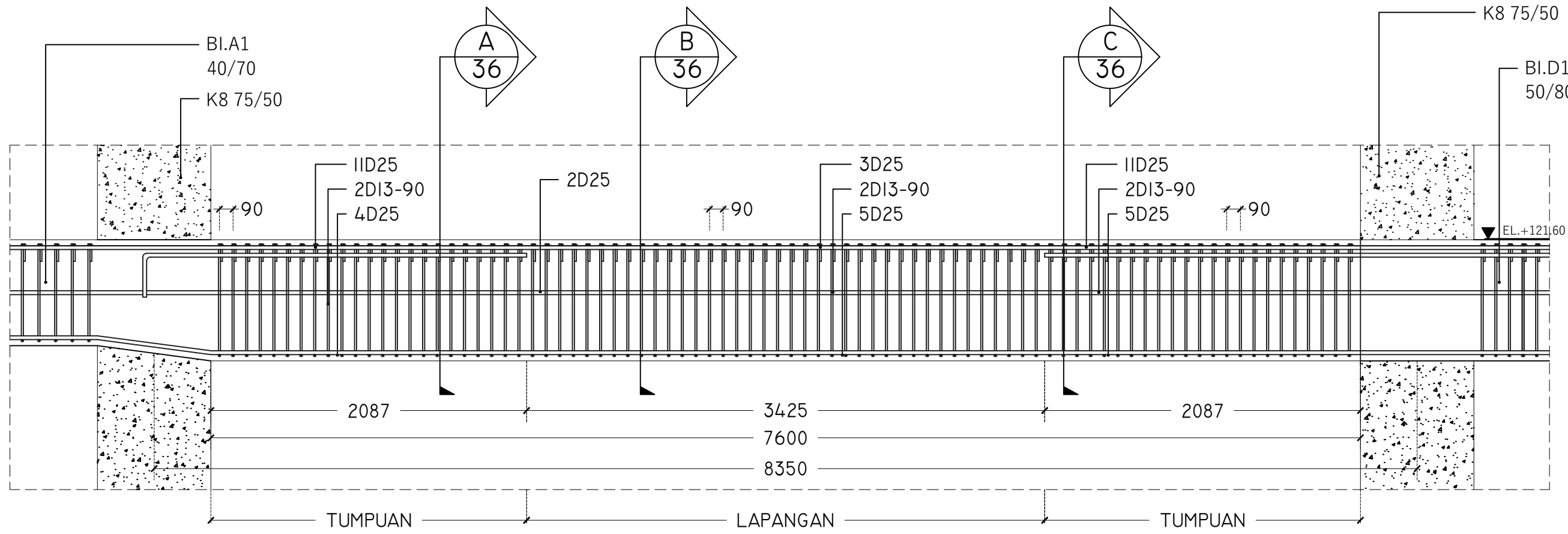
POTONGAN B  
SKALA 1 : 15



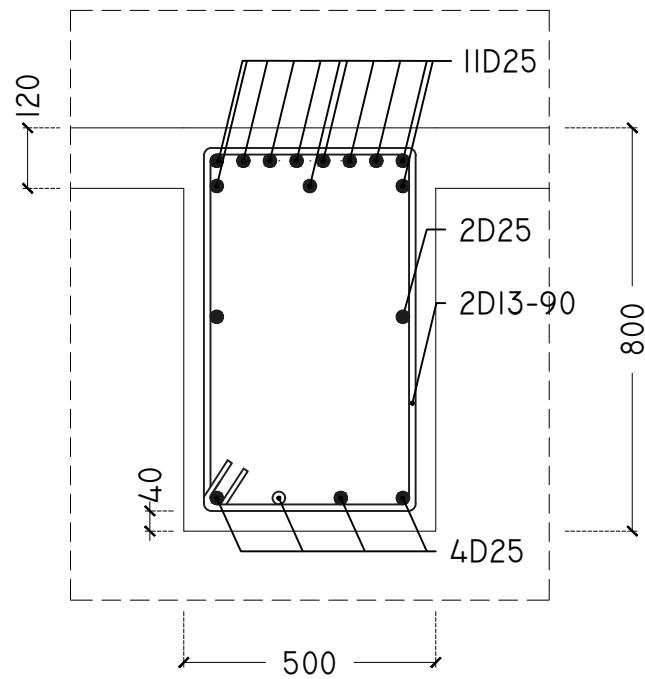
POTONGAN C  
SKALA 1 : 15

**Keterangan**

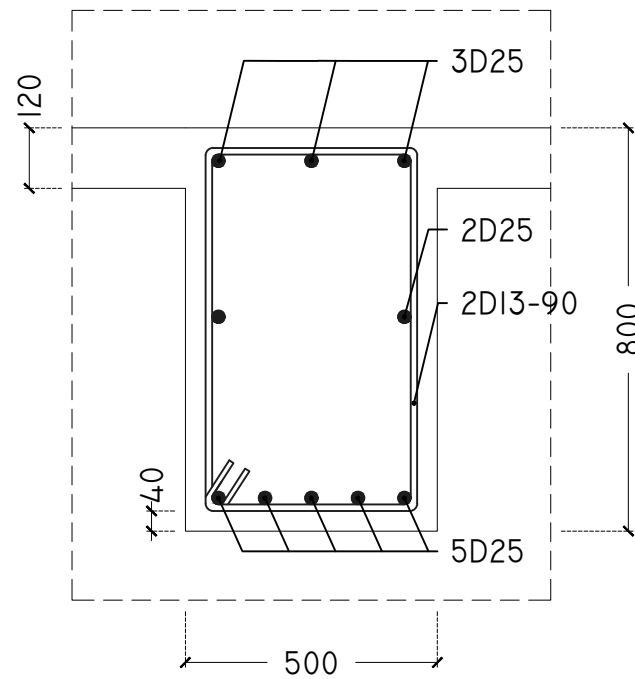
Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



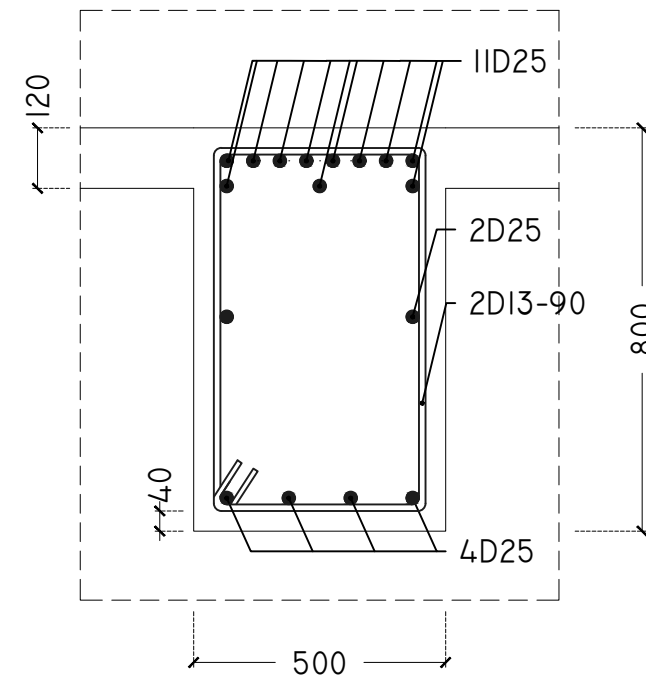
DETAIL PENULANGAN BI.D1  
SKALA 1 : 30



POTONGAN A  
SKALA 1 : 15

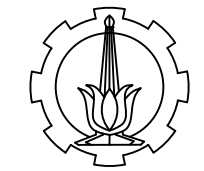


POTONGAN B  
SKALA 1 : 15



POTONGAN C  
SKALA 1 : 15

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

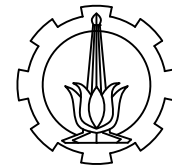
DETAIL TULANGAN  
BI.D1

SKALA

1 : 30  
1 : 15

LEMBAR

36/45



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

JUDUL GAMBAR

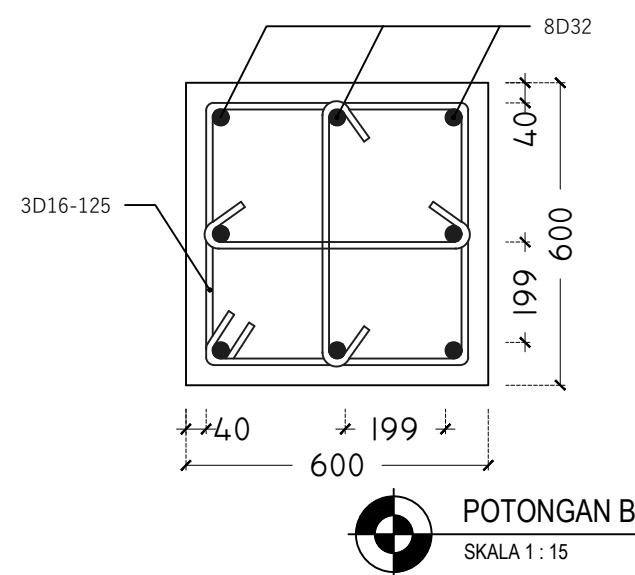
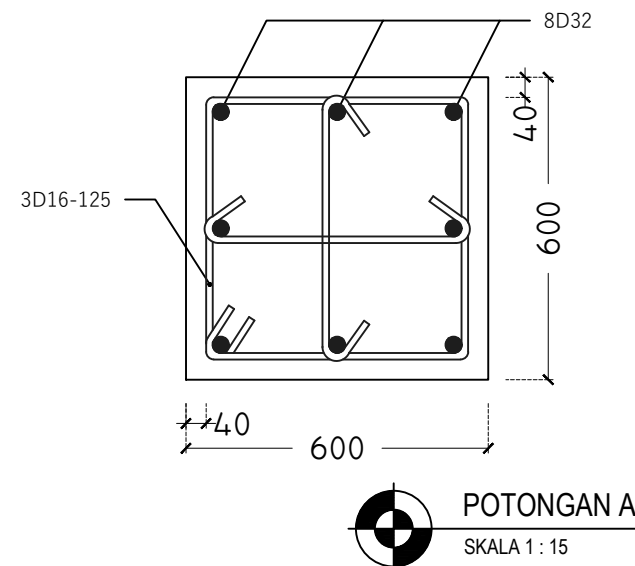
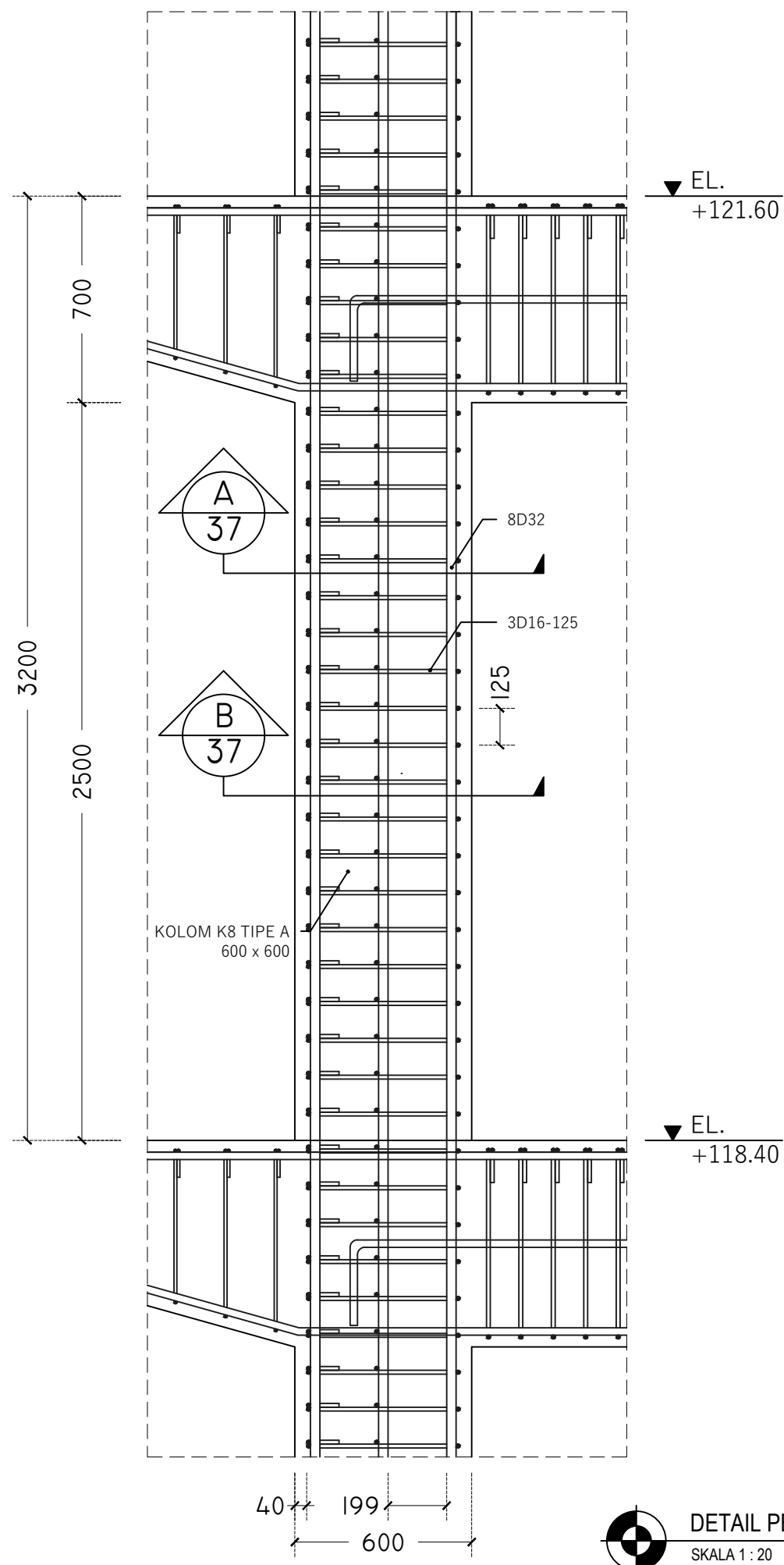
DETAIL TULANGAN K8  
TIPE A

SKALA

1 : 20  
1 : 15

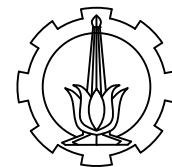
LEMBAR

37/45



DETAIL PENULANGAN K8 TIPE A  
SKALA 1 : 20

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN KOLOM  
(1)

SKALA

LEMBAR

1 : 50

38/45

TIPE LOKASI	K1 - A LANTAI 1 - LANTAI 6	K2 - A LANTAI 7 - LANTAI 12	K3 - A LANTAI 13 - LANTAI 17	K4 - A LANTAI 18 - LANTAI 22	K5 - A LANTAI 23 - LANTAI 27
PENAMPANG					
DIMENSI	1500/1500	1400/1400	1300/1300	1200/1200	1100/1100
UTAMA	32D32	28D32	24D32	20D32	16D32
SENGKANG	7D16-110	6D16-100	6D16-110	6D16-120	5D16-110

TIPE LOKASI	K6 - A LANTAI 28 - LANTAI 32	K7 - A LANTAI 33 - LANTAI 37	K8 - A LANTAI 38 - LANTAI 42	PEDESTAL - A LANTAI PEMELIHARAAN
PENAMPANG				
DIMENSI	1000/1000	800/800	600/600	1500/1500
UTAMA	16D32	8D32	8D32	32D32
SENGKANG	4D16-100	3D-100	3D16-125	7D16-110



PENULANGAN KOLOM A

SKALA 1 : 50

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

03111540000052

JUDUL GAMBAR

TULANGAN KOLOM  
(2)

SKALA

LEMBAR

1 : 50

39/45

TIPE LOKASI	K1 - B LANTAI 1 - LANTAI 6	K2 - B LANTAI 7 - LANTAI 12	K3 - B LANTAI 13 - LANTAI 17	K4 - B LANTAI 18 - LANTAI 22	K5 - B LANTAI 23 - LANTAI 27
PENAMPANG					
DIMENSI	2000/1150	250/400	250/400	250/400	250/400
UTAMA	30D32	26D32	22D32	18D32	16D32
SENGKANG	9D16-110	8D16-100	8D16-110	7D16-100	6D16-100

TIPE LOKASI	K6 - B LANTAI 28 - LANTAI 32	K7 - B LANTAI 33 - LANTAI 37	K8 - B LANTAI 38 - LANTAI 42	PEDESTAL - B LANTAI PEMELIHARAAN
PENAMPANG				
DIMENSI	250/400	250/400	250/400	250/400
UTAMA	12D32	10D32	6D32	38D32
SENGKANG	5D16-100	4D16-100	3D16-95	D13-90



PENULANGAN KOLOM B

SKALA 1 : 50

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

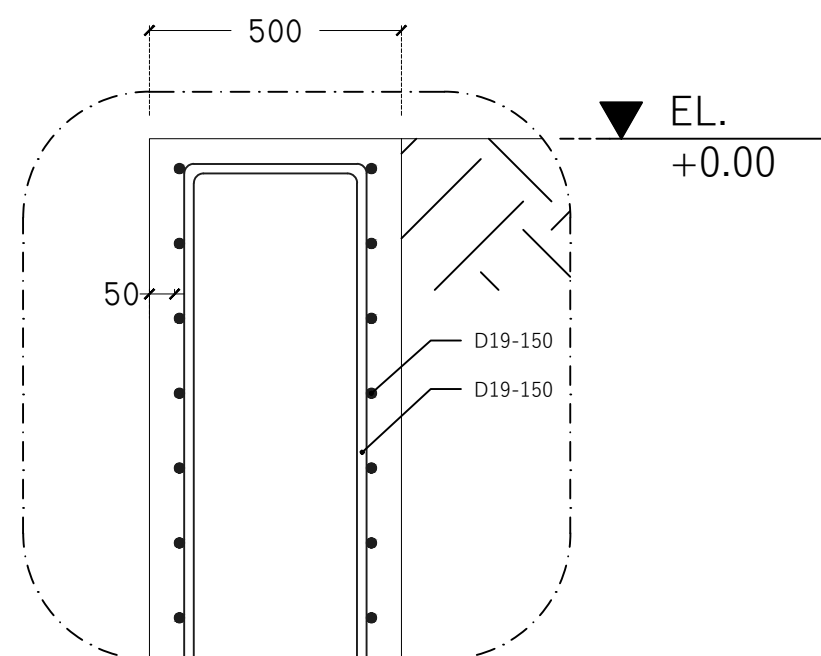
DETAIL DINDING  
PENAHAN TANAH

SKALA

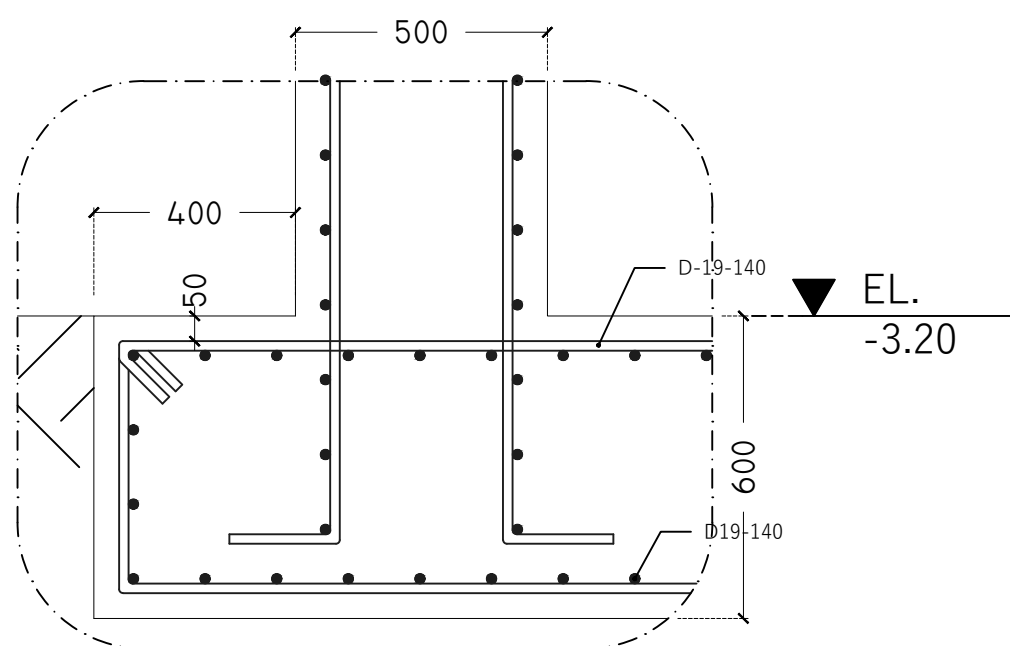
LEMBAR

1 : 25  
1 : 15

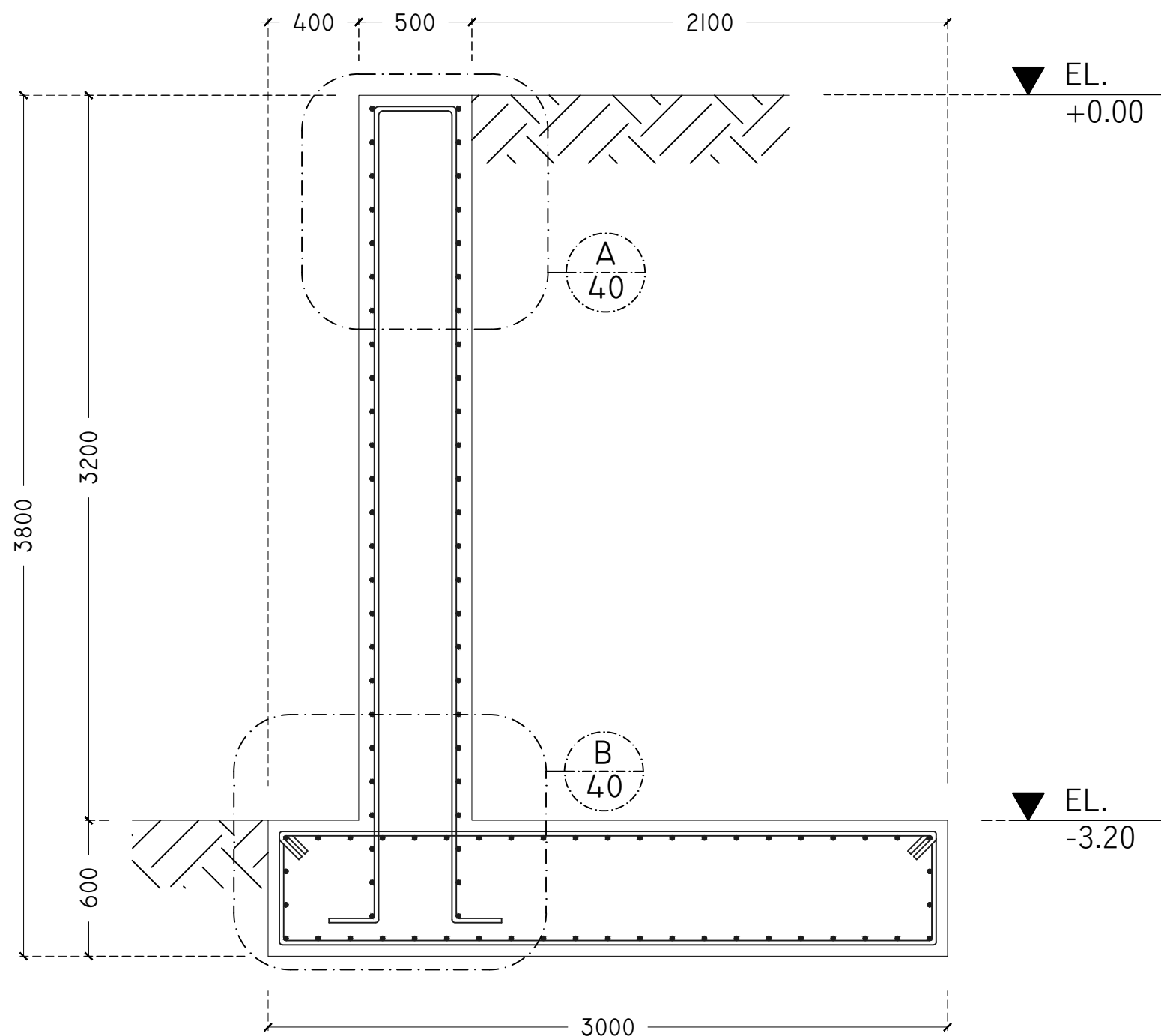
40/45



DETAIL A  
SKALA 1 : 15



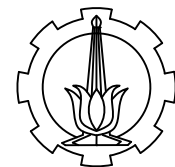
DETAIL B  
SKALA 1 : 15



DINDING PENAHAN TANAH  
SKALA 1 : 25

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

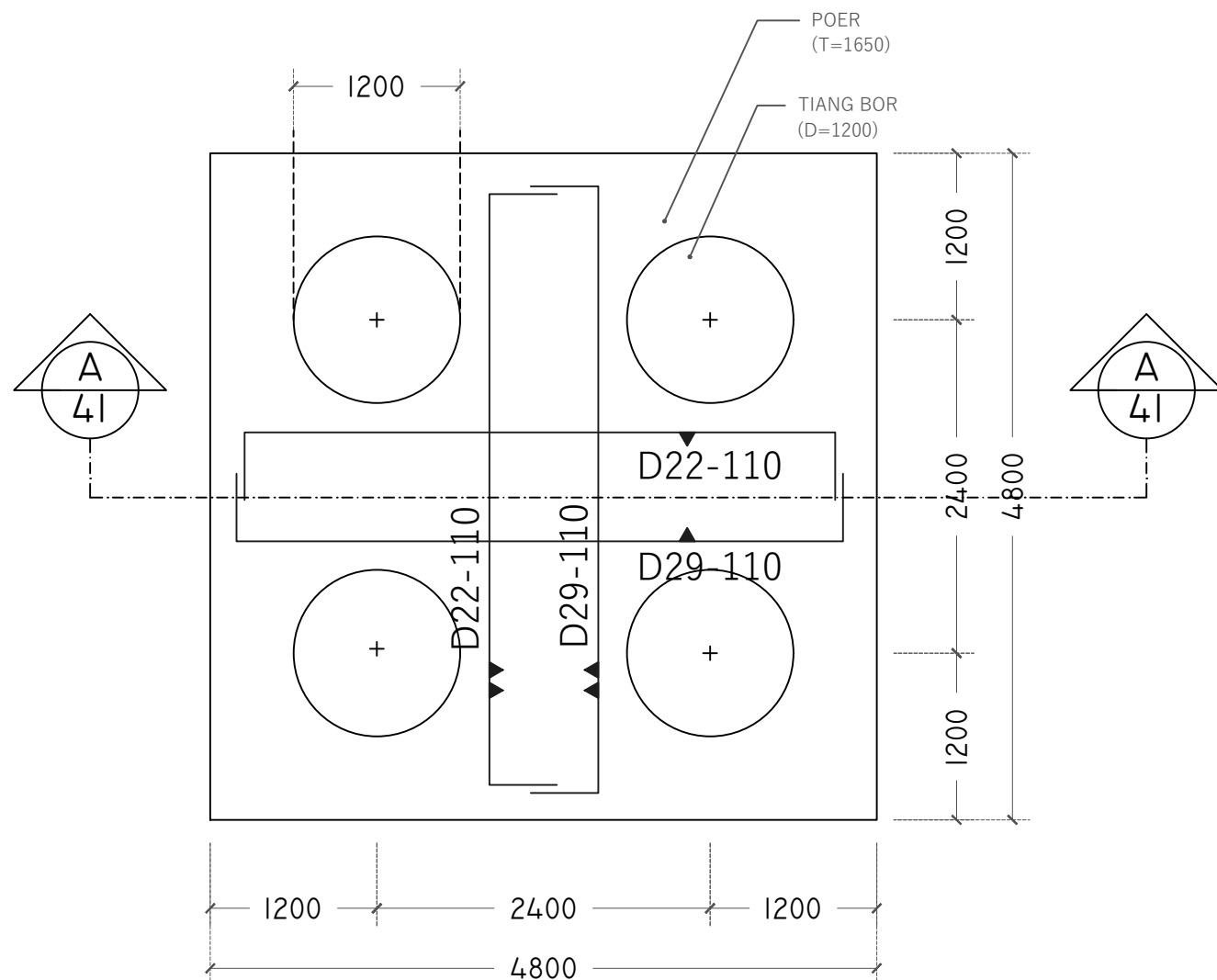
DETAIL TULANGAN  
POER 1

SKALA

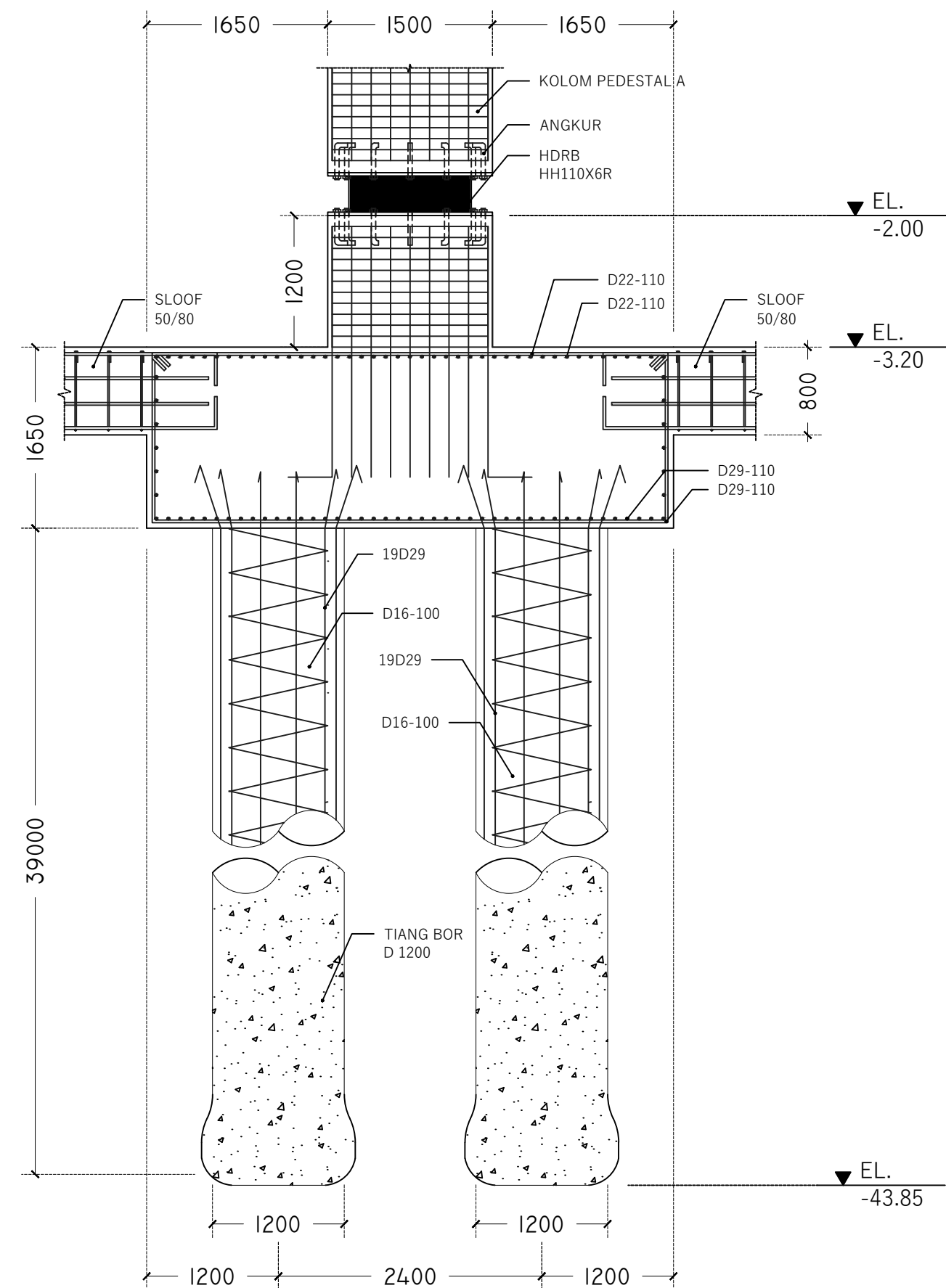
LEMBAR

1 : 25  
1 : 15

41/45



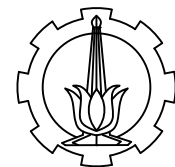
DETAIL POER 1  
SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 50

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

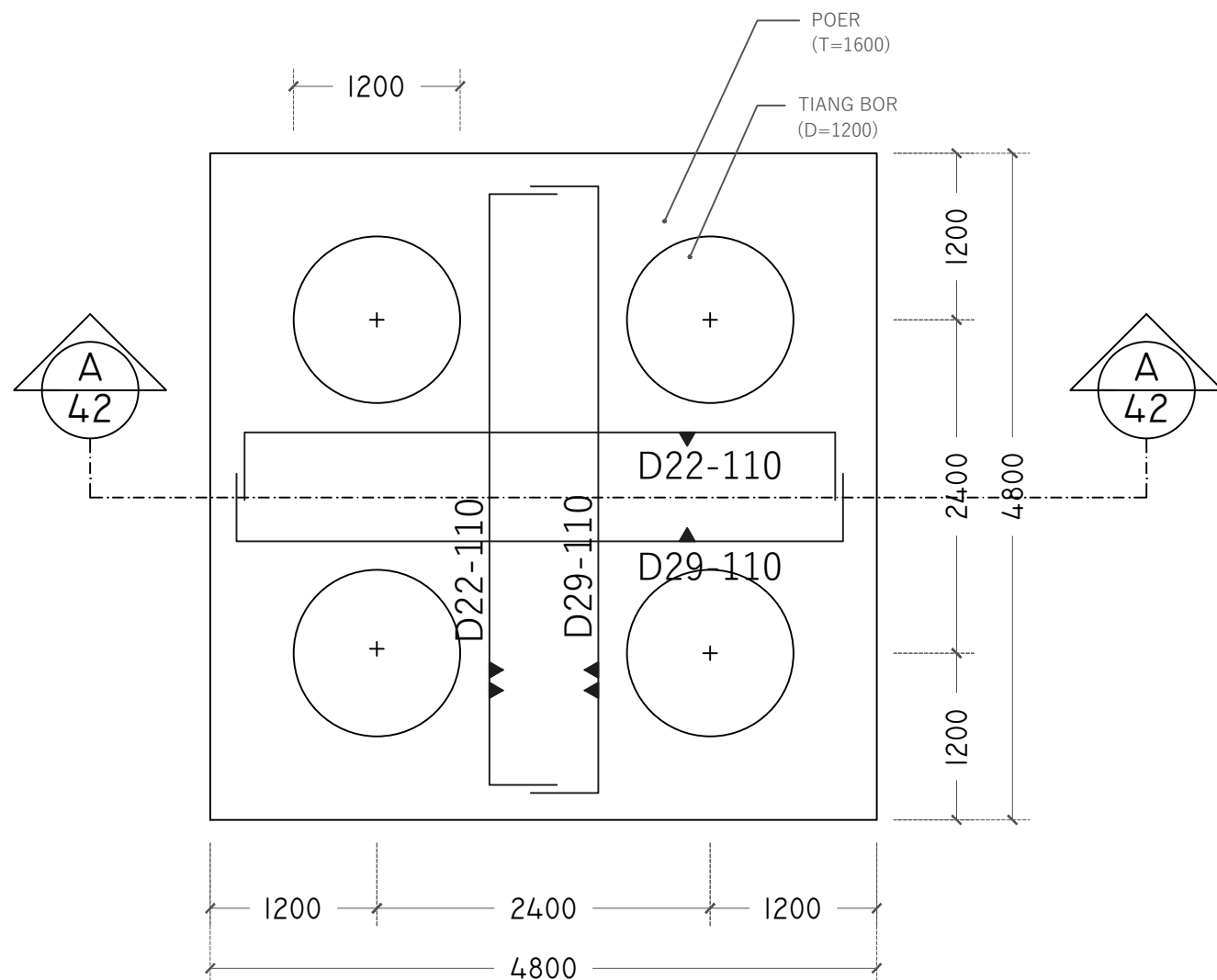
DETAIL TULANGAN  
POER 2

SKALA

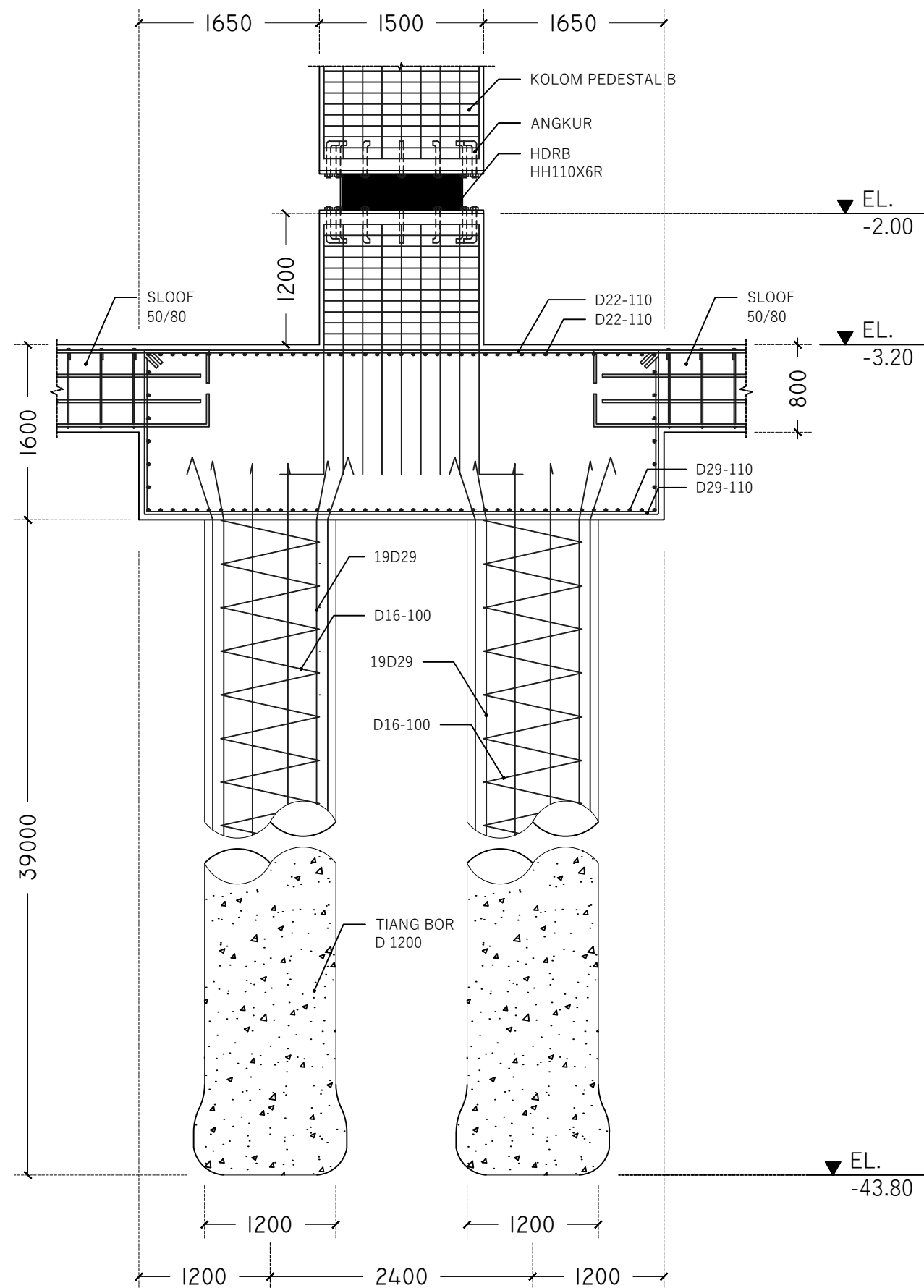
LEMBAR

1 : 25  
1 : 15

42/45



DETAIL POER 2  
SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 50

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN SLOOF

SKALA

LEMBAR

1 : 25

43/45

TIPE	SLOOF 1		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	400/700		
LENTUR	8D25	8D25	8D25
SENGKANG	D13-300	D13-300	D13-300
TIPE	SLOOF 2		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	500/800		
LENTUR	12D25	12D25	12D25
SENGKANG	D13-300	D13-300	D13-300
TIPE	SLOOF 3		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	500/800		
LENTUR	12D25	12D25	12D25
SENGKANG	D13-300	D13-300	D13-300

**Keterangan**

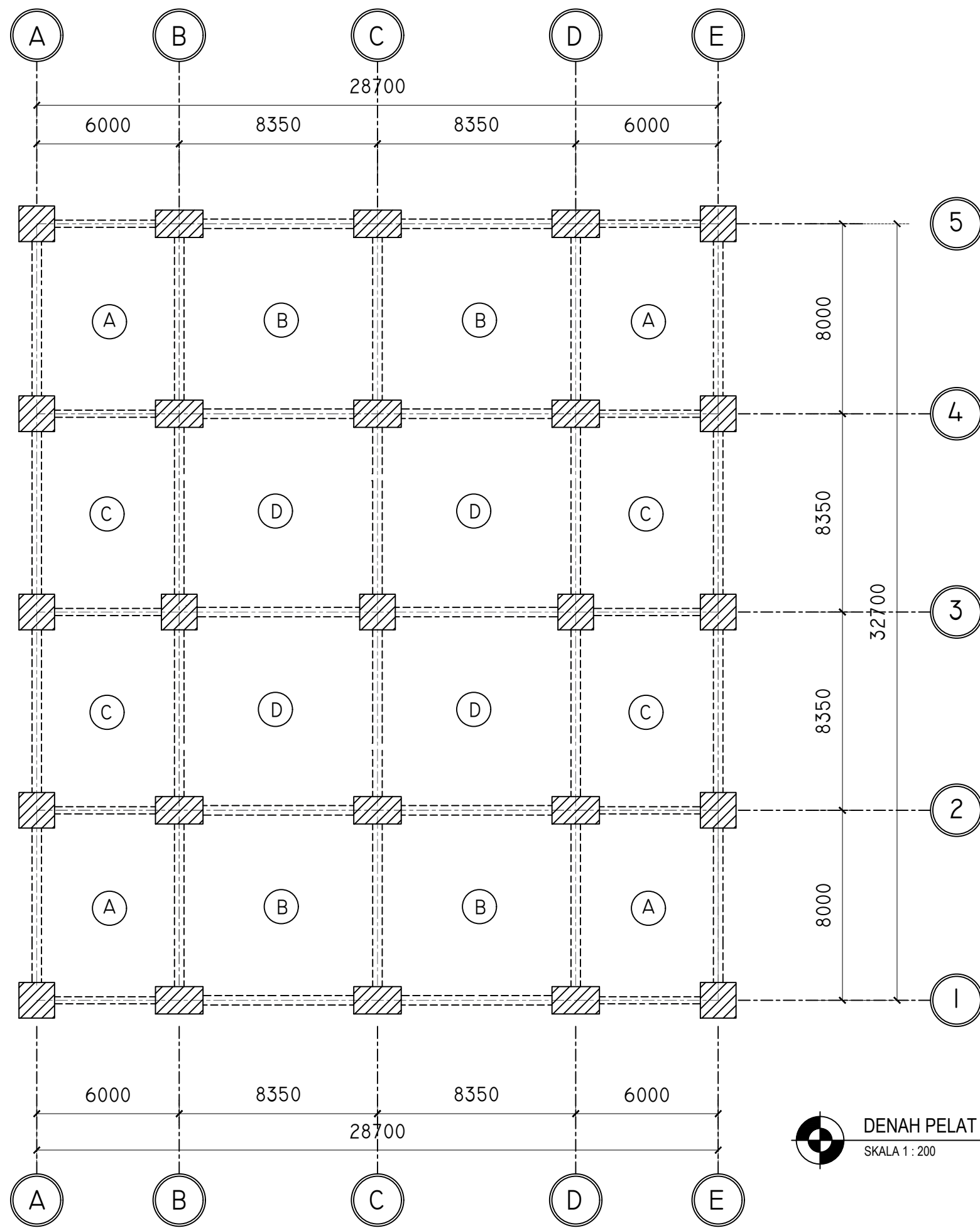
Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



PENULANGAN SLOOF

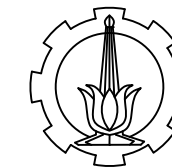
SKALA 1 : 25

Kode	Dimensi (m)		h	Satuan
	Ly	Lx		
A	6,00	8,00	20	cm
B	8,35	8,00	20	cm
C	6,00	8,35	20	cm
D	8,35	8,35	20	cm



DENAH PELAT LANTAI EI. - 3.20  
SKALA 1 : 200

Keterangan	
Mutu beton (fc')	: 40 Mpa
Mutu Tulangan	: 420 Mpa
Satuan dimensi	: mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT  
LANTAI BASEMENT EI.  
- 3.20

SKALA

1 : 200

LEMBAR

44/45



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

JUDUL

Modifikasi Perencanaan Gedung  
Grand Dharmahusada Lagoon  
dengan Base Isolator :High  
Damping Rubber Bearing

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata ST., MT., Ph.D  
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

Bagas Dinantha Adji

0311154000052

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT  
BASEMENT

SKALA

LEMBAR

1 : 150

45/45

LOKASI PELAT	LANTAI BASEMENT		LANTAI BASEMENT		
PENAMPANG					
	A		B		
	LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	TULANGAN ARAH X	D22 - 250	D22 - 250	D22 - 160	D22 - 160
	TULANGAN ARAH Y	D22 - 160	D22 - 160	D22 - 160	D22 - 160

LOKASI PELAT	LANTAI BASEMENT		LANTAI BASEMENT		
PENAMPANG					
	C		D		
	LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	TULANGAN ARAH X	D22 - 250	D22 - 250	D22 - 160	D22 - 160
	TULANGAN ARAH Y	D22 - 160	D22 - 160	D22 - 160	D22 - 160

**Keterangan**

Mutu beton (fc') : 40 Mpa  
Mutu Tulangan : 420 Mpa  
Satuan dimensi : mm



PENULANGAN PELAT BASEMENT

SKALA 1 : 150



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dato Pranoto, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Bagas Dinantha Adji
NRP	: 031154000052
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Oktober 2018
NO. SP-MMTA	: 086181 / IT2.VI.A1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	11/1/2019	Preliminary Design : - Balok induk - palat - kolom - Balok anak.	- Revisi ukuran kolom <del>140</del> diperkecil dan babk - Pembebanan - Permodelan fixed Base	
2		- Revisi ukuran balok dan kolom - pembebanan - permodelan fixed base	- Cari peraturan untuk periode struktur melebihi batas atau ditambahkan shearwall - Cek hitungan manual, untuk kontrol beban gravitasi	
3		Revisi permodelan fixed base ↳ menggunakan 2 tipe kolom persegi dan persegi panjang cek hitungan manual, beban gravitasi kontrol Penulisan preliminary Design	Revisi ukuran kolom terlalu besar (140x100 diubah 150x150) Struktur sekunder	
4		Revisi ukuran kolom perencanaan struktur sekunder ↳ tangga balok lift	fixasi permodelan fixed base perencanaan balok anak dan palat	



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Data Ianata, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Bagas Dinantha Adji
NRP	: 0311154000052
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Oktober 2018
NO. SP-MMTA	: 086181 / IT2. VI.4.1 / PP. 05. 02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5		kontrol permodelan fixed base { kontrol pembebanan gravitasi " partisipasi massa " periode fundamental " drift. Perencanaan balok anak dan pelat	penulisan struktur sekunder perhitungan dimensi HDRB	
6		penulisan struktur sekunder perhitungan dimensi HDRB	Revisi perhitungan HDRB ↳ Dimensi HDRB terlalu kecil (Cek Gaya base reaction dan rumus)	
7		Revisi ukuran Dimensi HDRB	Dimensi HDRB diperbesar, disesuaikan ukuran kolom ↳ cari referensi atau peraturan untuk pemasangan HDRB.	
8		permodelan permodelan <del>base</del> base isolator pada SAP 2000	Cek input properties HDRB.	
9.		kontrol permodelan base isolator { partisipasi massa drift.	Bandingkan Gaya geser dasar dan drift untuk fixed base dan base isolator	





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Data Iranata, ST, MT, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Bagas Dinantha Adji
NRP	: 081154000052
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Oktober 2018
NO.SP-MMTA	: 086181 / IT2. VI. A.1 / P.P. 05, 02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
10.		Penulisan kontrol permodelan fixed base. Cek perbandingan permodelan fixed base dan base isolator (nilai reduksi karena adanya base isolator).	Cek perletakan base isolator, seharusnya ada simpangan di dasar Nilai Reduksi terlalu kecil	
11.		Revisi perletakan base isolator	Cek Respon spektrum setelah adanya sistem isolasi, seharusnya ada redaman. 	
12.		Revisi respon spektrum setelah adanya sistem isolasi	Nilai reduksi terlalu kecil, coba dimanti HDRB lain Fix kan permodelan HDRB	
13.		Fix kan permodelan base isolator penulisan permodelan base isolator	perencanaan struktur primer	
14		Perencanaan struktur primer f balok induk kolom	Perbesar penampang balok. 30/40 → 40/70 40/50 → 50/80 20/30 → 25/40 30/40 → 30/50	



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Harun Al-Rasyid ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Bagas Dinawha Adji
NRP	: 0311154000052
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Grand Dharmakusada Lagoan Surabaya dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Oktober 2018
NO. SP-MMTA	: 086181 / IT2.VI.A.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	8/1 2019	Preliminary Design Dimensi : - Balok Induk - pelat - Balok Anak - Kolom	- Revisi Preliminary Design - Pembebanan - Permodelan	H
2	25/1 2019	Revisi ukuran pelat Pembebanan Permodelan	- Revisi Permodelan - " Preliminary design	H
3	13/2 2019	Penulisan preliminary Design Perencanaan Tangga " Balok Lift " Pelat	- Revisi permodelan tangga. menggunakan prestressing berdes - Perencanaan Balok anak.	H
4		Revisi permodelan tangga menggunakan SAP2000 dengan tumpuan jepit-jepit, Revisi denah balok penggantung dan penumpu lift, Revisi penulisan struktur sekunder, Revisi permodelan HDRB pada SAP2000 dan respon spektrum komposit, kontrol permodelan fixed base dan struktur isolasi	Perlu dicek momen pelat tangga arah x, seharusnya lebih besar dari arah y, Cari literatur AASHTO yang menyatakan konversi nilai redaman efektif ke periode efektif, Dicat lagi respon spektrum komposit. Dicat satuan saat memasukkan spesifikasi HDRB pada SAP2000	H J
5		Revisi permodelan HDRB Fix kan permodelan HDRB	Gambar buram perlu digambar ulang	J



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Harun Al - Rayid, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Bagas Dhantha Adji
NRP	: 0311154 0000052
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	: 29 Oktober 2018
NO. SP-MMTA	: 086181 / IT2.VI.4.1 / pp.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
		Perhitungan perencanaan struktur primer - balok induk kolom	Perlu ditambah informasi tulangan pakai pada tabel seperti : 5 D 13 Perencanaan struktur bawah Bambar	<i>ff</i>
		Perencanaan Struktur Bawah Penulisan Laporan total.	Notasi D10 diganti $\emptyset 10$ Detail tulangan pelat reviri jarak antar tulangan.	<i>ff</i>



## **BIODATA PENULIS**



Penulis yang bernama lengkap Bagas Dinantha Adji ini dilahirkan di Bojonegoro pada 23 Agustus 1997, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kapas 1, SMP Negeri 1 Bojonegoro dan SMA Negeri 1 Bojonegoro. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Bojonegoro pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 3115100052. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kampus diantaranya : pengkaderan, seminar, kepanitiaan, himpunan dan lomba ketekniksipilan. Selama perkuliahan penulis pernah menerima beberapa beasiswa, mulai dari beasiswa alumni teknik sipil, PPA (Peningkatan Prestasi Akademik), dan terakhir program beasiswa MDL (Management Distance Learning) PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. Di Departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil topik TA bidang Struktur khususnya bangunan gedung.

E-mail : [bagas.tata6@gmail.com](mailto:bagas.tata6@gmail.com)