



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC191845

**ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN GUNWANGSA GRESIK DENGAN
*SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)***

ADITYA RACHMAD ANDRIYONO
NRP 1011160013038

DOSEN PEMBIMBING
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC191845

**ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN GUNWANGSA GRESIK DENGAN
*SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER
BEARING (HDRB)***

ADITYA RACHMAD ANDRIYONO
NRP 1011160013038

DOSEN PEMBIMBING
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



APPLIED FINAL PROJECT - VC191845

***ALTERNATIF DESIGN OF STRUCTURAL BUILDING
OF APARTEMENT GUNWANGSA GRESIK USING
SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER
BEARING (HDRB)***

**ADITYA RACHMAD ANDRIYONO
NRP 1011160013038**

**SUPERVISOR
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003**

**APPLIED UNDERGRADUATE PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESIK DENGAN SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan

Pada

Program Sarjana Terapan

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Surabaya, 22 Agustus 2020

Disusun Oleh :

MAHASISWA



Aditya Rachmad Andriyono

NRP. 10111610013038

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proyek Akhir :

DOSEN PEMBIMBING



“Halaman ini sengaja dikosongan”



Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sivil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **54**

Program Studi : **D4 Teknik Sipil (TRPP85)**

Diumout oleh : **Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.**

Bawa pada hari ini : **Senin, 10-Agt-2020**

Pukul : **10:00** s/d **12:00**

Di tempat : **Online Meeting**

Telah dilaksanakan sidang Proosal Tugas Akhir dengan iudul:

ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GUNWANGSA GRESIK DENGAN SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa : **(Hadir / Tidak Hadir)**

10111610013038 ADITYA RACHMAD ANDRIYONO **Hadir**

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing : **(Hadir / Tidak Hadir)**

1 Ir. Ibu Pudji Rahardjo, MS. **Hadir**

2 **Hadir**

Yang dihadiri oleh dosen Penugui : **(Hadir / Tidak Hadir)**

1 Dr. Ir. Dicky Imam W., MS. **Hadir**

2 Ir. Sungkono, CES. **Tidak Hadir**

3 N. A. Husin, ST, MT **Hadir**

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penugui pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

10111610013038 ADITYA RACHMAD ANDRIYONO

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

Dr. Ir. Dicky Imam W., MS.

1. Latar belakang (olesan memakai HDRB)
2. Tunjukkan kelayahan desain anda dibanding desain existing, supaya punya keunggulan, bandingkan tulangan existing dg hasil hitungan.
3. Gambar potongan struktur atas dan bawah.
4. Tinggi pedestal direncanakan agar bisa maintenance
5. Lift diletakkan di atas struktur atas
6. Daftar gambar, denah HDRB, gambar dilengkapi.

7. Tangga di basement dibuat rol (diberi lapisan teflon), harus ada pergerakan, dan bukan dari beton, dari baja.

Pihau

1. Gambar dilengkapi
2. Wiremesh

N.A Husin ST MT

1. Sclain HDRB, apa saja? alasan pakai HDRB?

3. Metodologi:

- SRPMK dg shcarwall
 - SRPMB dg shcarwall
 - SRPMB dg shcarwall dan HDRB
- Gambar diperjelas, tinggi/jarak untuk maintenance
4. Notasi Tulangan pelat lantai (wire mesh)
- Gambar pelatnya bukan wire mesh. Tolong diperbaiki,
5. Presentasi tangga dari beton, posisi tangga tidak ada didenah.
Denah, dan detailing direvisi dan diperbaiki.
6. Dipercoba existing kolom dan bolok SRPMK (cek saja)
7. Daftar Gambar, gambar lengkap dan detail.
- Diberi z, disesuaikan gambar arsitektur dan struktur,

Tindak lanjut :

Mahasiswa memperbaiki/merevisi Projek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

Domikian Berita Acara Sidang Projek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Lampiran :

Tambahkan screen capture peserta meeting online disini.



**ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA GRESIK DENGAN SEISMIC BASE ISOLATION
HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)**

Nama Mahasiswa : Aditya Rachmad Andriyono
NRP : 10111610013038
Departemen : Teknik infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP : 19600105 198603 1 003

ABSTRAK

Gedung Gunawangsa Superblock Gresik Jawa Timur merupakan gedung beton bertulang 15 lantai dengan Sistem Struktur dual system. Gedung apartement gunawangsa superblock ini memiliki luas total bangungan $\pm 42.900 \text{ m}^2$. Lokasi proyek terletak di Jl Veteran No.194 Kota Gresik.

Pada tugas akhir ini direncanakan alternatif desain pada gedung apartement gunawangsa ini dengan memodifikasi gedung tanpa menggunakan *shear wall* dan menggantinya dengan sistem peredam/*damper*. *Damper* berfungsi meredam respons struktur ketika gedung mengalami beban lateral. Ada banyak jenis *damper*, dalam tugas ini digunakan *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) karena menyesuaikan keadaan tanah sesuai dengan lokasi bangunan

Hasil dari *Standard Penetration Test* (SPT) diketahui bahwa gedung dibangun di atas kelas situs tanah sedang dan termasuk dalam kategori desain sesimik D sehingga perhitungan struktur dapat menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dalam pemasangan *Base Isolator* diharapkan bila terjadi gempa besar, Gedung tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu dengan menghindari terjadi sendi plastis pada SRPMK maka Gedung Apartemen Gunawangsa akan didesain menggunakan SRPMB

Perencanaan dilakukan melalui 4 tahap permodelan struktur, yaitu tahap 1 permodelan kondisi eksisting bangunan SRPMK dengan *shear wall*, tahap 2 permodelan SRPMB dengan *shear wall*, tahap 3 permodelan SRPMB dan tahap 4 permodelan SRPMB dengan HDRB. Pada permodelan tahap 1 hingga 3 diberikan pembebangan gempa respons spektrum. Namun pada permodelan tahap 4 diberikan pembebangan gempa respons spektrum komposit akibat penggunaan sistem isolasi dasar. Hasil dari keempat permodelan tersebut dilakukan analisa kontrol struktur sesuai standar perencanaan. Dikarenakan tujuan Proyek Akhir untuk mengetahui pengaruh HDRB terhadap beban gempa yang tinggi (SRPMB nilai R=3), maka pada permodelan tahap 3 dan tahap 4 dilakukan perbandingan output gaya dalam untuk mengetahui reduksi yang terjadi. Tahap selanjutnya melakukan perhitungan struktur atas yang akan dijelaskan pada penggambaran teknik.

Proyek akhir ini mendapatkan hasil bahwa penggunaan High Damping Rubber Bearing (HDRB) dapat mereduksi gaya geser gaya geser dasar pada arah X 32,43% dan arah Y 33,18 %. Periode yang terjadi bertambah panjang dibanding dengan fixed based . Berdasarkan hasil analisa rasio gaya dalam, terdapat reduksi gaya aksial sebesar 37,73 % ,gaya geser sebesar 29,97 % ,gaya torsi sebesar 33,80 % , dan momen sebesar 36,83 % pada elemen struktur utama.

Kata kunci : *High Damping Rubber Bearing*, SRPMK , SRPMB, Respon Spektrum , Base Isolation

ALTERNATIF DESIGN OF STRUCTURAL BUILDING OF APARTEMENT GUNAWANGSA GRESIK USING SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

Name	:	Aditya Rachmad Andriyono
NRP	:	10111610013038
Departement	:	Teknik infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisor	:	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP	:	19600105 198603 1 003

ABSTRACT

Gunawangsa Superblock Gresik East Java building is a 15 story reinforced concrete building with dual system structure. This superblock apartment building has a total building area of ± 42.900 m². The project location on Veteran 194 Gresik city.

In this final project , an alternative design is planned for this Gunawangsa apartement building by modifying the building without using a shear wall and replacing it with a damper system. The damper function to reduce the response of the structure when the building experiences lateral loads. There are many types of dampers, in this final project High Damping Rubber Bearing (HDRB) is used because it adjusts soil condition according to the building location.

The results of the standart Penetration Test (SPT) show that the building is built on medium ground site class and is included in the seismic design category D so that the structural calculation can use the Special Moment Bearer Frame System (SRPMK). In installation base isolator , it is hope that in the event of large earthquake , the building will not be damaged. Therefore, by avoiding plastic joint in SRPMK , the Gunawangsa Apartement Building will be designed using SRPMB

Planning is carried out through 4 step of structural modeling, step 1 modeling the existing condition of SRPMK buildings with shear walls, step 2 modeling SRPMB with shear

walls, step 3 modeling SRPMB and step 4 modeling SRPMB with HDRB. In the modeling step 1 to 3 earthquake load response is given. However, in step 4 modeling, earthquake load response of composite spectrum is given due to the use of a basic isolation system. The results of the fourth modeling analyzes of the control structure in accordance with planning standards. Because of the goal of Final Project is to determine the effect of HDRB on high earthquake loads (SRPMB value of $R = 3$), the modeling of step 3 and step 4 compares the internal force output to determine the reduction. The next step is to calculate the structure of the upper and will be explained in the description of the technique

This final project gets the result that with the use of High Damping Rubber Bearing (HDRB) can reduce that basic shear the building reaches 32.43 % and the direaction reaches 33.18 %. The period that occurred was longer than fixed based. Base on the result of internal force ratio analysis, there is a reduction of axial force of 37.73 % shear force of 29.97 % , torsion force of 33.80 % and moment of 36.83 % of the main structural elements

Keywords : High Damping Rubber Bearing, SRPMK , SRPMB , Respons Spectrum , Base Isolation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “Alternatif Desain Struktur Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik dengan *Seismic Base Isolation High Damping Rubber Bearing*” dengan tepat waktu. proyek akhir ini merupakan implementasi ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal proyek akhir tidak akan terlaksana tanpa bantuan, bimbingan serta pengarahan dari beberapa pihak. Padakesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Proyek Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil serta selalu mendoakan sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini.
3. Bapak IR Ibnu Pudji Rahardjo Ms. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, motivasi serta kesempatan dalam penyusunan Proyek Akhir.
4. Seluruh dosen pengajar serta karyawan Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS yang telah membimbing selama masa perkuliahan.

5. Semua teman-teman dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang selama ini telah mendukung dan berpartisipasi dalam membantu menyelesaikan penyusunan Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Proyek Akhir ini masih terdapat kekurangan didalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Besar harapan penulis semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 10 Juli 2020

Penulis

Aditya Rachmad Andriyono

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Peraturan yang Digunakan.....	7
2.3 Konsep <i>Seismic Base Isolation</i>	7
2.4 Jenis Jenis Base Isolator Rubber Bearing.....	8
2.4.1 Lead Rubber Bearing (LRB)	9
2.4.2 High Damping Rubber Bearing (HDRB)	9

2.4.3 Natural Rubber Bearing (NRB)	10
2.5 Karakteristik Base Isolator HDRB	11
2.6 Tinjauan Base Isolation Berdasarkan SNI 03-1726-2013	12
2.6.1 Perpindahan Rencana.....	12
2.6.2 Periode Efektif pada saat Peripndahan Rencana	13
2.6.3 Perpindahan Maksimum.....	13
2.6.4 Periode Efektif pada setiap saat Perpindahan Maksimum ...	14
2.6.5 Sistem Isolasi dan Elmen Struktural dibawah Sistem Isolasi	14
2.6.6 Sistem Isolasi dan Elemen Struktur diatas Sistem Isolasi	15
2.6.7 Batas Vs	16
2.6.8 Pemeriksaan dan penggantian pada SNI 12.2.4.8	16
2.7 Perencanaan Dimensi Base Isolation HDRB	17
2.8 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).....	19
2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)	21
2.10 Analisa Pembebahan.....	21
2.10.1 Beban Mati.....	22
2.10.2 Beban Hidup.....	22
2.10.3 Beban Angin.....	22
2.10.4 Beban Gempa.....	22
BAB III.....	35
METODOLOGI	35
3.1 Diagram Aliran Penyelesaian Tugas Akhir.....	35
3.2 Pengumpulan Data	37
3.2.1 Data eksisting	37
3.3 Analisa Beban	38

3.3.1 Beban Mati	38
3.3.2 Beban Hidup.....	39
3.3.3 Beban Hujan.....	39
3.3.4 Beban Angin	40
3.3.5 Beban Gempa.....	40
3.4 Permodelan Struktur Eksisting <i>Dual System</i>	40
3.5 Permodelan Struktur Tanpa Menggunakan Shearwall.....	41
3.6 Redesign Penampang Elemen Struktur.....	42
3.7 Permodelan Struktur Menggunakan Base Isolator	42
3.8 Output Gaya	43
3.9 Kontrol Struktur	43
3.10 Perencanaan Struktur Atas dan Struktur Bawah.....	44
3.10.1 Pelat Lantai.....	44
3.10.2 Balok	47
3.10.3 Kolom.....	55
3.10.4 Retaining Wall	58
3.10.5 Pondasi.....	59
BAB IV	62
ANALYSIS PEMBEBANAN.....	62
4.1 Beban Mati (Dead Load).....	62
4.2 Beban Hidup.....	65
4.3 Beban Air Hujan.....	65
4.4 Beban Angin	66
4.5 Beban Gempa.....	70
4.6 Kombinasi Pembebaan.....	76

BAB 5	77
PERENCANAAN STRUKTUR HDRB	77
5.1 Perhitungan Dimensi HDRB	77
5.2 Perhitungan Respons Spektrum Komposit.....	84
5.3 Perencanaan Basement	86
5.3.1 Perencanaan Retaining Wall	86
BAB 6	89
ANALISA STRUKTUR GEDUNG	89
6.1 Analisa Struktur Tahap 1.....	89
6.1.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan	89
6.1.2 Kontrol Partisipasi Masa	91
6.1.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Bangunan.....	92
6.1.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai.....	94
6.2 Analisis Struktur Tahap 2	96
6.2.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan	96
6.2.2 Kontrol Partisipasi Massa	97
6.2.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Bangunan.....	97
6.2.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai.....	99
6.3 Analisis Struktur Tahap 3.....	100
6.3.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan	100
6.3.2 Kontrol Partisipasi Massa	101
6.3.3 Kontrol Gaya Geser Dasar.....	101
6.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai.....	102
6.4 Analisis Struktur HDRB.....	104
6.4.1 Kontrol Periode Fundamental	104

6.4.2 Kontrol Partisipasi Massa	104
6.4.3 Kontrol Gaya Geser Dasar.....	105
6.4.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai.....	109
BAB 7	111
PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS	111
7.1 Perencanaan Pelat Lantai	111
7.1.1 Pembebanan Pelat Lantai.....	111
7.1.2 Pelat 2 Arah.....	112
7.1.3 Pelat 1 Arah.....	122
7.2 Pelat Tangga.....	130
7.3 Pelat Bordes.....	133
7.4 Struktur Balok.....	137
7.4.1 Data Perencanaan	138
7.4.2 Analisis Struktur Gaya Dalam.....	138
7.4.3 Perhitungan Tulangan Torsi	139
7.4.4 Perhitungan Tulangan Longitudinal.....	144
7.4.5 Perhitungan Tulangan Geser	154
7.4.6 Panjang Penyaluran Tulangan	159
7.5 Struktur Kolom	162
7.5.1 Data Perancanaan	162
7.5.2 Output Gaya pada Kolom.....	163
7.5.3 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	164
7.5.4 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	164
7.5.5 Cek Syarat “ Strong Column Weak Beam”	165
BAB 8	168

ANALISIS PERMBANDINGAN STRUKTUR EKSITING DENGAN HDRB	168
8.1 Rekapitulasi Gaya Momen.....	168
8.2 Rekapitulasi Gaya Aksial.....	169
8.3 Rekapitulasi Gaya Geser	169
8.4 Rekapitulasi Gaya Torsi	169
8.5 Rekapitulasi Perbandingan tulangan	170
BAB 9	172
METODE PELAKSANAAN DAN PEMILIHARAAN HDRB.....	172
10.1 Metode pelaksanaan Pemasangan HDRB	172
10.1.1 Pemasangan Tulangan Kolom Pendestal Bawah.....	172
10.1.2 Pemasangan Base Plate.....	173
10.1.3 Pengecoran Kolom Pendestal.....	175
10.1.4 Grouting	177
10.1.5 Pemasangan Rubber bearing dan Top Plate	178
10.1.6 Pekerjaan Kolom Pendestal Atas.....	181
10.2 Metode Pemeliharaan HDRB.....	182
BAB 10.....	185
PENUTUP	185
11.1 Kesimpulan.....	185
11.2 Saran.....	185
DAFTAR PUSTAKA	187
BIODATA PENULIS	188
LAMPIRAN	190

“Halaman ini sengaja dikosongan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Tektonik dan Gunung Berapi di Indonesia	5
Gambar 2. 2 Perilaku Gedung Menggunakan Base Isolator	8
Gambar 2. 3 Lead Rubber Bearing (LRB) (Bridgestone, 2017)	9
Gambar 2. 4 High Damping Rubber Bearing (HDRB).....	9
Gambar 2. 5 Natural Rubber Bearing (NRB)	10
Gambar 2. 6 Sistem Rangka Pemikul Momen	20
Gambar 2. 7 Ilustrasi Beban Angin.	22
Gambar2. 8 Parameter Percepatan respon spectral MCE Periode pendek Ss (SNI 1726 :2012).....	27
Gambar 2. 9 Parameter percepatan respon spectral MCE periode 1 detik S1 (SNI 1726 :2012).....	28
Gambar 2. 10 Spektrum Respon Desain.....	33
Gambar 3. 1 Flowchart penertjaan TAT.....	36
Gambar 3. 2 Permodelan Dual System	41
Gambar 3. 3 Permodelan SRPMB Tanpa Shearwall.....	42
Gambar 3. 4 Perhitunga Penulangan Pelat.....	45
Gambar 3. 5 Ilustrasi Perhitungan Lentur Balok.....	47
Gambar 3. 6 Digram alir perhitungan balok	48
Gambar 3. 7 Gaya Geser pada Kolom	56
Gambar 3. 8 Bentang Bersih Kolom dan Balok.....	56
Gambar 3. 9 Skema Tekanan Pada Retaining Wall	58
Gambar 3. 10 Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang	60
Gambar 3. 11 Penentuan Panjang Ekivalen.....	60
Gambar 4. 1 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift	64
Gambar 4. 2 Faktor Topografi.....	67
Gambar 4. 3 Ilustrasi Beban Angin yang Bekerja	69
Gambar 4. 4 Peta Hazard gempa Indonesia	71
Gambar 4. 5 Peta Hazard gempa Indonesia	72
Gambar 5. 1 Brosur HDRB Bridgestone.....	80

Gambar 5. 2 Skema Tekanan Pada Rentaining Wall	86
Gambar 7. 1 Denah pelat yang ditinjau	112
Gambar 7. 2 Koefisien Momen Pelat Satu Arah.....	124
Gambar 7. 3 Momen Pelat Tangga	130
Gambar 7. 4 Momen Pelat Tangga	134
Gambar 7. 5 Momen Terbesar Pelat Tangga	134
Gambar 7. 6 Denah Pembalokan B2 yang ditinjau.....	137
Gambar 7. 7 Output Momen dan Gaya Geser Maksimal	139
Gambar 7. 8 Gaya Aksial dari Etabs 2016.....	163
Gambar 7. 9 Gaya Momen Arah x dari Etabs 2016	163
Gambar 7. 10 Gaya Geser Etabs 2016.....	163
Gambar 7. 11 Diagram Interaksi Kolom Hasil SPColoumn	165
Gambar 7. 12 Model Penulangan Kolom pada SPColpumn	165
Gambar 7. 13 Gaya Aksial Kolom Atas	166
Gambar 7. 14 Gaya Momen Kolom Atas.....	166
Gambar 7. 15 Diagram Interaksi Kolom Atas dan Bawah.....	167
Gambar 9. 1 Diagram Alir Pelaksanaan Pemasangan HDRB	172
Gambar 9. 2 Tulangan Kolom Pendestal Bawah	173
Gambar 9. 3 Diagram Alir Pemasangan Base Plate	173
Gambar 9. 4 Pemotongan Besi Dudukan Base Plate.....	174
Gambar 9. 5 Pemasangan Base Plate	175
Gambar 9. 6 Diagram Alir Pengecoran Kolom Pendestal.....	176
Gambar 9. 7 Pemasangan Bekisiting Kolom Pendestal Bawah	176
Gambar 9. 8 Pengecoran Kolom Pendestal Bawah	177
Gambar 9. 9 Grouting Base Plate	177
Gambar 9. 10 Diagram Alir Pemasangan Rubber Bearing dan Top Plate	178
Gambar 9. 11 Mobilisasi HDRB	178
Gambar 9. 12 Pemasangan Rubber Bearing	179
Gambar 9. 13 Pemasangan Baut Bawah.....	179
Gambar 9. 14 Pemasangan Top Plate	180
Gambar 9. 15 Pengencangan baut dengan kunci momen.....	180

Gambar 9. 16 Diagram Alir Pekerjaan Kolom Pendestal Atas.....	181
Gambar 9. 17 Inspeksi Pemelihataan HDRB.....	182
Gambar 9. 18 Pengecekan Karat dan Baut.....	182
Gambar 9. 19 Pengecekan Perpindahan Horizontal.....	183
Gambar 9. 20 Pengecekan Perpindahan Vertikal.....	183
Gambar 9. 21 Cover HDRB.....	183

“Halaman ini sengaja dikosongan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien redaman BD atau BM.....	12
Tabel 2. 2 Kategori Resiko Bangunan (SNI 1726:2012).....	23
Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2012).....	27
Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs Tanah (SNI 1726 : 2012).....	28
Tabel 2. 5 Koefisien Fa (SNI 1726 :2012).....	31
Tabel 2. 6 Koefisien Fv (SNI 1726 :2012).....	31
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik (SNI : 1726 :2012).....	32
Tabel 3. 1 Luas Minimum Tulangan.....	46
Tabel 3. 2 Panjang Penyaluran Tulangan Tarik	50
Tabel 3. 3 Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan tarik	51
Tabel 3. 4 Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan Tekan	53
Tabel 3. 5 Faktor Modifikasi Kuat Tulangan Tarik	54
Tabel 3. 6 Intensitas Gaya Gesek Dinding Tiang	61
Tabel 3. 7 Faktor Keamanan.....	61
Tabel 4. 1 Beban Mati Tambahan.....	62
Tabel 4. 2 Spesifikasi Lift Hyundai.....	63
Tabel 4. 3 Klasifikasi Ketertutupan.....	67
Tabel 4. 4 Koefisien Tekan Dinding	68
Tabel 4. 5 Koefisien Fa	72
Tabel 4. 6 Koefisien Fv	72
Tabel 4. 7 Perhitungan Respon Spectrum Desain.....	74
Tabel 5. 1 Perencanaan HDRB Tiap Kolom.....	77
Tabel 5. 2 Spesifikasi HDRB Brin gestone HH Series Tebal 20 cm	79
Tabel 5. 3 Spesifikasi HDRB	81
Tabel 5. 4 Perhitungan Respon Spectrum Komposit.....	84
Tabel 7. 1 Koefisien Momen Pelat	114
Tabel 7. 2 Rekapitulasi Penulangan Pelat 2 arah.....	122
Tabel 7. 3 Rekapitulasi Pelat Lantai Satu arah.....	129

Tabel 7. 4 Momen Terbesar Pelat Tangga	131
Tabel 7. 5 Rekapitulasi Pelat Tangga.....	133
Tabel 7. 6 Rekapitulasi Pelat Tangga.....	137
Tabel 7. 7 Rekap output gaya dalam	139
Tabel 7. 8 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar.....	160

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap gempa bumi. Hal ini disebabkan karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks Selain itu , Indonesia berada pada pertemuan dua jalur gempa utama, yaitu jalur gempa sirkum pasifik dan jalur gempa *Alpide Transiatic* .Akibatnya frekuensi terjadinya gempa di Indonesia cukup besar sehingga bangunan-bangunan yang ada harus dirancang dapat menahan gaya gempa,khususnya untuk daerah-daerah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi.

Baru-baru ini menurut Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat pada kamis 19 september 2019 terjadi gempa berkekuatan 6,1 magnitudo yang mengguncang wilayah laut Tuban Jawa Timur. Peristiwa ini menjadi bukti bahwa aktivitas lempeng Indo-Australia masih aktif mengingat dinamika tektonik pulau jawa didominasi oleh pergerakan lempeng Indo-Australia.

Selain itu, Kabupaten Gresik juga dilalui oleh jalur sesar kendeng. Penelitian terbaru yang dipublikasikan di Geophysical Research Letter mengungkap bahwa sesar Kendeng bergerak aktif dengan pergerakan 5 milimeter per tahun dan menjadi sumber gempa di wilayah Jawa Timur (Harnindra et al., 2017)

Dalam mengatasi gaya gempa bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan namun tidak mengalami keruntuhan. Dengan demikian, kemungkinan timbulnya korban jiwa dapat diminimalisasi. Kerusakan bangunan akibat gempa secara konvesional dapat dicegah dengan memperkuat struktur

bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja padanya. Namun, hasil ini sering tidak memuaskan karena terjadi kerusakan elemen struktural sehingga pada gempa gedung kadang tidak dapat digunakan kembali.

Seiring dengan perkembangan teknologi perencanaan bangunan tahan gempa telah dikembangkan suatu pendekatan alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan akibat gempa alternatif ini bukan dengan cara meningkatkan kepasifan elemen struktur, sebaliknya gaya gempa yang bekerja direduksi menggunakan alat disipasi energi atau damper. Yaitu dengan menggunakan alat seperti *base isolator*, *fluid viscous damper*, dan pendulum. Dengan melihat reduksi gaya gempa yang diterima oleh struktur dan simpangan antar lantai dapat diminimalkan maka dalam tugas akhir ini digunakan *base isolator*.

Base isolator adalah alat isolasi yang fleksibel, di tempatkan di antara struktur bangunan dan pondasi yang berguna untuk mengurangi perambatan gelombang seismic ke dalam struktur. Penambahan perangkat ini akan meningkatkan fleksibilitas struktur dengan mengurangi penyebaran sinyal frekuensi tinggi dari tanah ke struktur yang membuatnya cocok di implementasikan dalam struktur bangunan kecil menengah (Thenozhi & Yu, 2013)

Ada banyak jenis base isolator yang digunakan pada metode base isolation, yang sering digunakan salah satunya *adalah High Damping Rubber Bearing (HDRB)* yang merupakan bahan peredam yang dikembangkan dari karet alam yang memiliki kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan extrafine carbon block, oil atau resin , serta bahan isian lain sehingga meningkatkan damping antara 10% samapai 20 % pada shear strain 100%. Untuk dapat menahan beban vertikal yang cukup besar, maka karet diberi lempengan baja yang dilekatkan

pada system vulkanisir. HDRB umumnya dibedakan atas tiga jenis berdasarkan modulus geser : soft (modulus geser $G=0,4$ MPa), normal (modulus geser $G=0,8$ MPa), dan hard (modulus geser $G=1,4$ MPa) (Teruna, 2005)

Hasil dari *Standard Penetration Test* (SPT) diketahui bahwa gedung dibangun di atas kelas situs tanah keras dan termasuk dalam kategori desain sesimik D Bangunan eksisting yang digunakan sebagai alternative desain ini merupakan Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik dengan menggunakan dual system yaitu SRPMK dan menggunakan Shearwall.

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum bedasarkan latarbelakang diatas, permasalahan pokok yang terkait dengan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah Base Isolator dapat memperbaiki redaman pada struktur ?
2. Bagaimana reduksi gaya geser dan gaya dalam yang terjadi pada bangunan eksisting dengan penggunaan *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)?
3. Bagaimana kebutuhan tulangan terhadap pengaruh penggunaan *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik?
4. Bagaimana Metode pelaksanaan pemasangan *High Damping Rubber Bearing* pada Gedung Apartement Gunawangsa Gresik?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari terlalu luasnya cakupan yang dibahas maka diberi batasan masalah sebagai berikut :

1. Analisa Struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul.

2. Tugas akhir terapan ini tidak meninjau Struktur bawah.
3. Perhitungan gempa menggunakan respons spektrum
4. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pelaksanaan pemasangan *base isolator*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir terapan ini adalah

1. Mengetahui bahwa Base Isolator dapat memperbaiki redaman pada struktur
2. Mengetahui reduksi gaya geser dan gaya dalam yang terjadi pada bangunan eksisting dengan penggunaan *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)?
3. Mengetahui kebutuhan tulangan dan volume beton terhadap pengaruh penggunaan *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik
4. Mengetahui metode pelaksanaan pemasangan *High Damping Rubber Bearing* pada Gedung Apartement Gunawangsa Gresik

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah :

1. Menambah wawasan mengenai perencanaan Base Isolation High Damping Rubber Bearing (HDRB) yang memenuhi persyaratan keamanan dan kestabilan struktur sesuai dengan peraturan terkait.
2. Menambah informasi perngaruh penggunaan Base Isolation High Damping Rubber Bearing (HDRB) pada respon struktur bangunan terhadap gempa

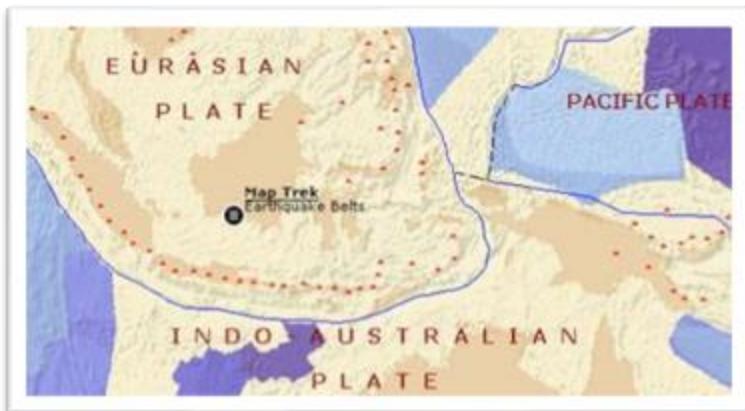
BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Umum

Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar , yaitu lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatera, Jawa dan Nusatenggara, sedangkan dengan lempeng Pasifik terdapat di Irian bagian utara dan Maluku utara. Lokasi disekitar pertemuan lempeng ini mengakibatkan terjadinya akumulasi energi tabrakan yang terkumpul pada suatu titik dimana, lapisan bumi tidak sanggup lagi menahan tumpukan energi tersebut sehingga lepas, yang mengakibatkan terjadinya gempa bumi.

Gambar 2. 1 Peta Tektonik dan Gunung Berapi di Indonesia



(Sumber : MSN Encarta Encyclopedia)

Oleh karena itu, diperlukan suatu metode dalam pembangunan struktur bangunan gedung untuk memperkuat struktur agar meminimalisir terjadinya kerusakan atau keruntuhan pada elemen struktur yang dapat mengakibatkan jatuhnya korban jiwa. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi bangunan gedung untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan pada konstruksi, salah satunya dapat menggunakan sistem penambah kekuatan lateral bangunan dengan menggunakan dinding penahan geser (*shearwall*) namun, kekurangan dari sistem ini adalah semakin besar desain gaya gempa yang diterima akan semakin memperbesar dimensi dari dinding geser untuk menahan gaya lateral yang dialami oleh bangunan sehingga mengurangi luasan guna bangunan. Selain itu , jika penambahan sistem dinding geser ini dilakukan maka akan memperbesar gaya gempa yang diterima struktur.

Metode yang lebih baik untuk memperkecil energi gempa yang bekerja sampai pada tingkat yang tidak membahayakan bangunan dengan menambahkan bahan anti seismik (*seismic device*) pada bagian tertentu bangunan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Seismic devices adalah alat yang dipasang pada bangunan untuk membatasi energi atau mendisipasi energi gempa yang masuk ke dalam struktur bangunan. Seismic devices bekerja dengan merubahkekakuan, damping dan menambah massa ke struktur. Seismic device dapat digolongkan kedalam 4 sistem yaitu: sistem kontrol pasif, sistem kontrol aktif, semi aktif, sistem isolasi (Pratiwi dan Teruna, 2013).

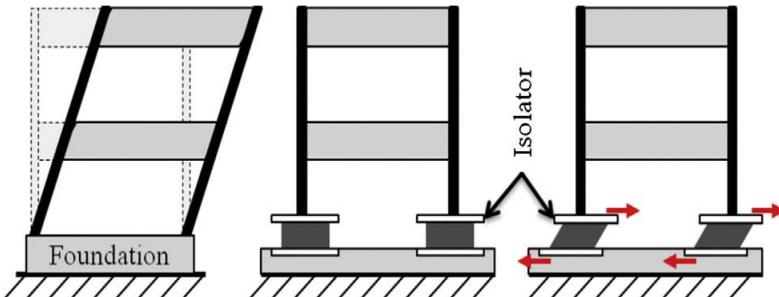
2.2 Peraturan yang Digunakan

Adapun peraturan- peraturan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen adalah :

1. SNI 2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non- Gedung
3. SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur lain
4. ASCE 7 -16 *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.*

2.3 Konsep Seismic Base Isolation

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



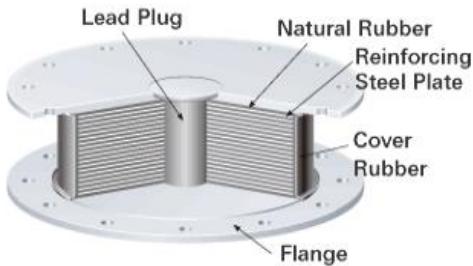
Gambar 2. 2 Perilaku Gedung Menggunakan Base Isolator
 (Thenozhi, n.d.)

Pada gempa kuat, isolator dengan kekakuan horizontal yang relatif kecil ,akan menyebabkan periode alamiah bangunan lebih besar,. Pada periode ini, percepatan gempa relatif kecil, khususnya pada tanah keras. Berhubung isolator akan mereduksi percepatan pada struktur bangunan. Namun, sebaliknya akan menyebabkan peningkatan perpindahan pada bangunan. Untuk membatasi perpindahan sampai pada batas yang dapat diterima, sistem isolasi juga dilengkapi dengan elemen-elemen yang mampu mendissipasi energi. Disamping itu, sistem isolasi juga mempunyai kemampuan untuk kembali pada posisi semula setelah terjadinya gerakan seismik. Sedangkan pada gempa kecil atau akibat angin kekakuan horizontal dari sistem isolator harus memadai, agar tidak menimbulkan getaran yang menyebabkan ketidaknyamanan penghuninya (Kelly, 2001).

2.4 Jenis Jenis Base Isolator Rubber Bearing

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

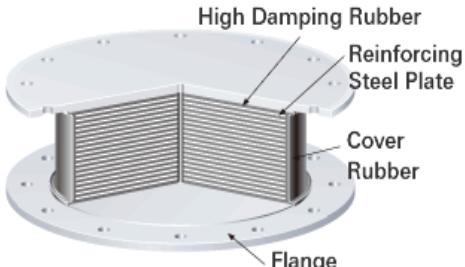
2.4.1 Lead Rubber Bearing (LRB)



Gambar 2. 3 Lead Rubber Bearing (LRB) (Bridgestone, 2017)

Bantalan ini merupakan karet yang menggabungkan kemampuan pegas dan timbal untuk kemampuan redaman. Untuk mempertahankan defleksi lateral LRB, disisipkan beberapa piringan pelat baja diantara lapisan karet dengan metoda vulkanisasi dengan batangan bulat dari timah berbentuk lingkaran pada bagian tengah untuk meningkatkan kemampuan dampingnya. Timah hitam digunakan untuk menyerap energi dari gempa dan untuk menahan beban angin. Gaya yang diredam oleh bearing jenis ini sangat besar namun, pergerakan tidak sebesar atau sebebas jenis *High Damping Rubber Bearing*.

2.4.2 High Damping Rubber Bearing (HDRB)

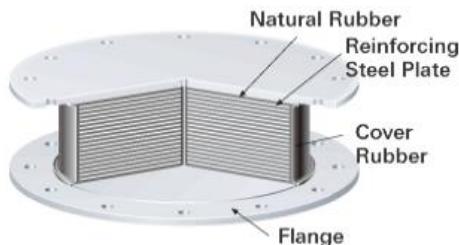


Gambar 2. 4 High Damping Rubber Bearing (HDRB)
(Bridgestone, 2017)

HDRB memiliki lapisan pelat baja dalam karet yang telah dimodifikasi dengan campuran pengisi khusus yang menghasilkan redaman berkisar antara 10%-30%. Ketika 100% tegangan geser terjadi, HDRB akan mengkombinasikan karakteristik peredaman dan pegas yang diadopsi menjadi seismik. HDRB tidak membutuhkan device tambahan sehingga menjadi pilihan yang sangat baik untuk area dengan keterbatasan ruang. Dapat digunakan untuk beban kolom ringan hingga gedung bertingkat.

Untuk jenis sistem isolation yang akan digunakan ini adalah High Damping Rubber Bearing (HDRB) karena jenis sistem ini memiliki penurunan trasisi kekakuan yang lebih halus dan telah dimodifikasi agar dapat memberi kemampuan redaman yang lebih tinggi dan mampu untuk menyerap energi gempa bumi dari pada jenis LRB. Hal ini penting karena penurunan kekakuan secara tajam dapat menyebabkan efek vibrasi yang lebih besar. (Setiadi et al., 2016)

2.4.3 Natural Rubber Bearing (NRB)



Gambar 2. 5 Natural Rubber Bearing (NRB)

Material penyusun dari Natural Rubber Bearing adalah karet alam yang memiliki redaman rendah yaitu 2-3%. Memiliki

perilaku regangan-regangan geser yang hampir linier. NRB memiliki luasan dispasi energi yang paling kecil dari pada 2 jenis rubber bearing lainnya, sehingga apabila dipasang pada dasar bangunan sebagai isolasi dasar tidak efektif.

2.5 Karakteristik Base Isolator HDRB

High-damping rubber bearing merupakan salah satu jenis *laminated rubber bearing* yang terbuat dari campuran senyawa karet dengan nilai rasio redaman yang tinggi. *High-damping rubber bearing* memiliki nilai kekakuan awal yang tinggi sehingga mampu mengakomodasi gaya angin dan gempa ringan tanpa berdeformasi secara signifikan. Dengan meningkatnya eksitasi gempa maka deformasi lateral akan meningkat dan modulus geser dari *rubber* akan menurun dan menghasilkan sistem isolasi dasar yang efektif (cukup fleksibel untuk memperpanjang periode struktur).

Pada nilai regangan geser 250% hingga 300%, kekakuan horizontal akan meningkat kembali akibat pengaruh *hardening effects*. Pengaruh ini berfungsi sebagai “sekring” untuk membatasi deformasi yang melebihi batas gempa maksimum yang direncanakan. Rasio Damping HDRB berkisar antara 10%-25% pada regangan geser 100% menurut brosur *Bridgestone Seismic Base Isolation*.

Bantalan pada sistem isolasi seismik harus didesain dengan cermat untuk memastikan agar bangunan yang ditopangnya tetap berdiri ketika dan setelah gempa terjadi serta mendapatkan dimensi struktur optimum (ekonomis) pada bangunan yang direncanakan.

2.6 Tinjauan Base Isolation Berdasarkan SNI 03-1726-2013

2.6.1 Perpindahan Rencana

Sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum, DD, yang bekerja pada setiap arah sumbu horizontal utama struktur sesuai dengan pasal 12.5.3.1 yaitu persamaan berikut :

$$D_D = \frac{g S_{DT} T_D}{4 \pi^2 B_D} \quad (2.1)$$

Dimana :

g = Percepatan gravitasi. Satuan g adalah mm/det2 jika satuan untuk perpindahan rencana, DD, dalam mm

S_{DT} = Parameter percepatan spektral rencana dengan redaman 5 persen pada periode 1 detik

T_D = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik dalam detik, pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.5)

B_D = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana, BD

Tabel 2. 1 Koefisien redaman BD atau BM

Redaman Efektif, β_D atau β_M (presentase dari redaman kritis)^{a,b}	Faktor B_D atau B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2

20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

a = Koefisien redaman harus berdasarkan redaman efektif sistem isolasi yang ditentukan menurut persyaratan .

b = Koefisien redaman harus berdasarkan interpolasi linear untuk nilai redaman efektif diantara nilai nilai yang telah diberikan di atas.

2.6.2 Periode Efektif pada saat Peripndahan Rencana

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan rencana, TD, Harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.3.2)

$$T_D = 2 \pi \sqrt{\frac{W}{K_{D\min} \times g}} \quad (2.2)$$

Dimana :

W = Berat seismik struktur di atas pemisah isolasi

KDmin = Kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horizontal yang ditinjau

g = Percepatan gravitasi

2.6.3 Perpindahan Maksimum

Perpindahan Maksimum sistem isolasi, D_M , pada arah yang paling menentukan dari respons horizontal harus dihitung sesuai dengan persamaan berikut : (Pasal 12.5.3.3)

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M} \quad (2.3)$$

Dimana :

g = Percepatan gravitasi

S_{M1} = Parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5 pesen pada perioda 1 detik dengan satuan g.

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, b_M .

2.6.4 Periode Efektif pada setiap saat Perpindahan Maksimum

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan maksimum T_M , harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut : (Pasal 12.5.3.4)

$$T_M = 2 \pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} \times g}} \quad (2.4)$$

Dimana :

W = Berat seismik struktur diatas pemisah isolasi

K_{Dmin} = Kekakuan efektif minimum sistem isoalsi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horizontal yang ditinjau.

g = Percepatan gravitasi

2.6.5 Sistem Isolasi dan Elmen Struktural dibawah Sistem Isolasi

Sistem isolasi, pondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi harus direncanakan dan

dibangun untuk menahan gaya gempa lateral min, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai dengan persamaan (Pasal 12.5.4.1) :

$$V_b = K_{D\max} D_D \quad (2.5)$$

Dimana :

$K_{D\max}$ = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.

D_D = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi diarah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.1)

V_b = Tidak boleh diambil kurang dari gaya maksimum pada sistem isolasi untuk perpindahan sembarang dan termasuk perpindahan rencana.

2.6.6 Sistem Isolasi dan Elemen Struktur diatas Sistem Isolasi .

Struktur di atas sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum, V_s , menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai persamaan berikut (Pasal 12.5.4.2) :

$$V_s = \frac{K_{D\max} x D_D}{R_1} \quad (2.6)$$

dimana :

$K_{D\max}$ = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.

D_D = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi diarah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.1)

R_1 = Koefisien numeric yang berhubungan dengan tipe

Faktor R_1 harus berdasarkan pada tipe sistem penahan gaya gempa yang digunakan untuk struktur diatas sistem isolasi dan harus bernilai 3/8 dari nilai R yang diberikan oleh tabel 9 (SNI-03.1726.2012), dengan nilai maksimum tidak lebih besar dari 2,0 dan nilai minimum tidak kurang dari 1,0

2.6.7 Batas Vs

Nilai V_s tidak boleh dari batasan berikut ini:

1. Gaya gempa untuk struktur yang terjepit di dasar dengan gempa efektif, W , yang sama, dan periodenya sama dengan periode struktur dengan isolasi seismik, TD .
2. Gaya geser dasar untuk beban angin terfaktor
3. Gaya gempa lateral yang dibutuhkan untuk mengaktifkan sistem isolasi secara penuh (misal: tingkat lelah dari suatu sistem yang melunak (*softening system*), kapasitas ultimit suatu sistem pengelang angin, atau tingkat friksi lepas dari suatu sistem gelincir (*the break-away friction level of a sliding system*)).

2.6.8 Pemeriksaan dan penggantian pada SNI 12.2.4.8

- a. Jalan atau akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen – komponen system isolasi harus disediakan;
- b. Seseorang perencana profesional terdaftar harus menyelesaikan suatu rangkaian pemeriksaan atau pengamatan di daerah – daerah pemisah struktur dan komponen – komponen yang melintasi batas pemisahan

- isolasi sebelum mengeluarkan sertifikat layak huni untuk struktur dengan isolasi seismic. Pemeriksaan dan pengamatan tersebut harus mengindikasi bahwa keadaan memungkinkan struktur berpindah bebas dan tanpa rintangan pada tingkat perpindahan rencana maksimum. Semua komponen yang melintas di batas pemisahan isolasi seperti yang terpasang dapat memiliki perpindahan yang ditetapkan;
- c. Struktur dengan isolasi seismic harus mempunyai suatu program pengawasan, pemeriksaan dan perawatan secara berkala terhadap sistem isolasi yang dilakukan oleh perencana profesional terdaftar yang bertanggung jawab terhadap perencanaan sistem isolasi;
 - d. Pemodelan kembali, perbaikan, atau retro fitting di batas pemisah sistem isolasi, termasuk komponen – komponen yang melintasi batas pemisahan isolasi, harus dilakukan di bawah pengarahan seorang perencana profesional terdaftar.

2.7 Perencanaan Dimensi Base Isolation HDRB

Untuk perhitungan dimensi Seismic Base Isolation HDRB dibutuhkan data mengenai gaya aksial kolom terbesar pada struktur fixed based. Data ini didapatkan dari output permodelan SAP 2000. Berikut merupakan langkah-langkah menentukan dimensi HDRB

1. Menentukan kekakuan horizontal (K_H)

$$K_H = \frac{w}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T_D}\right)^2 \quad (2.7)$$

Dimana :

K_H = kekakuan horizontal untuk satu rubber seismic isolator (N/mm²)

g = gaya gravitasi (m/s²)

T_D = periode efektif struktur pada perpindahan rencana

2. Menentukan koefisien redaman (B_D)

Untuk menentukan koefisien redaman (B_D) dibutuhkan *effective damping ratio* yang terdapat pada catalog Bridgestone 2017. Setelah mengetahui *effective damping ratio*, maka koefisien redaman dapat dihitung sesuai dengan tabel 2.1.

3. Menghitung perpindahan rencana (D_D)

Untuk perhitungan perpindahan rencana (D_D) dapat dilihat pada persamaan 2.1.

4. Menghitung total tebal rubber (t_γ)

$$t_\gamma = \frac{D_D}{\gamma} \quad (2.8)$$

Dimana :

t_γ = total lebar rubber (mm)

D_D = perpindahan rencana (mm)

γ = tegangan geser maksimum (%) yang dapat dilihat pada brosur

5. Menghitung luas rubber (A)

$$A = \frac{K_h \times tr}{G_{eq}} \quad (2.9)$$

Dimana :

A = luas rubebr (m^2)

K_h = kekakuan horizontal untuk satu rubber Seismic Base Isolation (MN/m^2)

G_{eq} = modulus geser rubber (N/mm^2)

6. Menghitung diameter rubber (d)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

(2.10)

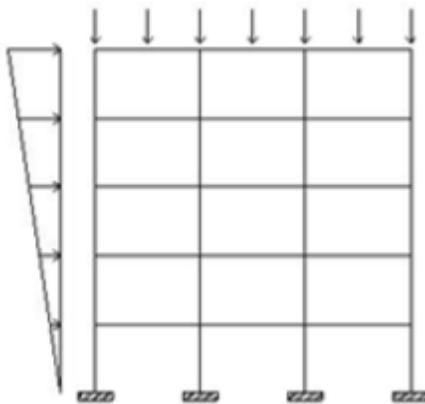
Dimana :

A = luas rubber (m^2)

2.8 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 03 1726 2012 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. SRPM ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Untuk KDS A dan B
2. Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Untuk KDS C
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Untuk KDS D, E, dan F



Gambar 2. 6 Sistem Rangka Pemikul Momen

Prosedur penentuan KDS ditentukan berdasarkan klasifikasi situs dan penentuan parameter percepatan gempa dalam SNI 1726-2012, situs diklasifikasikan menjadi SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus). Klasifikasi situs dilakukan berdasarkan data tanah. Parameter percepatan gempa yang berupa S_s dan S_1 ditentukan dari peta resiko gempa Indonesia berdasarkan lokasi dan gempa rencana periode 2500 tahun.

Sehingga berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 6.5, gedung ini dibangun di Kota Gresik yang direncanakan menggunakan kategori desain seismik D karena memiliki nilai $S_{ds} > 0,5$. Karena gedung ini termasuk kategori D, maka dipilih kriteria desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Dalam pemasanganan *Base Isolator* diharapkan bila terjadi gempa besar, Gedung tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu dengan menghindari terjadi sendi plastis pada SRPMK

maka Gedung Apartemen Gunawangsa akan didesain menggunakan SRPMB.

2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

SNI 2847:2013 Pasal 21.2 berisi persyaratan yang berlaku untuk rangka momen biasa yang menjadi sistem penahan gaya gempa. Berikut persyaratan untuk sistem rangka pemikul momen biasa:

1. Balok

Balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan. (Pasal 21.2.2 SNI 2847:2013)

2. Kolom

Kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain untuk geser. φV_n kolom yang menahan pengaruh gempa, E , tidak boleh kurang dari yang terkecil dari:

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E ditingkatkan oleh Ω_o .

2.10 Analisa Pembebanan

Pembebanan pada struktur pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 , PPIUG 1983 dan ASCE 7 – 2002 . Bangunan memikul beberapa macam beban sebagai berikut:

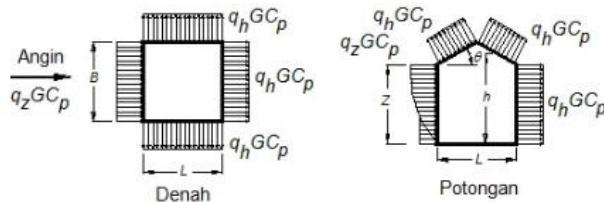
2.10.1 Beban Mati

Mencakup berat semua bagian dari suatu struktur yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan seperti finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari struktur tersebut. Untuk besaran beban mati menggunakan ASCE 7-02.

2.10.2 Beban Hidup

Mencakup semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen, maka beban hidup dapat didefinisikan sesuai SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1

2.10.3 Beban Angin



Gambar 2. 7 Ilustrasi Beban Angin.

Beban angin adalah beban lateral yang ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Diatur di SNI 1727:2013 Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya perluas bidang.

2.10.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban lateral yang bekerja pada struktur yang diakibatan oleh gerakan tanah yang merupakan akibat dari gempa bumi (baik gempa tektonik atau vulkanik) yang akan mempengaruhi struktur tersebut.

1. Kategori Resiko Struktur Bangunan

Kategori resiko bangunan dibedakan berdasarkan fungsi dari masing-masing bangunan. Faktor yang mempengaruhi tingkat resiko kategori bangunan seperti tingkat resiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan.

Tabel 2. 2 Kategori Resiko Bangunan (SNI 1726:2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none">• Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan• Fasilitas sementara• Gudang penyimpanan• Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">• Perumahan• Rumah toko dan rumah kantor• Pasar• Gedung perkantoran• Gedung apartemen/ rumah susun	II

<ul style="list-style-type: none"> • Pusat perbelanjaan/mall • Bangunan industry • Fasilitas manufaktur • Pabrik <p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioskop • Gedung pertemuan • Stadion • Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas penanganan air • Fasilitas penanganan limbah • Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi</p>	III
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<p>tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penangan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bangunan-bangunan monumental • Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan • Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. • Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. 	IV

<ul style="list-style-type: none"> • Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tepat perlindungan darurat lainnya • Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat • Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat • Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV. 	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

2. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai SNI 1726:2012 Tabel 1, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (*Ie*).

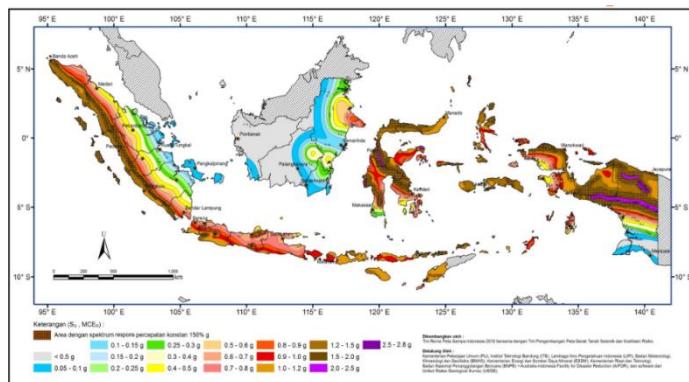
Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2012)

Kategori Resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

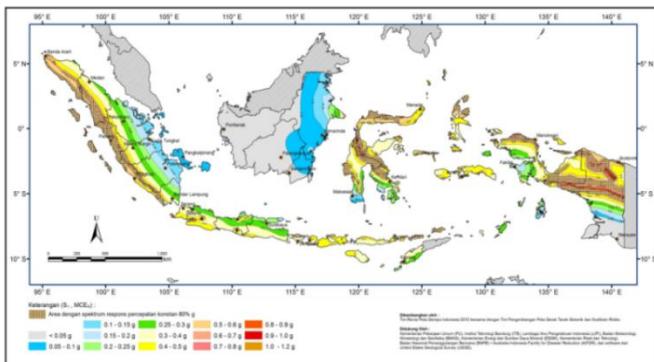
3. Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

a. Parameter percepitan

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



Gambar 2. 8 Parameter Percepatan respon spectral MCE
Periode pendek S_s (SNI 1726 :2012)



Gambar 2. 9 Parameter percepatan respon spectral MCE periode 1 detik S1 (SNI 1726 :2012)

b. Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs dilakukan untuk memberikan kriteria desain seismic berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Klasifikasi situs dibagi menjadi: SA, SB, SC, SD, SE, SF. Klasifikasi situs disesuaikan dengan SNI 1726:2012 Tabel 3.

Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs Tanah (SNI 1726 : 2012)

Kelas Situs	$\bar{V}s$ (m/detik)	\bar{N} atau $\bar{N}ch$	$\bar{S}u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100

SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:			
<ul style="list-style-type: none"> • Indeks plastisitas, PI > 20 • Kadar air, w ≥ 40% • Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa 			
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti SNI 1726:2012 pasal 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:		
<ul style="list-style-type: none"> • Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah • Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan H > 3m) • Lempung berplastisitas sangat tinggi PI > 75 			

	<ul style="list-style-type: none"> • Lapisan lembung lunak / setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dalam perencanaan Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik menggunakan tahanan penetrasi rata-rata \bar{N} untuk penentuan klasifikasi situs

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{l_{Ni}}} \quad (2.11)$$

4. Koefisien situs dan Parameter Respon Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Target (MCE_R)

Percepatan respons spectrum MCE_R untuk periode singkat (S_M_S) dan periode 1 detik (S_M₁) dihitung berdasarkan SNI 1726:2012, sebagai berikut:

$$S_{MS} = Fa \times S_s \quad (2.12)$$

$$S_{M1} = Fv \times S_1 \quad (2.13)$$

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek

S₁ =Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan perioda 0.1 detik

	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T = 0.2 detik, S_s				
Kelas Situs	S _s ≤ 0.25	S _s = 0.5	S _s = 0.75	S _s = 1.0	S _s = 1.25

SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^B				

Tabel 2. 5 Koefisien Fa (SNI 1726 :2012)

- a. Nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi lineer
- b. S_s = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 2. 6 Koefisien Fv (SNI 1726 :2012)

		Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1				
Kelas Situs		$S_s \leq 0.1$	$S_s = 0.2$	$S_s = 0.3$	$S_s = 0.4$	$S_s = 0.5$
SA		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC		1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD		2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
SE		3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS ^B					

5. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode singkat (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) dihitung sesuai SNI 1726-2012 ps. 6 persamaan 7 dan 8.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.14)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.15)$$

6. Kategori Desain Seismik

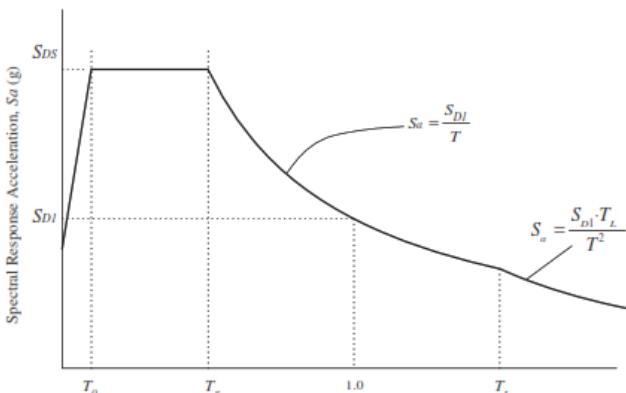
Kategori desain seismik dari struktur yang ditinjau diambil berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 6, dimana diambil berdasarkan nilai S_{DS} dan kategori risiko bangunan yang ditinjau.

Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik (SNI : 1726 :2012)

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 < S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 < S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 < S_{DS}$	D	D

7. Spektrum Respon Desain

Bila spectrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada SNI 1726:2012 dan mengikuti ketentuan sebagai berikut:



Gambar 2. 10 Spektrum Respon Desain

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

$$S_a = S_{DS}(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0}) \quad (2.16)$$

- Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}
- Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.17)$$

8. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban di atas maka komponen struktur harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan yang timbul akibat berbagai kondisi. Kombinasi beban ultimate untuk menghitung struktur atas sesuai dengan SNI 1726:2012, sebagai berikut:

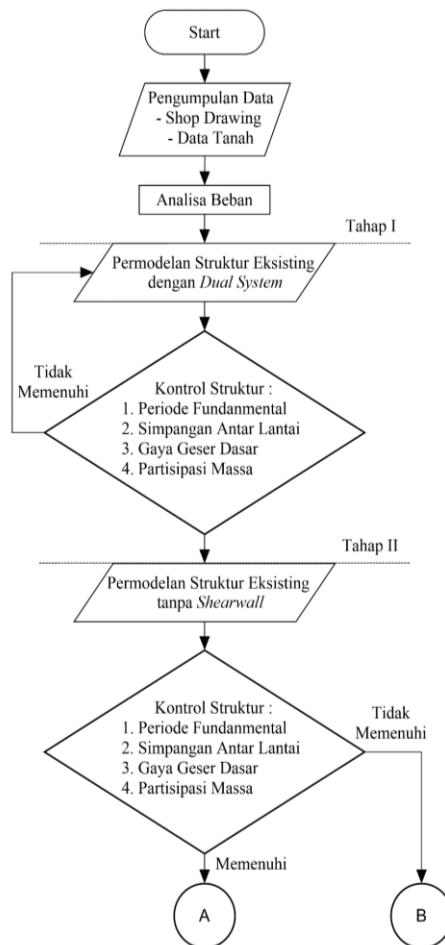
1. 1,4 D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5R
3. 1,2D + 1,6R + 1,0L
4. 1,2D + 1,6R + 0,5W
5. 1,2D + 1,0L + 0,3Ex + 1,0Ey
6. 1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey
7. 0,9D + 1,0W
8. 0,9D + 1,0Ex + 0,3Ey
9. 0,9D + 0,3Ex + 1Ey

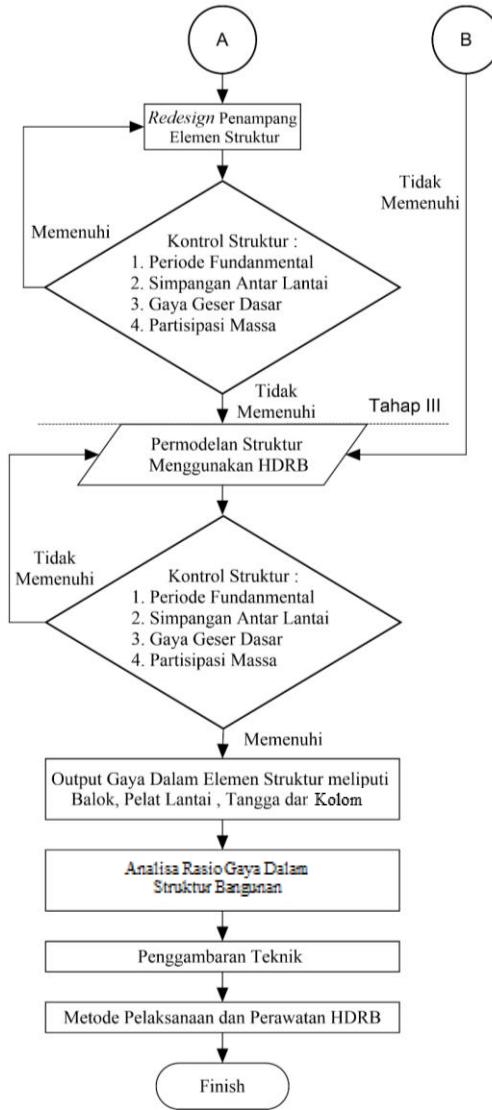
BAB III

METODOLOGI

3.1 Diagram Aliran Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut ini merupakan diagram alir dalam penyelesaian tugas akhir ini .





Gambar 3. 1 Flowchart penertjaan TAT

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data eksisting

1. Data Umum Bangunan :

- Nama Gedung : Gedung Superblock Apartemen Gunawangsa Gresik
- Lokasi : Gresik
- Fungsi Bangunan : Hunian/Tempat tinggal
- Panjang Bangunan : 39.1 meter
 - Lebar Bangunan : 12.2 meter
- Tinggi Bangunan : 50.1 meter
- Area Gempa : Gresik

2. Data Material

- Kolom : Beton K-400
- Balok : Beton K-350
- Plat : Beton K-350
- Base isolator : Terlampir

3. Data *Shop Drawing*

Data Shop Drawing yang digunakan adalah gambar struktur dan gambar arsitektur

4. Data Tanah

Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah sesuai lokasi. Data tanah yang diperoleh berupa data hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*).

3.3 Analisa Beban

Pembebanan pada struktur pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983. Bangunan memikul beberapa macam beban sebagai berikut :

3.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, yaitu komponen struktur dan arsitektur serta peralatan layan terpasang lainnya seperti dibawah ini:

1. Berat sendiri elemen struktur (self weight, DL)
 - Berat beton : $23,6 \text{ kN/m}^2 = 2360 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 07-2002 Tabel C3-1)
2. Berat sendiri tambahan (superimposed dead load, SDL)
 - Berat Dinding bata ringan
 - Beban Keramik + Spesi = $1,10 \text{ kN/m}^2$ (ASCE 7-2002 *Ceramic, or quarry tile (19 mm) on 25 mm mortar bed*)
 - Beban ditching mekanikal = 0.19 kN/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)
 - Beban Plafond = 0.05 kN/m^2 (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *acoustical fiberboard*)
 - Beban Lapisan waterproofing = 0.05 kN/m^2 (ASCE 7 -2002 Tabel C3-1, *Waterproofing Membrans Liquid Applied*)
 - Beban Penggantung langit langit = 0.10 kN/m^2 (ASCE 7 - 2002 Tabel C3-1, *Suspended Steel Channel System*)
 - Beban Lift

3.3.2 Beban Hidup

Berdasarkan (SNI 03-2847, 2013) beban hidup plat untuk Gedung Apartemen Gunawangsa sebagai berikut :

1. Beban Hidup (L)

- Beban Ruang Hunian : $1,92 \text{ kN/m}^2 = 192 \text{ kN/m}^2$
- Beban Ruko : $4,79 \text{ kN/m}^2 = 479 \text{ kN/m}^2$
- Beban bordes dan anak tangga : $1,33 \text{ kN/m}^2 = 133 \text{ kg/m}^2$ (SNI 1727-2013 pasal 4.5.4)

2. Beban Hidup Atap (Lr)

- Beban atap datar : $0,96 \text{ kN/m}^2 = 96 \text{ kN/m}^2$

3.3.3 Beban Hujan

Menurut (*SNI 1727-2013 pasal 8.3*) setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah dengan beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$R = 0,0098 (ds+dh)$$

Dengan:

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam kN/m^2 . Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

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

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam (mm).

3.3.4 Beban Angin

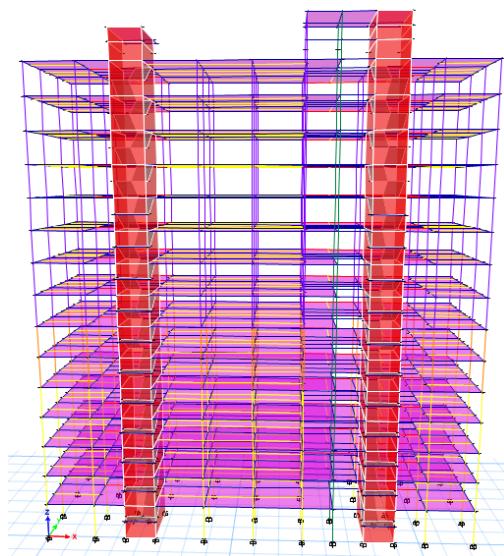
Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan kladding gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter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

3.3.5 Beban Gempa

Dalam perencanaan beban gempa pada Perencanaan Struktur Bangunan Apartemen Gunawangsa dihitung dengan mengacu pada peraturan *SNI 1726-2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)*.

3.4 Permodelan Struktur Eksisting *Dual System*

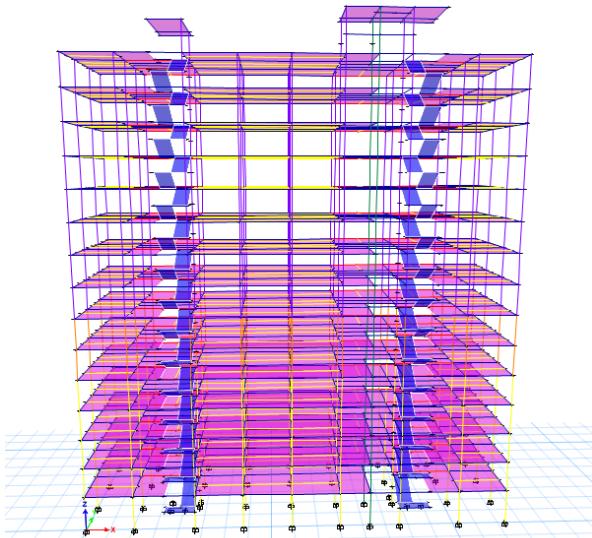
Permodelan struktur Dual System dilakukan sesuai dengan keadaan struktur eksisting yaitu menggunakan SRPMK dengan Shearwall . Tujuan dilakukan permodelan ini untuk mengetahui system struktur bangunan , mendapatkan berat total bangunan dan beban aksial yang dimiliki oleh satu titik kolom bangunan yang digunakan untuk merencanakan dimensi HDRB.



Gambar 3. 2 Permodelan *Dual System*

3.5 Permodelan Struktur Tanpa Menggunakan Shearwall

Permodelan Eksisting dilakukan modifikasi sistem struktur dengan melakukan perubahan analisis menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) tanpa Shearwall . Hal ini bertujuan agar struktur dapat memperoleh skala gempa besar yang nantinya akan di redam oleh *High Damping Rubber Bearaing* .



Gambar 3. 3 Permodelan SRPMB Tanpa Shearwall

3.6 Redesign Penampang Elemen Struktur

Redesign Penampang Elemen Struktur dilakukan setelah permodelan struktur tanpa menggunakan Shearwall mengalami *Failure*. Selain itu juga dapat dilakukan sebagai optimalisasi volume beton dan penggunaan tulangan pada saat struktur dimodelkan dengan menggunakan *Base Isolator*.

3.7 Permodelan Struktur Menggunakan Base Isolator

Bangunan eksisting dimodelkan menggunakan program bantu Etabs 2016. Bangunan akan dimodelkan secara 3D dan memodelkan pelat secara utuh untuk membuat perlakuan struktur secara realistik. HDRB akan ditempatkan pada diantara kolom pendek (pedestal) dengan menggunakan menu *link / support properties* pada Etabs 2016. Serta dengan memasukkan data – data sesuai dengan brosur *base isolation* yang ada. Permodelan *base isolation* pada bangunan eksiting harus memenuhi beberapa persyaratan yang ada pada SNI 2847-2013 pasal 12. Pemilihan

base isolation dalam tugas akhir kali ini dilakukan dengan metode *trial error* hingga memenuhi persyaratan yang ada.

3.8 Output Gaya

Setelah melakukan permodelan sesuai dimensi eksisting maupun *Base Isolator* masing – masing dari permodelan tersebut diberikan semua kombinasi pembebanan yang sama sesuai point 3.5 dan selanjutnya masing – masing *Fixed Based* maupun *Base Isolator* di *run*. Selanjutnya pada aplikasi dipilih *Display – Show Forces/Stresses* selanjutnya *Display – Show Table*. Kemudian didapatkan pada excel hasil *Output* gaya seperti momen dan gaya aksial dari tiap elemen struktur.

3.9 Kontrol Struktur

Kontrol struktur dengan *Base Isolator* meliputi beberapa tahap yaitu:

1. Batas Simpangan Antar Lantai

Pada SNI 1726-2012 simpangan antar lantai maksimum struktur diatas sistem isolasi tidak boleh melebihi 0,015hsx. Simpangan antar lantai harus dihitung berdasarkan persamaan pada pasal 7.8.6 dengan faktor Cd dari sistem isolasi sama dengan faktor R1 yang ditentukan.

2. Gaya Geser Dasar

Kontrol gaya dinamis struktur digunakan untuk mengontrol apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan SNI 1726 2012. Berdasarkan peraturan, gaya gempa dinamis tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai Vs.

3. Nilai Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam

yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90 dari massa aktual .

4. Periode Fundamental

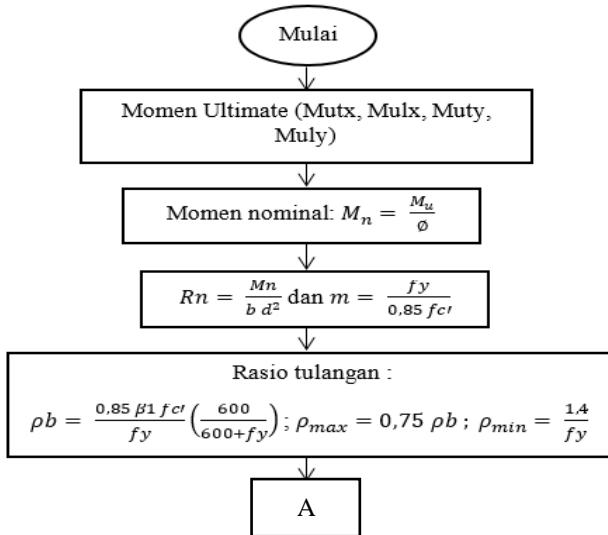
Periode getar T merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya sesuai dengan pasal 7.8.2.1 SNI 1726 2012.

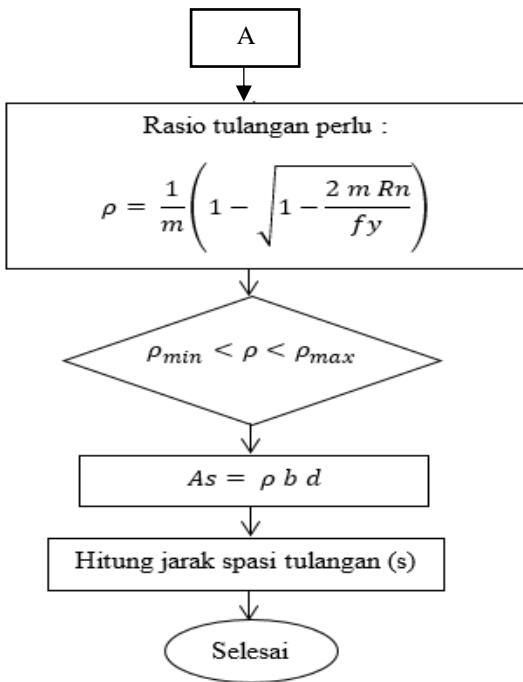
3.10 Perencanaan Struktur Atas dan Struktur Bawah

3.10.1 Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan elemen struktur sekunder yang memikul beban gravitasi dan geser, Besar dan panjangnya penyaluran tulangan yang bekerja sesuai dengan ACI 318M-14 bab 7 untuk pelat 1 arah dan bab 8 untuk pelat 2 arah.

Langkah – Langkah perhitungan tulangan pelat adalah sebagai berikut :





Gambar 3. 4 Perhitungan Penulangan Pelat

- Kontrol spasi antar tulangan
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.4 dan ACI 318M-14 pasal 8.7.2.2 tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau 2h di area kritis dan 3h di area yang lain.
- Kontrol luas minimum tulangan
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1 dan ACI 318M-14 pasal 8.6.1.1 Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan

terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014

Tabel 3. 1 Luas Minimum Tulangan

	Keterangan	Rasio tulangan
A	Pelat yang menggunakan batang ulir mutu 280 atau 350	0,0020
B	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420	0,0018
C	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0.35%	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

- Kontrol Spasi antar tulangan susut suhu
Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 24.4.3.3 tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau lima kali ketebalan pelat, dipilih nilai yang lebih kecil dari keduanya.
- Cek jarak tulangan terhadap control retak
Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4 dan ACI 318M-14 pasal 24.3.2, spasi tulangan terdekat ke muka tarik tidak boleh melebihi yang diberikan oleh

$$S = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5C_c \quad (3.1)$$

Tetapi tidak boleh melebihi

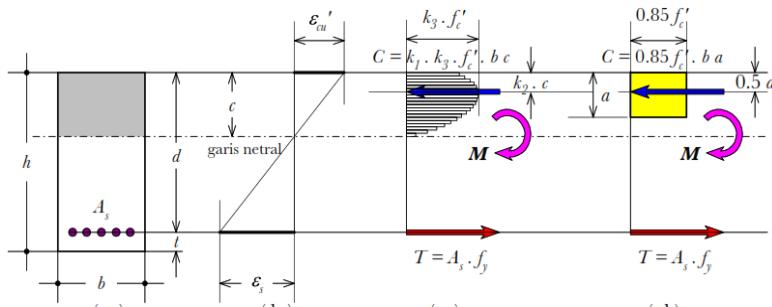
$$S = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) \quad (3.2)$$

Dimana C_c adalah jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik. Tegangan tulangan f_s boleh diambil $\frac{2}{3} f_y$.

3.10.2 Balok

Langkah-langkah menghitung elemen struktur balok harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.3.4 dan ACI 318M-14 pasal 18.6 adalah sebagai berikut:

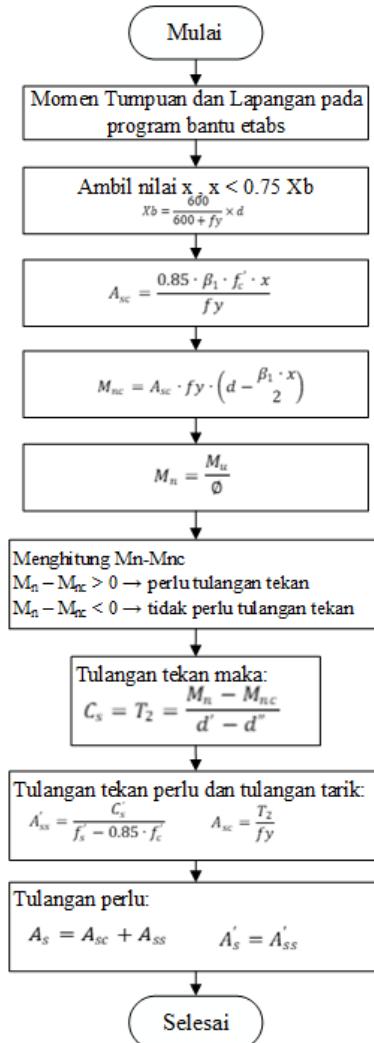
1. Perhitungan kerbutuhan Tulangan Longitudinal



Gambar 3. 5 Ilustrasi Perhitungan Lentur Balok

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

Langkah-langkah perancangan tulangan rangkap sebagai berikut :



Gambar 3. 6 Diagram alir perhitungan balok

2. Perhitungan Tulangan Transversal

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok adalah sebagai berikut:

- Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.3)$$

Dimana:

$V_c = 0$ (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2 dan ACI 318M-14 pasal 18.6.5.2)

- Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} < S_{max} \quad (3.4)$$

Dimana:

A_v = luas tulangan sengkang (mm^2)

$S_{max} \leq 0.5d$ (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan ACI 318M-14 pasal 18.6.4)

3. Perhitungan Tulangan Torsi (Puntir)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1 dan ACI 318M-14 pasal 22.7.4 pengaruh puntir pada suatu struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor Tu besarnya kurang dari:

$$T_u = \phi \times 0.083 \times \lambda \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right) \quad (3.5)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 dan ACI 318M-14 pasal 22.7.6.1 adalah:

$$\phi T_n = T_u \quad (3.6)$$

T_n harus dihitung

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \cdot \cot\theta \quad (3.7)$$

Dimana:

T_u = Momen puntir terfaktor pada penampang

T_n = Kuat momen puntir normal

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

P_{cp} = Keliling luar penampang beton

4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Penyaluran tulangan kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2 dan ACI 318M-14

Pasal 25.4.2, panjang penyaluran (ℓ_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai ℓ_d tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai ℓ_d/d_b harus diambil sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

	Tulangan $\leq D19$	Tulangan $\geq D22$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang ℓ_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2.1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right]$	$\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}}$

	Tulangan $\leq D19$	Tulangan $\geq D22$
atau disambungkan tidak kurang dari $2 d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus-kasus lain	$\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}}$	$\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}}$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.4 ACI 318M-14 Pasal 25.4.2.4 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan tarik

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
Lightweight λ	Beton ringan .	0.75
	Beton normal.	1.0
Epoxy Ψ_e	batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari 3db, atau spasi bersih kurang dari 6db.	1.5
	Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya.	1.2
	Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (galvanis).	1.0

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
Ukuran Ψ_s	Tulangan D22 keatas.	1.0
	Tulangan D19 dan tulangan lebih kecil dan kawat ulir.	0.8
Kondisi pengecoran Ψ_t	Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan.	1.3
	Untuk kondisi lainnya.	1.0

b. Penyaluran tulangan kondisi tekan.

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

$$\left(\frac{0.24 \cdot \Psi_r \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (3.8)$$

$$(0.043 \cdot f_y) \cdot d_b \quad (3.9)$$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi **tekan** berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 ACI 318M-14 Pasal 25.4.2.4 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 4 Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan Tekan

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
λ	Beton ringan .	0.75
	Beton normal.	1.0
Ψ_r	Tulangan spiral Tulangan melingkar menerus dengan sengkang $d_b \geq 6$ mm dan terpasang dengan jarak 100 mm Tulangan pengikat 13 mm sesuai ACI 318M-14 pasal 25.7.2 spasi ≤ 100 mm di as Tulangan pengekangan sesuai ACI 318M-14 pasal 25.7.4 spasi ≤ 100 mm dari pusat ke pusat.	0.75
	Untuk kondisi lainnya.	1.0

c. Kait tulangan kondisi tarik

Panjang penyaluran kait tulangan ulir ℓ_{dh} harus diambil yang terbesar berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan ACI 318M-14 pasal 25.4.1 yakni sebagai berikut:

$$\left(\frac{0.24 \cdot \Psi_c \cdot \Psi_e \cdot \Psi_r \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (3.10)$$

$$8d_b \quad (3.11)$$

Tabel 3. 5 Faktor Modifikasi Kuat Tulangan Tarik

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
Lightweight λ	Beton ringan .	0.75
	Beton normal.	1.0
Epoxy Ψ_e	Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya.	1.2
	Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (galvanis).	1.0
Cover Ψ_c	Untuk kait batang tulangan D36 dan yang lebih kecil dengan selimut samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 65 mm, dan untuk kait 90 derajat dengan selimut pada perpanjangan batang tulangan sesudah kait tidak kurang dari 50 mm	0.7
	Untuk kondisi lainnya.	1.0
Tulangan sengkang Ψ_r	Untuk kait 90° dari batang tulangan D36 dan lebih kecil yang baik dilingkupi dalam pengikat atau sengkang tegak lurus terhadap batang tulangan yang disalurkan, berspasii tidak lebih besar dari $3d_b$ sepanjang	0.8

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
	ℓ_{dh} atau dilingkupi dalam pengikat atau sengkang paralel terhadap barang yang disalurkan, berspasii tidak lebih besar dari $3d_b$ sepanjang panjang perpanjangan ekor kait ditambah bengkokan	
	Untuk kait 180° derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil yang dilingkupi dalam pengikat atau sengkang tegak lurus terhadap batang tulangan yang disalurkan, berspasii tidak lebih besar dari $3d_b$ sepanjang	
	Untuk kondisi lainnya.	1.0

3.10.3 Kolom

3.10.3.1 Pehitungan Tulangan Lentur Kolom

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.2.3 Kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain untuk geser sesuai dengan geser SRPMM.

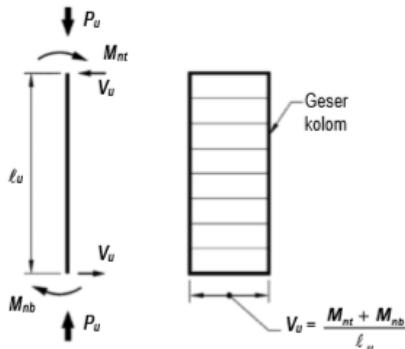
3.10.3.2 Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.3.3.1, gaya geser rencana ϕV_n kolom yang menahan pengaruh gempa, E , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):

- (a) Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari

panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi

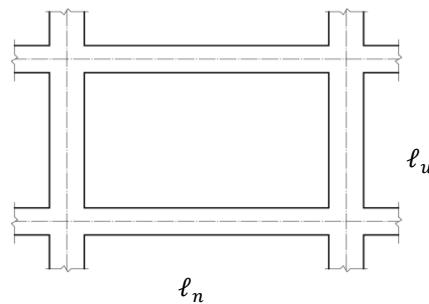
(b) Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan oleh



Gambar 3. 7 Gaya Geser pada Kolom

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{\ell_u} \quad (3.12)$$

Dimana: ℓ_u adalah panjang bentang bersih kolom



Gambar 3. 8 Bentang Bersih Kolom dan Balok

- a. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.12)$$

Dimana $V_c = 0$ apabila: (1) V_e akibat gempa lebih besar $\frac{1}{2}$ V_u dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $\frac{A_g f_{c'}}{20}$ (SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.2 dan ACI 318M-14 pasal 18.7.6.2)

- b. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} < S_{max} \quad (3.13)$$

Dimana:

A_v = Luas tulangan sengkang (mm^2)

3.10.3.3 Ketentuan – ketentuan Perhitungan Kolom (SNI 2847 :2013 Pasal 21.3)

- Persyaratan Tulangan Lentur

Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang 0.01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0.06.

- Persyaratan Tulangan Geser

Sengkang harus dipasang di sepanjang ℓ_o , dimana panjang ℓ_o diambil yang terbesar dari:

1. 1/6 bentang bersih struktur kolom
2. Dimensi penampang maksimum kolom
3. 450 mm

Spasi tulangan transversal sepanjang s_o tidak lebih dari yang terkecil:

4. 8 kali diameter tulangan longitudinal
5. 24 dari tulangan sengkang terkecil
6. Setengah dimensi penampang kolom terkecil
7. 300 mm

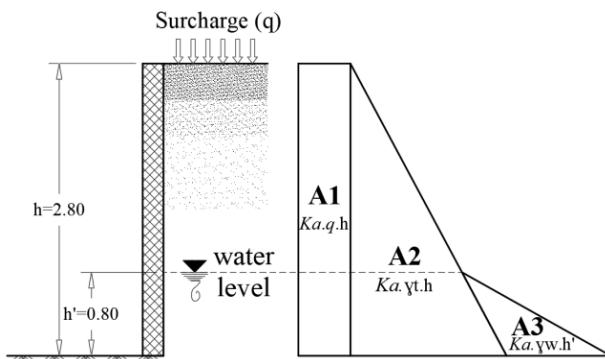
3.10.4 Retaining Wall

3.10.4.1 Perhitungan Gaya Tekanan Tanah

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

Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (3.14)$$



Gambar 3. 9 Skema Tekanan Pada Retaining Wall

3.10.4.2 Penulangan Retaining Wall

- Rasio tulangan vertikal dihitung seperti penulangan pelat satu arah dengan menghitung momen ultimate dengan kombinasi kuat perlu.
- Rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas bruto beton, ρ_t , harus:

- 0,0012 untuk batang tulangan ulir yang tidak lebih besar dari D-16 dengan fy tidak kurang dari 420 Mpa; atau
- 0,0015 untuk batang tulangan ulir lainnya; atau
- 0,0012 untuk tulangan kawat las yang tidak lebih besar dari Ø-16 atau D-16

3.10.4.3 Ketentuan-ketentuan Perhitungan Dinding (SNI 2847:2013 Pasal 14)

- Pasal 14.5.3 Ketebalan minimum dinding penahan tanah adalah 1/25 kali tinggi.
- Pasal 14.5.3.2 Tebal dinding besmen (basement) eksterior dan dinding fondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

3.10.5 Pondasi

3.10.5.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah (R_a) yang digunakan untuk melawan gaya aksial diperoleh dari persamaan berikut.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f) \quad (3.15)$$

Dimana,

n : Faktor keamanan (lihat tabel 5.4)

R_u : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p : Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f : Gaya gesek dinding tiang (ton)

Selanjutnya,

$$R_a = \frac{1}{n} R_u \quad (3.16)$$

$$R_u = qd \cdot A + U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \quad (3.17)$$

Dimana,

qd : Daya dukung terpusat tiang (ton)

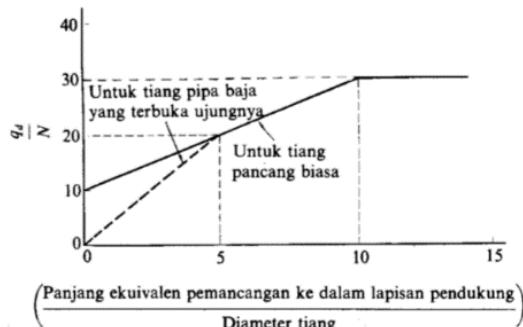
A : Luas ujung tiang (m^2)

U : Panjang keliling tiang

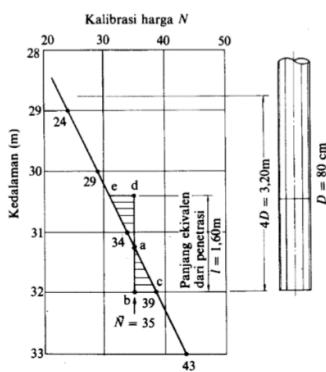
l_i : Tebal lapisan tanah

f_i : Besaran gesekan dari lapisan tanah (ton/m^2)

Daya dukung terpusat qd , diperoleh dari hubungan antara L/D dan qd/N



Gambar 3. 10 Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang



Gambar 3. 11 Penentuan Panjang Ekuivalen

L adalah panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung dan diperoleh dari Gambar 5.23, D adalah diameter tiang, \bar{N} adalah harga rata-rata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut ini:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2}{2} (\bar{N} \leq 40) \quad (3.18)$$

Dimana,

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

N_1 = Harga N pada ujung tiang

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

Untuk tiang yang dicor di tempat (*cast in place*), qo diambil diperkirakan dari

Besarnya gaya geser maksimum dinding *fr* diperkirakan dari Tabel 6.2 sesuai dengan macam tiang dan sifat tanah pondasi

Tabel 3. 6 Intensitas Gaya Gesek Dinding Tiang

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

Tabel 3. 7 Faktor Keamanan

	Jembatan jalan raya		—	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang pendukung	Tiang geser		Tiang pendukung	Tiang geser
Beban tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	—
Beban tetap + Beban sementara	—	—	2	—	—
Waktu gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2,0

BAB IV

ANALYSIS PEMBEBANAN

4.1 Beban Mati (Dead Load)

Beban mati pada Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik meliputi seluruh konstruksi bangunan antara lain :

1. Berat sendiri elemen struktur

Beton = 2400 kg/m²

(ASCE 07-2002 Tabel C3-1)

2. Beban mati tambahan (Super Dead Load)

Tabel 4. 1 Beban Mati Tambahan

No	Bahan	Berat (kg/m ²)	Keterangan
1	Bata ringan	600	Bata ringan AAC Tebal 7.5 cm
2	Keramik	16.5	Brosur Arwana Ceramics
3	Spesi	21	SNI 1727-2013
4	Ducting MEP	25	SNI 1727-2013
5	Plafon dan rangka	6.5	Brosur Jayboard
6	Beban Waterproof	7	ASCE 7 2002
7	Beban Electrical	19	AsCE 7 2002

8	Acian dinding	3	Brosur Acian DRY MIX
9	Lift		

Tabel 4. 2 Spesifikasi Lift Hyundai

Speed m/s	Capacity		Reaction static load				Door opening
	Person	Load	R1	R2	R3	R4	
1.5	15	1000	5450	4300	8600	6600	900

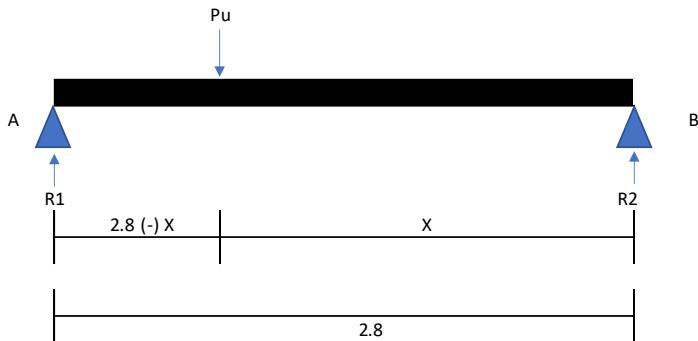
car size		Hoistway Size		Machine Room size	
A	B	x1	y	Mx1	My
1660	1665	2050	2100	2300	3850

Pembebanan pada balok penggantung Lift :

Panjang balok penggantung lift 2,8 m

$$\begin{aligned}
 Ra &= R1 \times KLL \\
 &= R1 \times 150\% \\
 &= 5450 \times 150\% \\
 &= 8175 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rb &= R2 \times KLL \\
 &= R2 \times 150\% \\
 &= 4300 \times 150\% \\
 &= 6450 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 2.8 \times 8175 + P_{ux}$$

$$P_{ux} = \frac{22890}{x}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = (2.8 \times 6450) - (P_u \times (2.8 - x))$$

$$0 = 18060 - \left(\frac{22890}{x} \times (2.8 - x) \right)$$

$$0 = 18060 - \left(\frac{64092 - 22890x}{x} \right)$$

$$18060 = \frac{64092 - 22890x}{x}$$

$$64092 = 40950x$$

$$x = 1.56 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } P_u = \frac{22890}{1.56} = 14625 \text{ kg}$$

4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban maksimum yang akan dialami oleh suatu jenis ruangan. Pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 4-1 seperti dibawah ini:

1. Beban Hidup Lantai

- Beban hidup kamar apartemen = 1.92 kN/m²
- Beban koridor = 3.38 kN/m²
- Beban atap koridor = 0.96 kN/m²
- Beban bordes dan tangga = 4.79 kN/m²

2. Beban Hidup Atap

- Beban atap datar = 0.96 kN/m²

4.3 Beban Air Hujan

Beban air hujan direncanakan berdasarkan pada SNI 1727-2013 pasal 5.4.4.2.

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

d_s : tinggi statis

d_h : tinggi hidrolis

Direncanakan :

$$d_s = 20 \text{ mm}$$

$$d_h = 10 \text{ mm}$$

$$R = 0,0098 \times (20 + 10)$$

$$R = 0,294 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 29,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

4.4 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya per luas bidang. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin pada bangunan tertutup menggunakan SNI 1727:2013 Pasal 26 dan 27. Tekanan angin minimum adalah $0,77 \text{ kN/m}^2$ dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan $0,38 \text{ kN/m}^2$ dikalikan dengan luas atap bangunan gedung.

a. Kategori Risiko Bangunan

Sesuai tabel 2.1, gedung Hotel Premier Inn Surabaya termasuk ke dalam kategori risiko II.

b. Kecepatan Risiko Bangunan

Kecepatan angin dasar sesuai dengan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada lokasi bangunan. Untuk wilayah Gresik,

$$V = 29 \text{ km/jam} = 8,05 \text{ m/s.}$$

c. Faktor Arah Angin, Kd Pasal 26.6

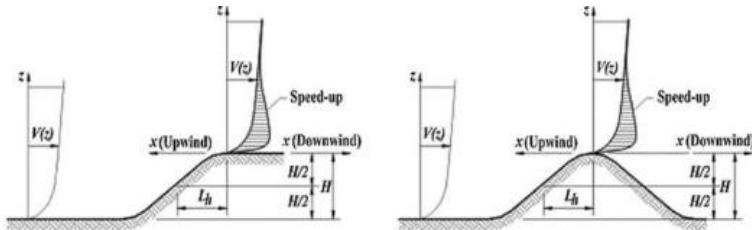
Menentukan Faktor Arah Angin, Kd (SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1) Berdasarkan didapatkan nilai faktor arah angin Kd = 0.85

d. Kategori Eksposur Pasal 26.7

Menentukan Nilai Koefisien Eksposur, Kz. Dari (SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1) didapatkan nilai $\alpha = 7.0$ dan $Zg = 365,76 \text{ m}$. Jika ketinggian untuk kolom bangunan, z = 39,6 meter, maka:

$$Kz = 2.01 \left(\frac{z}{Zg} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{39,6m}{365,76m} \right)^{\frac{2}{7}} = 0,984$$

e. Faktor Topografi (Kzt) Pasal 26.8



Gambar 4. 2 Faktor Topografi

Menurut pasal SNI 1727-2013 26.8, kategori eksposur B didapatkan $K_{zt} = 1$

- f. Menentukan Tekanan Velositas (q_z) (SNI 1727:2013 pasal 27.3-1).

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$q_z = 0,613 \times 1,609 \times 1 \times 0,85 \times 8,05^2$$

$$q_z = 35,959 \text{ N/m}^2$$

- g. Faktor Efek Tiupan Angin Pasal 26.9

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1, didapatkan nilai Faktor Efek Tiupan Angin (G) untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku adalah 0.85

- h. Klasifikasi Ketertutup Pasal 26.10

Bangunan ini masuk dalam kategori *Tertutup*, menurut SNI 1727-2013 pasal 26.10

- i. Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi}) Pasal 26.11

Tabel 4. 3 Klasifikasi Ketertutupan

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0.00

Bangunan gedung tertutup sebagian	+0.55 -0.55
Bangunan gedung tertutup	+0.18 -0.18

Berdasarkan tabel 4.3, didapatkan **GCpi = + 0.18 dan -0.18**. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.

- j. Koefisien Tekanan Eksternal, (Cp atau Cn) Pasal 27.4.1
Tabel 4. 4 Koefisien Tekan Dinding

Koefisien tekan dinding, Cp			
Permukaan	L/B	Cp	Digunakan Dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0.8	q _z
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0.5	q _h
	2	-0.3	
	≥ 4	-0.2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0.7	q _h

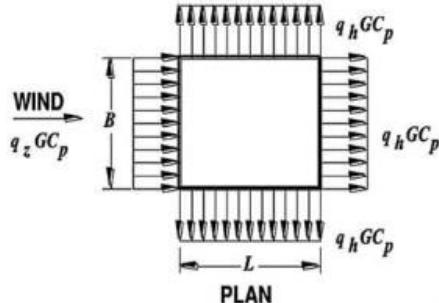
Berdasarkan tabel diatas, didapatkan **Cp = 0.8** untuk angin tekan, **Cp = -0.5** untuk angin hisap, dan **Cp = -0.7** untuk dinding tepi.

- i. Hitung Tekanan Angin P pada Bangunan

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

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

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



Gambar 4. 3 Ilustrasi Beban Angin yang Bekerja

$$P = (q_z \times G \times C_p) \times L$$

(tekanan per meter tinggi bangunan) dimana L adalah jarak kolom. Berdasarkan gambar diatas, beban angin yang ada pada kolom adalah sebagai berikut:

$$q_z = 35,959 \text{ N/m}^2$$

$$G = 0,85$$

$$C_p = 0,8 \text{ (tekan)}, -0,5 \text{ (hisap)}, -0,7 \text{ (tepi)}$$

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

Maka besaran angin datang, tepi dan hisap sebagai berikut:

$$\text{Pada angin datang} = q_z \times G \times C_p$$

$$= 35,959 \times 0,85 \times 0,8$$

$$= 24,452 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Pada angin tepi} = q_z \times G \times C_p$$

$$= 35,959 \times 0,85 \times -0,7$$

$$= -21.4 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Pada angin hisap} = q_z \times G \times C_p$$

$$= 35,959 \times 0,85 \times -0,5 \\ = -15,28 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum = 0,77 kN/m² = 77 kg/m² untuk kolom bangunan.

4.5 Beban Gempa

Untuk peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan :

- a. Menentukan Kategori Risiko Bangunan Gedung

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1 bangunan yang didesain untuk fasilitas hunian masuk kedalam **kategori risiko II**.

- b. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 2 dan kategori risiko yang didapat maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni $I_e = 1.00$.

- c. Menentukan Kelas situs

Hasil tes tanah kedalaman 20 m

Lapisan ke-	Dalam Lapisan	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	di/Ni
1	1	Clay and silt,inorganic,medium	8	0.25
2	3	Cemented silt, grey , hard	50	0.04
	5		43	0.046512
	7		50	0.04
3	9	Clay and silt , grey, hard	32	0.0625
4	11	Cemented clay, grey , hard	50	0.04
	13		50	0.04

	15		50	0.04
5	17	clay and silt , grey very stiff	25	0.08
6	19	cometed slit, grey , hard	50	0.04

Sehingga didapatkan nilai \bar{N} sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

$$\bar{N} = \frac{20}{0,679}$$

$$\bar{N} = 29,45$$

Sesuai **SNI 1726:2012 Tabel 3**, karena nilai $\bar{N} = 29,45$ karena \bar{N} bernilai 15-50 maka masuk kategori tanah lunak **SD**.

d. Menentukan Parameter Percepatan Gempa



Gambar 4. 4 Peta Hazard gempa Indonesia
 $S_s = 0,657 \text{ g}$



Gambar 4. 5 Peta Hazard gempa Indonesia
 $S_1 = 0,243$

e. Menentukan Koefisien Situs

Koefisien situs ditentukan berdasar **SNI 1726:2012**. seperti berikut ini:

Tabel 4. 5 Koefisien Fa

Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T = 0.2 detik, S_s					
Kelas Situs	S_s ≤ 0.25	S_s = 0.5	S_s = 0.75	S_s = 1.0	S_s = 1.25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^b				

Tabel 4. 6 Koefisien Fv

Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda, T = 1 detik, S₁					
Kelas Situs	S₁ ≤ 0.1	S₁ = 0.2	S₁ = 0.3	S₁ = 0.4	S₁ = 0.5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF			SS ^b		

$S_s = 0,656 \text{ g}$ berada di antara 0,75 dan 0,5 maka dilakukan interpolasi linier. Maka $F_a = 1,27$

$S_1 = 0,243 \text{ g}$ berada di antara 0,3 dan 0,2 maka dilakukan interpolasi linier. Maka $F_v = 1,93$

f. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Berdasarkan SNI:1726-2012 pasal 6.2 pers. (5) dan pers. (6), didapatkan nilai sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,27 \times 0,656 = 0,837 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,93 \times 0,243 = 0,467 \text{ g}$$

Berdasarkan pasal 6.3 persamaan (7) dan (8), didapatkan nilai sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,911$$

$$= 0,607$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,746$$

$$= 0,497$$

g. Menentukan Kategori Desain Seismik

Sesuai Tabel dan Tabel 7, untuk $0,50 \leq SDS ; 0,20 \leq SD1$ dengan kategori resiko IV didapatkan Kategori Desain Seismik (KDS) D.

h. Menentukan Parameter Gempa

Eksisting Dual system Shearwall + SRPMK

Koefisien modifikasi respons (R)= 7

Faktor kuat-lebih sistem (Ω_0) = 2,5

Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 5

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

Koefisien modifikasi respons (R)= 3,5

Faktor kuat-lebih sistem (Ω_0) = 3

Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 3

i. Analisa Respon Spectrum

Menurut SNI 1726:2012 Pasal. 6.4 untuk memenuhi parameter gempa maka ditentukan parameter gempa rencana sebagai berikut:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,313}{0,558} = 0,112$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,313}{0,558} = 0,561$$

Tabel 4. 7 Perhitungan Respon Spectrum Desain

T (detik)	T (detik)	SA (g)
0	0	0.22
T0	0.11	0.56
TS	0.56	0.56
TS+0	0.56	0.47
TS+0.1	0.66	0.41
TS+0.2	0.76	0.36
TS+0.3	0.86	0.32
TS+0.4	0.96	0.29
TS+0.5	1.06	0.27

T (detik)	T (detik)	SA (g)
TS+0.6	1.16	0.25
TS+0.7	1.26	0.23
TS+0.8	1.36	0.21
TS+0.9	1.46	0.20
TS+1	1.56	0.19
TS+1.1	1.66	0.18
TS+1.2	1.76	0.17
TS+1.3	1.86	0.16
TS+1.4	1.96	0.15
TS+1.5	2.06	0.14
TS+1.6	2.16	0.14
TS+1.7	2.26	0.13
TS+1.8	2.36	0.13
TS+1.9	2.46	0.12
TS+2	2.56	0.12
TS+2.1	2.66	0.11
TS+2.2	2.76	0.11
TS+2.3	2.86	0.11
TS+2.4	2.96	0.10
TS+2.5	3.06	0.10
TS+2.6	3.16	0.10
TS+2.7	3.26	0.09
TS+2.8	3.36	0.09
TS+2.9	3.46	0.09
TS+3	3.56	0.09
TS+3.1	3.66	0.08

TS+3.2	3.76	0.08
TS+3.3	3.86	0.08
4	4.56	0.08

4.6 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2, yaitu :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 R
3. 1,2 D + 1,6 R + 1,0 L
4. 1,2 D + 1,6 R + 0,5 W
5. 0,9 D + 1,0 W
6. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ex + 0,3 Ey
7. 1,2 D + 1,0 L + 0,3 Ex + 1,0 Ey
8. 0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey
9. 0,9 D + 0,3 Ey + 1,0 Ey

Dimana :

D : Beban mati

L : Beban hidup

L0 : Beban hidup atap

H : Beban hujan

W : Beban angina

E : Pengaruh beban gempa

BAB 5

PERENCANAAN STRUKTUR HDRB

5.1 Perhitungan Dimensi HDRB

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

Dimensi HDRB menyesuaikan beban aksial yang ditumpu oleh kolom dan harus melebihi kapasitas beban yang ada.

Tabel 5. 1 Perencanaan HDRB Tiap Kolom

As Kolom	Gaya Aksial (kN)	Diameter HDRB (mm)	Jenis HDRB
A-1	-1715	600	HH060X6R
A-2	-2418	700	HH070X6R
A-3	-3912	750	HH075X6R
A-4	-2508	700	HH070X6R
A-5	-2372	700	HH070X6R
A-6	-2115	700	HH070X6R
A-7	-1838	700	HH060X6R
A-8	-2309	700	HH070X6R
A-9	-1838	600	HH060X6R
B-1	-2233	700	HH070X6R
B-2	-3615	750	HH075X6R
B-3	-4087	750	HH075X6R
B-4	-3486	700	HH075X6R
B-5	-3396	700	HH070X6R
B-6	-3078	700	HH070X6R

As Kolom	Gaya Aksial (kN)	Diameter HDRB (mm)	Jenis HDRB
B-7	-3434	700	HH070X6R
B-8	-3463	700	HH070X6R
B-9	-2235	700	HH075X6R
C-1	-2242	700	HH070X6R
C-2	-3759	750	HH075X6R
C-3	-3895	750	HH075X6R
C-4	-3442	700	HH070X6R
C-5	-3412	700	HH070X6R
C-6	-3656	750	HH075X6R
C-7	-4096	750	HH075X6R
C-8	-3723	750	HH075X6R
C-9	-2245	700	HH070X6R
D-1	-1685	600	HH060X6R
D-2	-2611	700	HH070X6R
D-3	-2695	700	HH070X6R
D-4	-2452	700	HH070X6R
D-5	-2446	700	HH070X6R
D-6	-2689	700	HH070X6R
D-7	-2954	700	HH070X6R
D-8	-2635	700	HH070X6R
D-9	-1702	600	HH060X6R
A-6'	-1838	600	HH060X6R
B-6'	-2554	700	HH070X6R

Tabel 5. 2 Spesifikasi HDRB Bringestone HH Series Tebal 120 cm

Jenis	Diameter (mm)	Kapasitas Gaya Aksial (kN)	Kekakuan Efektif HDRB (kN/mm)
HH060X6R	600	1860	0,876
HH070X6R	700	3500	1,18
HH075X6R	750	4710	1,37

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 certificates number that used for design document.

● HH Series (Total Rubber Thickness 20cm)

Physical Dimensions	Characteristics	Code														
		H060R	H065R	H070R	H075R	H060R	H065R	H070R	H075R	H100R	H110R	H120R	H130R	H140R	H150R	H160R
	Outer diameter [mm]	600	650	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	55	55	65	65	80
	Effective plane area [$\times 10^5$ mm 2]	2826	3217	3847	4416	5023	5671	6359	7095	7649	8480	11286	13249	15381	17839	20056
	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	202	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200	198
	First shape factor [-]	36.6	36.1	36.4	36.8	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	3.26	3.46	3.75	4.00	4.26	4.55	4.79	4.99	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** (edge/center) [mm]	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	28/36	28/38	30/38	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	1800
	Diameter of connecting bolt hole x qty [mm]	Ø3x10	Ø4x10	Ø4x10	Ø45x10											
	Bolt size (assumption) [-]	M30	M36	M36	M36	M36	M39	M39	M42							
	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	5.8	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 ²] σ_c , when $\gamma = 0$	43	52	58	68	78	89	102	113	122	136	148	160	173	185	200	
	(γ_0, σ_u)	(0.22)	(0.30)	(0.35)	(0.40)	(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 ²] (γ_1, σ_u)	(1.522)	(1.430)	(1.435)	(1.542)	(1.648)	(1.852)	(2.156)	(2.359)	(2.550)	(3.160)	(3.660)	(3.850)	(3.860)	(3.950)	(3.960)	
	(γ_2, σ_u)	(2.74)	(3.05)	(3.16)	(3.47)	(3.411)	(3.517)	(3.523)	(3.629)	(3.634)	(3.746)	(3.756)	-	-	-	-	
	Compressive stiffness [$\times 10^3$ N/m]	1970	2340	2660	3090	3510	3970	4490	4580	5450	6590	7860	9220	10700	12300	14200	
	Nominal long term compressive stress [N/mm ²]	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	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 ($\gamma = 100\%$) [N/mm ²]	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	
	Initial stiffness [$\times 10^3$ N/m]	519	615	639	810	923	104	118	131	143	174	207	243	283	324	373	
	Post yield stiffness ($\gamma = 100\%$) [$\times 10^3$ N/m]	0.519	0.615	0.639	0.810	0.923	1.04	1.18	1.31	1.43	1.74	2.07	2.43	2.83	3.24	3.73	
Shear Properties ($\gamma = 100\%$)	Characteristic Strength [kN]	71.5	83.9	97.3	112	127	143	161	179	199	240	285	335	389	446	507	
	Equivalent shear stiffness [$\times 10^3$ N/m]	0.875	1.04	1.18	1.37	1.56	1.76	1.98	2.21	2.42	2.84	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.

Gambar 5. 1 Brosur HDRB Bridngestone

Keterangan :

D : Diameter

Dmax : Perpindahan horizontal maksimum

Fz,d : non-seismic combination maksimum pada HDRB

Ned,max : seismic load combination maksimum pada HDRB

Kv : Kekakuan Vertikal HDRB

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

Tr : Tinggi Total HDRB

W : Berat HDRB

L : Panjang Pelat Dasar HDRB

Tabel 5. 3 Spesifikasi HDRB

Tipe	HH060X6R	HH070X6R	HH075X6R
Diameter (mm)	600	700	750
Fz,d (kN)	1860	3500	4710
Kv (kN/mm)	1970	2660	3090
Kh (kN/mm)	0,876	1,18	1,37
Tr (mm)	200	202	200
H (mm)	407,9	388,3	376,9
W (kN)	6,5	7,9	8,9
L (mm)	900	1000	1100
Damping Ratio (%)	24	24	24

Melakukan perhitungan periode efektif dengan asumsi berat struktur bangunan akan dipikul oleh 38 HDRB.

$$\sum keff = (n \times keff_{600}) + (n \times keff_{700}) + (n \times keff_{750})$$

$$\sum keff = (5 \times 0,876) + (25 \times 1,18) + (8 \times 1,37)$$

$$\sum keff = 44,84 \text{ kN/mm}$$

$$Teff = 2\pi \sqrt{\frac{w}{keff \times g}} = 2\pi \sqrt{\frac{57424.982 \text{ kN}}{44,84 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \times 9810}} = 2,27 \text{ detik}$$

Dimana :

W : Berat efektif bangunan (diambil dari ETABS 2016 (KN))

ΣK_{eff} : Jumlah total kekakuan efektif (KN/mm)

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

Data Perhitungan : KOLOMAS C-7

$$\text{Beban kolom} = 4096 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}\text{Inersia Kolom} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 900^3 \\ &= 1,82 \times 10^{10} \text{ mm}^4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Modulus elastisitas beton (E)} &= 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \times \sqrt{41.5} \\ &= 30277,63 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi kolom HDRB (L)} = 1000 \text{ mm}$$

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

1. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh HDRB tidak boleh kurang dari reaksi terbesar akibat beban kombinasi ultimate tanpa gempa sebesar 4096 kN.
2. Periode efektif bangunan *base isolation* dapat dihitung berdasarkan *AASHTO Guide Specification 1999* dengan perumusan seperti berikut ini :

$$K_{kolom} = \frac{4EI}{L} = \frac{4 \times 230277,63 \times 1,82 \times 10^{10}}{1000}$$

$$= 2,20 \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{mm}} = 2,20 \times 10^9 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$K_{eff} = \frac{K_{kolom} \times K_{HDRB}}{K_{kolom} + K_{HDRB}} = \frac{2,20 \times 10^9 \times 1,37}{2,20 \times 10^9 + 1,37} = 1,37 \frac{kN}{mm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_{eff} \times g}} = 2\pi \sqrt{\frac{4096}{1,37 \times 9810}} = 3,468 \text{ detik}$$

Periode efektif bangunan dengan sistem isolasi dasar akan diambil sebesar 3,468 detik dengan asumsi bahwa perhitungan tersebut telah melibatkan kekakuan horizontal dari HDRB dan kolom pendek.

3. Menentukan koefisien redaman sistem *base isolation*. Diketahui redaman efektif dari HDRB adalah sebesar 24%. Sesuai dengan tabel 5.3 maka didapati besaran koefisien dari redaman sistem isolasi dasar adalah sebesar :

$$B_D \text{ atau } B_M = 1.5 - \left(\frac{24 - 20}{30 - 20} \times (1.5 - 1.7) \right) = 1.58$$

4. Menghitung perpindahan rencana struktur sistem isolasi yaitu:

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi^2 B_D} = \frac{9810 \times 0,313 \times 3,468}{4 \pi^2 \times 1,58} = 170,71 \text{ mm}$$

5. Perhitungan diameter pakai dari *base isolator*. Parameter dari pada penentuan diameter *base isolator* seperti pada poin 1 – 3 serta total maksimum perpindahan HDRB harus lebih besar dari perpindahan rencana sistem isolasi yaitu 170,71 mm. (Kelly, 2012)

$$A_{HDRB} = \frac{K_{eff} t_r}{G} = \frac{1370 \times 200}{0,42} = 652380,95 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 652380.995}{\pi}} = 911,39 \text{ mm}$$

5.2 Perhitungan Respons Spektrum Komposit

Menghitung periode penurunan pada respons spektrum gempa akibat pemasangan HDRB pada bangunan. Menurut AASHTO Chapter 11 mengenai bangunan dengan sistem isolasi, penurunan periode terjadi setelah 0,8 teff. Percepatan pada gempa mengalami reduksi debesar faktor BD yaitu 1,58.

$$0,8T_{eff} = 0,8 \times 2,27 = 1,816 \text{ detik}$$

Tabel 5. 4 Perhitungan Respon Spectrum Komposit

T (detik)	T (detik)	SA (g)
0	0	0.22
T0	0.11	0.56
TS	0.56	0.56
TS+0	0.56	0.47
TS+0.1	0.66	0.41
TS+0.2	0.76	0.36
TS+0.3	0.86	0.32
TS+0.4	0.96	0.29
TS+0.5	1.06	0.27
TS+0.6	1.16	0.25
TS+0.7	1.26	0.23
TS+0.8	1.36	0.21
TS+0.9	1.46	0.20
TS+1	1.56	0.19

T (detik)	T (detik)	SA (g)
TS+1.1	1.66	0.18
TS+1.2	1.76	0.17
0,8 Teff	1,816	0.164
TS+1.3	1.86	0.16
TS+1.4	1.96	0.15
TS+1.5	2.06	0.14
TS+1.6	2.16	0.14
TS+1.7	2.26	0.13
TS+1.8	2.36	0.13
TS+1.9	2.46	0.12
TS+2	2.56	0.12
TS+2.1	2.66	0.11
TS+2.2	2.76	0.11
TS+2.3	2.86	0.11
TS+2.4	2.96	0.10
TS+2.5	3.06	0.10
TS+2.6	3.16	0.10
TS+2.7	3.26	0.09
TS+2.8	3.36	0.09
TS+2.9	3.46	0.09
TS+3	3.56	0.09
TS+3.1	3.66	0.08
TS+3.2	3.76	0.08
TS+3.3	3.86	0.08
4	4.56	0.08

5.3 Perencanaan Basement

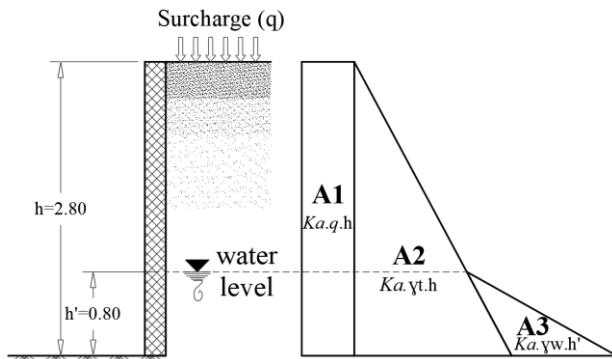
Perencanaan struktur dengan HDRB harus mempertimbangkan lokasi pemasangan agar dapat bekerja secara efisien. Pada permodelan alternatif menggunakan HDRB ini, direncanakan pembuatan basement dengan ketinggian 3 meter dengan pelat lantai basement $t = 250$ mm.

5.3.1 Perencanaan Retaining Wall

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

Koefisien tekanan tanah aktif :

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$



Gambar 5. 2 Skema Tekanan Pada Retaining Wall

a. Data Perencanaan :

- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
- Mutu baja tulangan (f_{yt}) = 240 MPa
- Tinggi Dinding (h) = 3000 mm
- Lebar Dinding (b) = 300 mm
- Diameter tulangan lentur = D19
- Tebal selimut = 75 mm
- β_1 = 0.84

b. Perhitungan Tekanan Tanah Lateral

$$Q \text{ (bebannya hidup)} = 1 \text{ ton/m}^2 = 9,81 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,65 \text{ ton/m}^3 = 16,185 \text{ kN/m}^3$$

$$h \text{ dinding} = 3 \text{ m}$$

$$\phi = 13^\circ$$

$$c = 0,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$ka = \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) = \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{13}{2}\right) = 0,795$$

Tekanan tanah aktif sebesar :

$$Pa_1 = h \times Q \times ka$$

$$Pa_1 = 3 \times 9,81 \times 0,795$$

$$Pa_1 = 23,41 \text{ kN/m}^2$$

$$Pa = \frac{1}{2} \times \gamma \times h^2 \times \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) - 2c \times h \times \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$Pa = \frac{1}{2} \times 16185 \times 3^2 \times 0,795^2 - 2 \times 0,8 \times 3 \times 0,795$$

$$Pa = 42,269 \text{ kN/m}^2$$

Untuk mencari nilai koefisien tekanan tanah aktif digunakan persamaan $Ax + By + Cz + D$.

- Persamaan 1 :

$$3C + D = 23,41 \text{ kN/m}^2$$

- Persamaan 2 :

$$0C + D = 42,27 \text{ kN/m}^2$$

Dari kedua persamaan di atas di dapat nilai koefisien C sebesar $-6,29 \text{ kN/m}^2$ dan nilai koefisien D sebesar $42,27 \text{ kN/m}^2$. Maka pada permodelan Etabs kita dapat memasukkan joint load retaining wall dengan nilai koefisien tersebut.

BAB 6

ANALISA STRUKTUR GEDUNG

6.1 Analisa Struktur Tahap 1

6.1.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan

Menurut SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2, bahwa pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a .

$$T_a = C t h_n^x$$

Dimana :

h_n : ketinggian struktur

C_t : koefisien yang didapat dari Tabel 15 SNI 1726:2012

x : koefisien yang didapat dari Tabel 15 SNI 1726:2012

Tabel 6. 1 Nilai parameter Periode Pendekatan

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

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

$$T_{a \min} = 0,0466 \times 46,1^{0,9} = 1,46 \text{ detik}$$

Dengan batas atas perioda fundamental struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Shearwall berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 14 sebesar:

Tabel 6. 2 Koefisien Untuk Batas Atas pada perioda dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
$\leq 0,1$	1.7

Karena nilai $S_{D1} = 0,313$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$
 $T_a \cdot C_u = 1,46 \times 1,4 = 2,05 \text{ detik}$

Dari permodelan pada ETABS 16 didapatkan periode struktur sebesar :

Tabel 6. 3 Periode Fundamental Analisa Tahap 1

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	Period	SumUX	SumUY
Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1.519	0.578	0.003
MODAL	1.289	0.589	0.688
MODAL	1.125	0.748	0.699
MODAL	0.451	0.857	0.699
MODAL	0.333	0.859	0.847

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

$1,46 \text{ detik} < 1,519 \text{ detik} < 2,05 \text{ detik} \text{ (memenuhi)}$

Dari tabel di atas didapatkan hasil periode fundamental struktur $T = 1,519$. Menurut persyaratan SNI -3-1726:2012 Pasal 7.8.2 mengenai kontrol waktu geser alami fundamental masih memenuhi persyaratan.

6.1.2 Kontrol Partisipasi Masa

Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1, partisipasi ragam terkombinasi minimum 100% dengan ragam. Untuk tujuan ini, itu harus diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05 s dalam mode tubuh kaku tunggal yang memiliki periode 0,05 s.

Sebagai alternatif, analisis harus diizinkan untuk memasukkan sejumlah mode minimum untuk memperoleh partisipasi massa modal gabungan paling sedikit 90% dari massa aktual dalam setiap arah horizontal ortogonal dari respon yang dipertimbangkan dalam model. Maka berikut partisipasi ragam yang dihasilkan oleh program bantu ETABS.

Tabel 6. 4 Tabel Rasio Partisipasi Massa dari ETABS

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	8	0.157	0.9503	0.856	Modal
Modal	9	0.151	0.9504	0.9108	Modal
Modal	10	0.144	0.9565	0.916	Modal
Modal	11	0.12	0.9666	0.9163	Modal
Modal	12	0.105	0.9726	0.9181	Modal

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisiting memenuhi persyaratan partisipasi massa mencapai 90%.

6.1.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Bangunan

Berdasarkan berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1. nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik.

$$V \leq V_t$$

Rumus gaya geser statik didapat pada pasal 12.8 adalah:

$$V = Cs \cdot W_t$$

Dimana:

Cs = koefisien respon seismik

W_t = berat struktur

Perhitungan nilai Cs

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

$$Cs = \frac{0,558}{7/1}$$

$$Cs = 0,080$$

Nilai Cs diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari:

$$Cs_{min} = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$

$$Cs_{min} = 0.044 \cdot 0,558 \cdot 1$$

$$Cs_{min} = 0.024$$

$$Cs_{max} = \frac{SD_1}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,313}{1,519 \times \frac{7}{1}} = 0,03$$

Dikarenakan nilai Cs melebihi nilai Cs_{max} , maka nilai $Cs = 0,03$.

Dari permodelan struktur menggunakan ETABS 2016, didapatkan berat struktur gedung sebesar 59460.2749 kN. Maka nilai V statik :

$$V_{statik} = Cs \times Wt = 0,03 \times 59460.2749 \text{ kN} = 1752 \text{ kN}$$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4, nilai $V_{dinamik}$ minimal 85% nilai V_{statik} . Apabila syarat tersebut tidak terpenuhi maka faktor skala gempa X dan gempa Y harus dikalikan sebesar $\frac{V_{dinamik}}{0,85 V_{statik}}$.

Tabel 6. 5 Kontrol Gaya Geser Dasar Analisa Tahap 1

Gaya Geser Dasar	Dinamik Geser Dasar (kN)	Statik Geser Dasar (kN)	0.85 x Statik Geser Dasar (kN)	Kontrol (Vd > 0.85 Vs)
X	1693.2071	1752	1489.23	OK
Y	2150.2786	1752	1489.23	OK

6.1.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidak nyamanan penghuni menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.6.

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

$$\Delta_i = \frac{c_d \times \delta_{ei}}{I_e}$$

Δ_a = Batas simpangan

$$\Delta_a = 0.010h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian lantai yang ditinjau

Tabel 6. 6 Simpangan Ijin 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.	$0.025h_{sx}^c$	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

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

Perhitungan simpangan antar lantai arah X sebagai berikut :

$$\Delta_i = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{I}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{5.5 \times (Lantai\ roof\ lift - Lantai\ atap\ tangga)}{Ie}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{5.5 \times (46.1 - 45)}{1} = 6.05\ mm$$

Perhitungan simpangan ijin sebagai berikut:

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

$$\Delta_a = 0,020 \times 1100 = 22\ mm$$

Tabel 6. 7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Analisa Tahap 1

Lantai	Hx (mm)	δ_x (mm)	δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_a (mm)	Kontrol	
							Δ_x	Δ_y
15	2800	29.92	25.12	7.65	7.46	56	Aman	Aman
14	2800	28.39	23.63	8.73	8.25	56	Aman	Aman
13	2800	26.64	21.98	9.65	8.90	56	Aman	Aman
12	2800	24.71	20.20	10.51	9.51	56	Aman	Aman
11	2800	22.61	18.30	11.30	10.06	56	Aman	Aman
10	2800	20.35	16.29	12.00	10.54	56	Aman	Aman
9	2800	17.95	14.18	12.62	10.88	56	Aman	Aman
8	2800	15.43	12.01	12.80	10.95	56	Aman	Aman
7	2800	12.87	9.82	13.04	10.86	56	Aman	Aman
6	2800	10.26	7.65	12.73	10.39	56	Aman	Aman
5	2800	7.71	5.57	12.23	9.61	56	Aman	Aman
4	2800	5.27	3.65	11.13	8.35	56	Aman	Aman
3	2800	3.04	1.98	9.23	6.47	56	Aman	Aman
2	3200	1.20	0.68	5.99	3.42	64	Aman	Aman
Base	0	0	0	0.00	0.00	0	Aman	Aman

6.2 Analisis Struktur Tahap 2

6.2.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan

Berdasarkan tabel 6.1 didapat nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$, sehingga nilai T_a sebesar :

$$T_{a \min} = 0,0466 \times 46,1^{0,9} = 1,46 \text{ detik}$$

Karena nilai $S_{D1} = 0,313$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$
 $T_a \cdot C_u = 1,46 \times 1,4 = 2,05 \text{ detik}$

Dari permodelan pada ETABS 16 didapatkan periode struktur sebesar :

Tabel 6. 8 Periode Fundamental Analisa Tahap 2

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	Period	SumUX	SumUY
Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1.519	0.578	0.003
MODAL	1.289	0.589	0.688
MODAL	1.125	0.748	0.699
MODAL	0.451	0.857	0.699
MODAL	0.333	0.859	0.847

$$T_{a \ min} < T_a < T_{a \ max}$$
$$1,46 \text{ detik} < 1,519 \text{ detik} < 2,05 \text{ detik} \text{ (memenuhi)}$$

Dari tabel di atas didapatkan hasil periode fundamental struktur $T = 1,519$. Menurut persyaratan SNI -3-1726:2012 Pasal 7.8.2 mengenai kontrol waktunya geser alami fundamental masih memenuhi persyaratan.

6.2.2 Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 6. 9 Partisipasi Massa Analisis Tahap 2

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	8	0.157	0.9503	0.856	Modal
Modal	9	0.151	0.9504	0.9108	Modal
Modal	10	0.144	0.9565	0.916	Modal
Modal	11	0.12	0.9666	0.9163	Modal
Modal	12	0.105	0.9726	0.9181	Modal

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisiting memenuhi persyaratan partisipasi massa mencapai 90%.

6.2.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Bangunan

Diketahui pada bab sebelumnya untuk nilai $S_s = 0,657$ g dan nilai $S_1 = 0,243$ g serta nilai $SDS = 0,558$ g dan nilai $SD1 = 0,313$ g.

Perhitungan nilai C_s

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

$$C_s = \frac{0,558}{4,5/1}$$

$$C_s = 0,12$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari:

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

$$C_{s\min} = 0,044 \cdot 0,558 \cdot 1$$

$$Cs_{min} = 0,024$$

$$Cs_{max} = \frac{SD_1}{T \times \frac{R}{Ie}} = \frac{0,313}{1,519 \times \frac{4,5}{1}} = 0,045$$

Dikarenakan nilai Cs melebihi nilai Cs_{max} , maka nilai $Cs = 0,045$.

Dari permodelan struktur menggunakan ETABS 2016, didapatkan berat struktur gedung sebesar 59460.2749 kN. Maka nilai V statik :

$$V_{statik} = Cs \times Wt = 0,045 \times 59460.2749 \text{ kN} = 2725.387 \text{ kN}$$

Tabel 6. 10 Kontrol Gaya Geser Analisis Tahap 2

Gaya Geser Dasar	Dinamik Geser Dasar (kN)	Statisik Geser Dasar (kN)	0.85 x Statik Geser Dasar (kN)	Kontrol (Vd > 0.85 Vs)
X	2851.717	2725.387	2316.58	OK
Y	3621.52	2725.387	2316.58	OK

6.2.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Perhitungan simpangan antar lantai arah X sebagai berikut :

$$\Delta_i = \frac{c_d \times \delta_{ei}}{I}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{4 \times (Lantai\ roof\ lift - Lantai\ atap\ tangga)}{Ie}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{4 \times (46,1 - 45)}{1} = 4,4\ mm$$

Perhitungan simpangan ijin sebagai berikut:

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

$$\Delta_a = 0,020 \times 1100 = 22\ mm$$

Tabel 6. 11 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Lantai	Hx (mm)	δ_x (mm)	δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_a (mm)	Kontrol	
							Δ_x	Δ_y
15	2800	50.39	42.31	10.32	10.04	56	Aman	Aman
14	2800	47.81	39.80	11.76	11.12	56	Aman	Aman
13	2800	44.87	37.02	13.00	11.99	56	Aman	Aman
12	2800	41.62	34.02	14.16	12.80	56	Aman	Aman
11	2800	38.08	30.82	15.22	13.56	56	Aman	Aman
10	2800	34.27	27.43	16.16	14.19	56	Aman	Aman
9	2800	30.23	23.89	17.00	14.66	56	Aman	Aman
8	2800	25.98	20.22	17.24	14.75	56	Aman	Aman
7	2800	21.67	16.53	17.57	14.62	56	Aman	Aman
6	2800	17.28	12.88	17.16	14.00	56	Aman	Aman
5	2800	12.99	9.38	16.47	12.94	56	Aman	Aman
4	2800	8.87	6.14	14.99	11.25	56	Aman	Aman
3	2800	5.13	3.33	12.43	8.71	56	Aman	Aman
2	3200	2.02	1.15	8.07	4.60	64	Aman	Aman
Base	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Aman	Aman

6.3 Analisis Struktur Tahap 3

6.3.1 Kontrol Periode Fundamental Bangunan

Berdasarkan tabel 6.1 didapat nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$, sehingga nilai T_a sebesar :

$$T_{a \min} = 0,0466 \times 46,1^{0,9} = 1,46 \text{ detik}$$

Karena nilai $S_{D1} = 0,313$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$
 $T_a \cdot C_u = 1,46 \times 1,4 = 2,05 \text{ detik}$

Dari permodelan pada ETABS 16 didapatkan periode struktur sebesar :

Tabel 6. 12 Periode Struktur pada Modal

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	Period	SumUX	SumUY
Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1.916	0.771	0.0004
MODAL	1.728	0.771	0.764
MODAL	1.595	0.809	0.7641
MODAL	0.638	0.906	0.7641
MODAL	0.541	0.906	0.8784

$$T_{a \min} < T_a < T_{a \max}$$
$$1,46 \text{ detik} < 1,916 \text{ detik} < 2,05 \text{ detik} \text{ (memenuhi)}$$

Dari tabel di atas didapatkan hasil periode fundamental struktur $T = 1,916$. Menurut persyaratan SNI -3-1726:2012 Pasal 7.8.2 mengenai kontrol waktunya geser alami fundamental masih memenuhi persyaratan.

6.3.2 Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 6. 13 Partisipasi Massa Struktur

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	8	0.292	0.9427	0.9175	Modal
Modal	9	0.279	0.947	0.9184	Modal
Modal	10	0.273	0.9479	0.9201	Modal
Modal	11	0.255	0.9621	0.9202	Modal
Modal	12	0.201	0.9671	0.9285	Modal

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisiting memenuhi persyaratan partisipasi massa mencapai 90%.

6.3.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Diketahui pada bab sebelumnya untuk nilai $S_s = 0,657$ g dan nilai $S_1 = 0,243$ g serta nilai $SDS = 0,558$ g dan nilai $SD1 = 0,313$ g.

Perhitungan nilai C_s

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

$$C_s = \frac{0,558}{3,5/1}$$

$$C_s = 0,159$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari:

$$C_{s\min} = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$

$$Cs_{min} = 0,044 \cdot 0,558 \cdot 1$$

$$Cs_{min} = 0,024$$

$$Cs_{max} = \frac{SD_1}{T \times \frac{R}{Ie}} = \frac{0,313}{1,916 \times \frac{3,5}{1}} = 0,046$$

Dikarenakan nilai Cs melebihi nilai Cs_{max} , maka nilai $Cs = 0,046$.

Dari permodelan struktur menggunakan ETABS 2016, didapatkan berat struktur gedung sebesar 57424.982 kN. Maka nilai V statik :

$$V_{statik} = Cs \times Wt = 0,046 \times 527424.982 \text{ kN} = 2682.927 \text{ kN}$$

Tabel 6. 14 Kontrol Gaya Geser Dasar

Gaya Geser Dasar	Dinamik Geser Dasar (kN)	Statik Geser Dasar (kN)	0.85 x Statik Geser Dasar (kN)	Kontrol (Vd > 0.85 Vs)
X	2577.975	2682.927	2280.488	OK
Y	2866.365	2682.927	2280.488	OK

6.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Perhitungan simpangan antar lantai arah X sebagai berikut :

$$\Delta_i = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{I}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{2,5 \times (Lantai rooflift - Lantai atap tangga)}{Ie}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{2,5 \times (46,1 - 45)}{1} = 2,75 \text{ mm}$$

Perhitungan simpangan ijin sebagai berikut:

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

$$\Delta_a = 0,020 \times 1100 = 22 \text{ mm}$$

Tabel 6. 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Lantai	Hx (mm)	δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Kontrol	
							Δx	Δy
15	2800	120.134	50.049	16.48	9.565	56	Aman	Aman
14	2800	116.838	48.136	22.455	11.705	56	Aman	Aman
13	2800	112.347	45.795	28.16	13.925	56	Aman	Aman
12	2800	106.715	43.01	33.455	16.06	56	Aman	Aman
11	2800	100.024	39.798	38.395	18.06	56	Aman	Aman
10	2800	92.345	36.186	42.97	19.875	56	Aman	Aman
9	2800	83.751	32.211	47.24	21.47	56	Aman	Aman
8	2800	74.303	27.917	50.2	22.6	56	Aman	Aman
7	2800	64.263	23.397	53.765	23.43	56	Aman	Aman
6	2800	53.51	18.711	56.255	23.63	56	Tidak	Aman
5	2800	42.259	13.985	58.915	23.08	56	Tidak	Aman
4	2800	30.476	9.369	59.96	21.125	56	Tidak	Aman
3	2800	18.484	5.144	55.71	11.69	56	Aman	Aman
2	3200	7.342	2.806	36.71	14.03	64	Aman	Aman
Base	0	0	0	0	0	0	Aman	Aman

Tinjauan perioda struktur dan simpangan antar lantai yang dimodelkan tidak memenuhi persyaratan yang diizinkan. Sehingga sesuai metodologi, maka dilakukan modifikasi struktur menggunakan *High Damping Rubber Bearing*.

6.4 Analisis Struktur HDRB

6.4.1 Kontrol Periode Fundamental

Tabel 6. 16 Periode Fundamental Struktur HDRB

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	Period	SumUX	SumUY
Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	3.36	0.004	0.8544
MODAL	3.108	0.662	0.910
MODAL	2.989	0.957	0.969
MODAL	0.91	0.984	0.970
MODAL	0.9	0.986	0.990

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 12.4.1 (4) bahwa periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum, TM, kurang atau sama dengan 3 detik. Pada tabel diatas untuk periode yang terjadi yaitu sebesar 3.36 detik. Sesuai peraturan karena $3.7 \text{ detik} > 3 \text{ detik}$, sehingga nilai TM yaitu 3 detik.

6.4.2 Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 6. 17 Rasio Partisipasi Massa Struktur dengan HDRB

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	Period	SumUX	SumUY
Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	3.36	0.004	0.8544
MODAL	3.108	0.662	0.910
MODAL	2.989	0.957	0.969
MODAL	0.91	0.984	0.970
MODAL	0.9	0.986	0.990

6.4.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Tabel 6. 18 Base Reaction Struktur dengan HDRB

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	kN	kN
DX	1741.98	158.77
DY	158.77	1915.28

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

$$\text{Gempa arah } X = \frac{2577.97 - 1741.98}{2851.71} \times 100\% = 32,43\%$$

$$\text{Gempa arah } Y = \frac{2866,36 - 1915.28}{3621.,52} \times 100\% = 33,18\%$$

Dilakukan kontrol HDRB dengan membandingkan perpindahan maksimal yang terjadi pada HDRB sesuai output dari etabs 2016 dengan perpindahan maksimal HDRB sesuai perhitungan manual.

Tabel 6. 19 Perhitungan Perpindahan Rencana HDRB

As Kolom	Teff	0.8 Teff	DD	Displacement	
	(detik)	(detik)	(mm)	X (mm)	Y (mm)
A1	2.81	2.25	138.18	46.61	48.63
A2	2.87	2.30	141.37	46.61	48.23
A3	3.39	2.71	166.88	46.15	48.21
A4	2.92	2.34	143.96	46.15	48.24
A5	2.84	2.28	140.00	46.02	48.45
A6	2.69	2.15	132.20	46.61	48.56
A7	2.50	2.00	123.26	46.63	48.43
A8	2.81	2.24	138.12	46.16	48.23
A9	2.50	2.00	123.26	46.06	48.21
B1	2.76	2.21	135.84	46.06	48.76
B2	3.26	2.61	160.41	46.01	48.12
B3	3.47	2.77	170.57	46.11	48.42
B4	3.45	2.76	169.72	46.11	48.23
B5	3.40	2.72	167.52	46.02	48.54
B6	3.24	2.59	159.49	46.62	48.23
B7	3.42	2.74	168.46	46.63	48.12
B8	3.44	2.75	169.16	46.16	48.34
B9	2.76	2.21	135.91	46.16	48.21
C1	2.77	2.21	136.13	46.16	48.12
C2	3.32	2.66	163.57	46.00	48.23
C3	3.38	2.71	166.51	46.00	48.21
C4	3.43	2.74	168.66	46.02	48.32
C5	3.41	2.73	167.92	46.20	48.24
C6	3.28	2.62	161.32	46.18	48.12
C7	3.47	2.77	170.74	46.16	48.44

As Kolom	Teff	0.8 Teff	DD	Displacement	
	(detik)	(detik)	(mm)	X (mm)	Y (mm)
C8	3.31	2.65	162.80	46.07	48.21
C9	2.77	2.21	136.20	46.08	48.21
D1	2.78	2.23	136.96	46.03	48.24
D2	2.98	2.39	146.90	46.04	48.54
D3	3.03	2.43	149.24	46.03	48.29
D4	2.89	2.31	142.35	46.05	48.76
D5	2.89	2.31	142.18	46.22	48.32
D6	3.03	2.42	149.08	46.34	48.54
D7	3.17	2.54	156.25	46.61	48.65
D8	3.00	2.40	147.56	46.35	48.23
D9	2.80	2.24	137.64	46.35	48.53
A6'	2.91	2.32	143.06	46.36	48.23
B6'	2.74	2.19	134.84	46.36	48.12

Perpindahan maksimum (DTM) dari *base isolation* dapat diketahui dengan pendekatan sebagai berikut : (Kelly, 2012)

$$DTM = 1,5 DT$$

$$\text{dimana } DT = 1,1 DD$$

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

Tabel 6. 20 Kontrol Perpindahan Maksimum HDRB

As Kolom	Displacement		DT	DTM	Keterangan
	X (mm)	Y (mm)	(mm)	(mm)	
A1	46.61	48.63	152.00	227.99	ok
A2	46.61	48.23	155.51	233.27	ok
A3	46.15	48.21	183.56	275.35	ok

As Kolom	Displacement		DT	DTM	Keterangan
	X (mm)	Y (mm)	(mm)	(mm)	
A4	46.15	48.24	158.35	237.53	ok
A5	46.02	48.45	154.01	231.01	ok
A6	46.61	48.56	145.42	218.13	ok
A7	46.63	48.43	135.59	203.38	ok
A8	46.16	48.23	151.94	227.90	ok
A9	46.06	48.21	135.59	203.38	ok
B1	46.06	48.76	149.42	224.13	ok
B2	46.01	48.12	176.45	264.68	ok
B3	46.11	48.42	187.63	281.45	ok
B4	46.11	48.23	186.70	280.04	ok
B5	46.02	48.54	184.28	276.41	ok
B6	46.62	48.23	175.44	263.16	ok
B7	46.63	48.12	185.31	277.97	ok
B8	46.16	48.34	186.08	279.12	ok
B9	46.16	48.21	149.50	224.25	ok
C1	46.16	48.12	149.74	224.61	ok
C2	46.00	48.23	179.92	269.89	ok
C3	46.00	48.21	183.16	274.73	ok
C4	46.02	48.32	185.53	278.30	ok
C5	46.20	48.24	184.71	277.07	ok
C6	46.18	48.12	177.45	266.18	ok
C7	46.16	48.44	187.82	281.73	ok
C8	46.07	48.21	179.08	268.62	ok
C9	46.08	48.21	149.82	224.74	ok
D1	46.03	48.24	150.66	225.99	ok
D2	46.04	48.54	161.59	242.38	ok
D3	46.03	48.29	164.17	246.25	ok

As Kolom	Displacement		DT	DTM	Keterangan
	X (mm)	Y (mm)	(mm)	(mm)	
D4	46.05	48.76	156.59	234.88	ok
D5	46.22	48.32	156.39	234.59	ok
D6	46.34	48.54	163.99	245.98	ok
D7	46.61	48.65	171.87	257.81	ok
D8	46.35	48.23	162.32	243.48	ok
D9	46.35	48.53	151.41	227.11	ok
A6'	46.36	48.23	157.36	236.05	ok
B6'	46.36	48.12	148.33	222.49	ok

6.4.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 12.5.6, simpangan antar lantai struktur di atas sistem isolasi tidak boleh melebihi $0,015h_x$.

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

$$\Delta_i = \frac{c_d \times \delta_{ei}}{I_e}$$

Δ_a = Batas simpangan

$$\Delta_a = 0.015h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian lantai yang ditinjau

I_e = 1 (sistem isolasi)

Perhitungan simpangan antar lantai arah X sebagai berikut :

$$\Delta_i = \frac{c_d \times \delta_{ei}}{I}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{2,5 \times (Lantai\ roof\ lift - Lantai\ Atap\ tangga)}{I_e}$$

$$\Delta_{atap} = \frac{2,5 \times (46,1 - 45)}{1} = 2,75\ mm$$

Perhitungan simpangan ijin sebagai berikut:

$$\Delta_a = 0,015h_{sx}$$

$$\Delta_a = 0,015 \times 1100 = 16,5 \text{ mm}$$

Tabel 6. 21 Kontrol Simpangan Antar Lantai HDRB

Lantai	Hx (mm)	δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Kontrol	
							Δx	Δy
Lt Roof	1100	44.09	28.39	2.16	5.29	16.5	Aman	Aman
Atap Tg	1100	44.95	30.51	2.62	13.73	16.5	Aman	Aman
BL	1500	46.00	36.00	16.17	21.16	22.5	Aman	Aman
LT atp	2800	52.47	44.46	5.20	5.38	42	Aman	Aman
15	2800	50.39	42.31	6.45	6.28	42	Aman	Aman
14	2800	47.81	39.80	7.35	6.95	42	Aman	Aman
13	2800	44.87	37.02	8.12	7.49	42	Aman	Aman
12	2800	41.62	34.02	8.85	8.00	42	Aman	Aman
11	2800	38.08	30.82	9.51	8.47	42	Aman	Aman
10	2800	34.27	27.43	10.10	8.87	42	Aman	Aman
9	2800	30.23	23.89	10.63	9.16	42	Aman	Aman
8	2800	25.98	20.22	10.78	9.22	42	Aman	Aman
7	2800	21.67	16.53	10.98	9.14	42	Aman	Aman
6	2800	17.28	12.88	10.72	8.75	42	Aman	Aman
5	2800	12.99	9.38	10.29	8.09	42	Aman	Aman
4	2800	8.87	6.14	9.37	7.03	42	Aman	Aman
3	2800	5.13	3.33	7.77	5.44	42	Aman	Aman
2	3200	2.02	1.15	5.05	2.88	48	Aman	Aman
Base	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Aman	Aman

BAB 7

PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS

7.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat lantai pada struktur Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik dibagi berdasarkan pembalokan, dengan pembebanan dihitung sesuai fungsi ruangan.

7.1.1 Pembebanan Pelat Lantai

1. Pelat Lantai 1-15

- Beban Mati (DL)

Berat sendiri pelat ($2400 \times 0,12$) = 288 kg/m^2

Berat mati tambahan (SD) :

Keramik	= $16,8 \text{ kg/m}^2$
Spesi 2 cm	= 42 kg/m^2
Plafond	= $6,5 \text{ kg/m}^2$
Ducting Plumbing	= 25 kg/m^2
<u>Electrical</u>	= 19 kg/m^2 +
Beban Mati Total (qD)	= $397,3 \text{ kg/m}^2$

- Beban Hidup (qL)

Beban hidup ruang arsip = 196 kg/m^2

- Kombinasi Pembebanan

$$Qu = 1.2qD + 1.6qL$$

$$= 1.2 (397,3 \text{ kg/m}^2) + 1.6 (196 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 790,36 \text{ kg/m}^2$$

2. Pelat Lantai Atap

- Beban Mati (DL)

Berat sendiri pelat ($2400 \times 0,10$) = 240 kg/m^2

- Berat mati tambahan (SD) :

Waterproof	= 7 kg/m ²
Plafond	= 6.5 kg/m ²
Ducting Plumbing	= 25 kg/m ²
<u>Instalasi listrik</u>	= 19 kg/m ² +
Beban Mati Total (qD)	= 297.5 kg/m ²

Beban Hidup (qL)

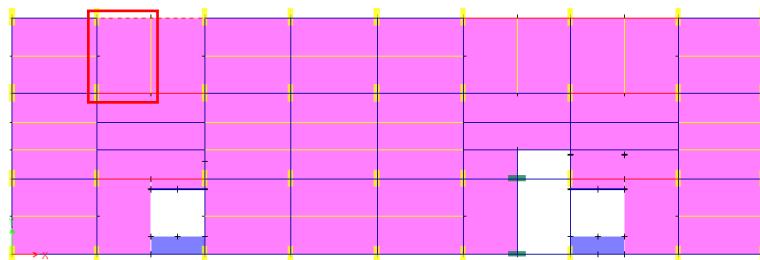
Beban hidup atap	= 96 kg/m ²
<u>Beban air hujan</u>	= 29,4 kg/m ² +
Beban HidupTotal (qL)	= 125,4 kg/m ²

Kombinasi Pembebatan

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2qD + 1.6qL \\ &= 1.2 (297.5 \text{ kg/m}^2) + 1.6 (125,4 \text{ kg/m}^2) \\ &= 557.64 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

7.1.2 Pelat 2 Arah

Pada analisis perhitungan pelat dua arah yang ditinjau adalah pelat dengan dimensi 2800 x 3900 mm di lantai 2. Selebihnya akan dilakukan rekapitulasi.



Gambar 7. 1 Denah pelat yang ditinjau

a. Data Perencanaan :

- Tipe Pelat = P2
- Lx = 2,8 m
- Ly = 3,9 m
- B B1 = 25 cm
- B B2 = 25 cm
- B B3 = 15 cm
- Ln = 3,65 m
- Sn = 2,6 m
- Fc' = 24,9 Mpa
- Fy = 500 Mpa
- β_1 = 0,8
- b = 1 m
- h = 0,12 m
- ρ_{susut} = 0.002 (SNI 2847, Pasal 7.12.2.1)
- $\phi_{tul.lentur}$ = 0.01 m
- $\phi_{tul.susut}$ = 0.01 m
- decking = 0.02
- dx = 0.095
- dy = 0.085

b. Cek Jenis Pelat

Jenis pelat dicek untuk mengetahui pelat yang ditinjau tergolong pelat satu arah atau dua arah melalui syarat berikut.

$$\frac{L_n}{S_n} < 2$$

$$\frac{3,65}{2,6} < 2$$

1,4 < 2 (*Pelat 2 arah*)

c. Momen Pada Pelat

Tabel 7. 1 Koefisien Momen Pelat

Tipe Pelat	Momen	ly / lx									
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
I	$M_{lx} = +0.001 q_{lx}^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97
	$M_{ly} = +0.001 q_{lx}^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38
II	$M_{lx} = +0.001 q_{lx}^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40
	$M_{ly} = +0.001 q_{lx}^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12
	$M_{tx} = +0.001 q_{lx}^2 X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83
	$M_{ty} = +0.001 q_{lx}^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57

(Tabel 13.3.1 PBI 71)

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan X} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 790,36 (2,8)^2 \times 34 \\
 &= 210.678 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan X} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 790,36 (2,8)^2 \times 73 \\
 &= 452,339 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lapangan y} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 790,36 (2,8)^2 \times 18 \\
 &= 111,536 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan Y} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 790,36 (2,8)^2 \times 57 \\
 &= 353,196 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{500 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,9 \text{ MPa}} = 23,63$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{500} = 0,0028$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 24,9 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 500 \text{ MPa}} \right) \\
 &= 0,014
 \end{aligned}$$

d. Penulangan Pelat

1.) Arah X

• **Tumpuan X**

$$Mu = 495,47 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{495,47 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 4928810 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd_x^2} = \frac{4928810 \text{ Nmm}}{1000mm \times (95 \text{ mm})^2} = 0.56 \frac{N}{mm^2}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{23,62} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 23,62 \times \left(0,56 \frac{N}{mm^2} \right)}{500 \frac{N}{mm^2}} \right)} \right) \\ &= 0,0011\end{aligned}$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0028 > 0,0011 < 0,014 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,0028$

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

$$As \ perlu = 0,0028 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As \ perlu = 266 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{263.2 \text{ mm}^2}$$

$$= 295.26 \text{ mm}$$

Karena $S > S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan $A_s \text{ perlu} = 266 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D10.
Sehingga tulangan pakai = D10 - 200 dengan $A_s \text{ pakai} = 392,7 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$266 \text{ mm}^2 < 392,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

- **Lapangan X**

$$Mu = 210,67 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{210,67 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 2295610 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{2295610 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0.25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$= \frac{1}{23.62} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 23,62 \times \left(0,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,000512$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0028 > 0,00025 < 0,014 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,0028$

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

$$A_s \text{ perlu} = 0,0028 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 266 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq 2h \\ &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{263,2 \text{ mm}^2} \\ &= 295,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $S > S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan $A_s \text{ perlu} = 266 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D10.

Sehingga tulangan pakai = D10 - 200 dengan
 $A_s \text{ pakai} = 392,7 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$266 \text{ mm}^2 < 392,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

2.) Arah Y

• Tumpuan Y

$$Mu = 351,196 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{351,196 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 3848523 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd_x^2} = \frac{3848523 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (85\text{mm})^2} = 0.53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{23,62} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 23,62 \times \left(0,53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,0011\end{aligned}$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0028 > 0,0011 < 0,014 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho_{paka} = \rho_{min} = 0,0028$

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

$$As \ perlu = 0,0028 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As \ perlu = 266 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{263,2 \text{ mm}^2} \\
 &= 295,26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena $S > S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan $A_s \text{ perlu} = 266 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D10. Sehingga tulangan pakai = D10 - 200 dengan $A_s \text{ pakai} = 392,7 \text{ mm}^2$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$
 $266 \text{ mm}^2 < 392,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

- **Lapangan Y**

$$\begin{aligned}
 Mu &= 111.546 \text{ kgm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{111.536 \text{ kgm}}{0,9} \\
 &= 1215323 \text{ Nmm} \\
 Rn &= \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{1215323 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{23,62} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 23,62 \times \left(0,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00038
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0028 > 0,00038 < 0,014 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,0028$

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

$$As\ perlu = 0,0028 \times 1000\ mm \times 95\ mm$$

$$As\ perlu = 266\ mm^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120\ mm$$

$$\leq 240\ mm$$

Dipakai tulangan $\phi 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s\ perlu}$$
$$= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10\ mm)^2 \cdot 1000\ mm}{263,2\ mm^2}$$
$$= 295,26\ mm$$

Karena $S > S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200\ mm$

Dengan $A_s\ perlu = 266\ mm^2$, dipakai tulangan $D10$.

Sehingga tulangan pakai = $D10 - 200$ dengan
 $A_s\ pakai = 392,7\ mm^2$

$$A_s\ perlu < A_s\ pakai$$

$$266\ mm^2 < 392,7\ mm^2 \quad (\text{OK})$$

e. Tulangan Susut

Sesuai dengan SNI 7.12..2.1 , Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan 240 Mpa digunakan $\rho_{susut} = 0,002$

$$\rho_{susut} = 0.002$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ susut perlu} &= \rho_{susut} \times h \times b \\&= 0,002 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\&= 240\end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 5h \text{ atau } S_{max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

(SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)

Dipakai tulangan Ø10mm

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ susut}} \\&= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \times 1000 \text{ mm}}{180 \text{ mm}^2} \\&= 436,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 436,33 \text{ mm} < S_{max} = 450 \text{ mm} \rightarrow S_{pakai} = 250 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 250 mm

$$\begin{aligned}A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\&= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \\&= 436,33 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 314,16 \text{ mm}^2 > 180 \text{ mm}^2$$

(OK)

f. Rekapitulasi perhitungan pelat 2 arah

Tabel 7. 2 Rekapitulasi Penulangan Pelat 2 arah

Arah X			Arah Y		
Tumpuan	Lapangan	Susut	Tumpuan	Lapangan	Susut
D10-200	D10-200	Ø10-250	D10-200	D10-200	Ø10-250

7.1.3 Pelat 1 Arah

Untuk pelat satu arah, perhitungan gaya dalam mengacu SNI 2847:2013 pasal 8.3.3. Perhitungan pelat yang ditinjau adalah pada plat lantai dengan ukuran 1950 x 4500 mm di lantai 2. Selebihnya akan di rekapitulasi.



a. Data pembebeaan

- Beban Mati (DL)

Berat sendiri pelat ($2400 \text{ kg} \times 0,12$) = 288 kg/m^2

Berat mati tambahan (SD) :

Keramik = $16,8 \text{ kg/m}^2$

Spesi 2 cm = 42 kg/m^2

Plafond = $6,5 \text{ kg/m}^2$

Ducting Plumbing = 25 kg/m^2

Electrical = 19 kg/m^2 +

Beban Mati Total (qD) = $397,3 \text{ kg/m}^2$

- Beban Hidup (qL)
Beban hidup ruang arsip = 196 kg/m^2
- Kombinasi Pembebatan

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2qD + 1.6qL \\ &= 1.2 (397,3 \text{ kg/m}^2) + 1.6 (196 \text{ kg/m}^2) \\ &= 790.36 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

b. Data Perencanaan

- Tipe Pelat = P2
- L_x = 1,95 m
 - L_y = 4,5 m
 - B_{B1} = 25 cm
 - B_{B2} = 25 cm
 - B_{B3} = 15 cm
 - L_n = 4,25 m
 - S_n = 1,75 m
 - $F_{c'}$ = 24,9 Mpa
 - F_y = 500 Mpa
 - β_1 = 0,8
 - b = 1 m
 - h = 0,12 m
 - ρ_{susut} = 0,002 (SNI 2847, Pasal 7.12.2.1)
 - $\emptyset_{tul.lentur}$ = 0,01 m
 - $\emptyset_{tul.susut}$ = 0,01 m
 - decking = 0,02
 - d_x = 0,095
 - d_y = 0,085

c. Cek Jenis Pelat

Jenis pelat dicek untuk mengetahui pelat yang ditinjau tergolong pelat satu arah atau dua arah melalui syarat berikut.

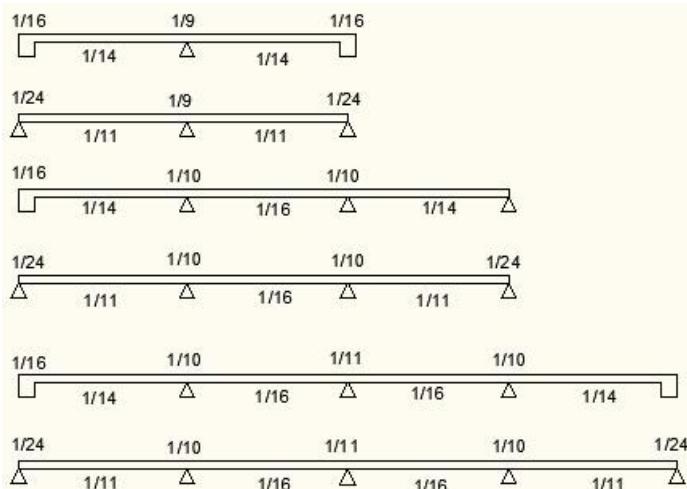
$$\frac{L_n}{S_n} > 2$$

$$\frac{4,25 \text{ m}}{1,75 \text{ m}} > 2$$

$$2,43 > 2 \quad (\textbf{Pelat 1 Arah})$$

Sehingga termasuk dalam pelat 1 arah

d. Momen Pada Pelat



Gambar 7. 2 Koefisien Momen Pelat Satu Arah

$$\begin{aligned}
 M_{\text{Lapangan}} &= \frac{1}{16} \times q \times lx^2 \\
 &= \frac{1}{16} \times 790,36 \frac{kg}{m^2} \times (1,95m)^2 \\
 &= 187,83 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan kiri} &= \frac{1}{10} \times q \times lx^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 790,36 \frac{kg}{m^2} \times (1,95 m)^2 \\
 &= 300,53 kgm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan kanan} &= \frac{1}{10} \times q \times lx^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 790,36 \frac{kg}{m^2} \times (1,95 m)^2 \\
 &= 300,53 kgm
 \end{aligned}$$

e. Penulangan Pelat

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{500 MPa}{0,85 \times 24,9 MPa} = 23,63$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{500} = 0,0028$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= \frac{0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
 &= \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 24,9 MPa}{500 MPa} \left(\frac{600}{600 + 500 MPa} \right) \\
 &= 0,014
 \end{aligned}$$

- **Tumpuan**

$$Mu = 187,83 kgm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{187,83 kgm}{0,9}$$

$$= 2046691 Nmm$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd_x^2} = \frac{2046691 Nmm}{1000mm \times (95mm)^2} = 0,227 \frac{N}{mm^2}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{23.62} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 23,62 \times (0,227 \frac{N}{mm^2})}{500 \frac{N}{mm^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00046
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0028 > 0,00046 < 0,014 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,0028$

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

As perlu = $0,0028 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$

As perlu = 266 mm^2

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 2h \\
 &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\
 &\leq 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{263,2 \text{ mm}^2} \\
 &= 295,26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena $S > S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan A_s perlu = 266 mm², dipakai tulangan D10.

Sehingga tulangan pakai = D10 - 200 dengan
 A_s pakai = 392,7 mm²

A_s perlu < A_s pakai

266 mm² < 392,7 mm² (OK)

- **Lapangan**

$$Mu = 300.534 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{300,534 \text{ kgm}}{0,9} \\ = 3274706 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd_x^2} = \frac{3274706 \text{ Nmm}}{1000mm \times (95 \text{ mm})^2} = 0.36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.R_n}{f_y} \right)} \right) \\ = \frac{1}{23,62} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 23,62 \times (0,36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})}{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ = 0,000732$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0028 > 0,00073 < 0,014 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,0028$

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

$$As \text{ perlu} = 0,0028 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 266 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$\begin{aligned}S_{max} &\leq 2h \\&\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\&\leq 240 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\&= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{263.2 \text{ mm}^2} \\&= 295.26 \text{ mm}\end{aligned}$$

Karena $S > S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan $A_s \text{ perlu} = 266 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D10.

Sehingga tulangan pakai = D10 - 200 dengan $A_s \text{ pakai} = 392,7 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &< A_s \text{ pakai} \\266 \text{ mm}^2 &< 392,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

f. Tulangan Susut

Sesuai dengan SNI 7.12.2.1, Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan 240 Mpa digunakan $\rho_{susut} = 0,002$

$$\begin{aligned}A_s \text{ susut perlu} &= \rho_{susut} \times h \times b \\&= 0,002 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\&= 240\end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 5h \text{ atau } S_{max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ susut}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \times 1000 \text{ mm})}{240 \text{ mm}^2} \\
 &= 327,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 327,25 \text{ mm} < S_{max} = 450 \text{ mm} \rightarrow S_{pakai} = 250 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 250 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \\
 &= 314,16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ perlu}} = 314,16 \text{ mm}^2 > 240 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

g. Rekapitulasi Perhitungan Pelat

Tabel 7. 3 Rekapitulasi Pelat Lantai Satu arah

Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Susut
D10-200	D10-200	Ø10-250

7.2 Pelat Tangga

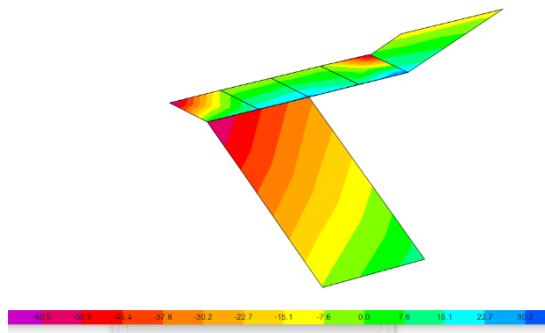
Pada struktur tangga, tangga dimodelkan bersama struktur utama kemudian diambil output gaya dalam yang bekerja untuk dipakai dalam perhitungan penulangan. Tangga yang ditinjau dalam perhitungan ini adalah tangga tipe 1 selebihnya hasil penulangan disajikan dalam tabel rekapitulasi.

a. Data Perencanaan

- Mutu Beton : = 24,9 MPa
- Mutu Baja tulangan Ulin (f_y) = 400 MPa
- Mutu Baja Tulangan Polos (f_y) = 240 Mpa
- Diameter Tulangan = D 13
- Tebal Selimut = 20 mm
- Tebal Pelat = 150 mm
- β_1 = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) = 0,9

b. Analisa Struktur Gaya Dalam

Pada perhitungan gaya dalam pelat tangga, diambil nilai momen yang terbesar. Diambil momen 2-2 untuk arah X dan momen 1-1 untuk arah Y sebagai berikut



Gambar 7. 3 Momen Pelat Tangga

Tabel 7. 4 Momen Terbesar Pelat Tangga

Momen 1-1 (kN.m)	Momen 2-2 (kN.m)
25,9	63,4

c. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

1. Tulangan Arah Melintang

$$M_u = 63400000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{66300000}{0,9} = 70444444 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25,9 \text{ MPa}} = 18,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{70444444 \text{ Nmm}}{1000 \times 102^2} = 6,77 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,80 \times 24,9 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,019$$

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

$$\rho = \frac{1}{18,9} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,9 \times 6,77}{400}} \right) = 0,0211$$

Karena $\rho_{min} < \rho > \rho_{max}$, maka dipakai $\rho_{max} = 0,019$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{sp} = \rho \times b \times d$$

$$A_{sp} = 0,019 \times 1000 \times 102 = 1942,947 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan :

$$\text{D19-125} \rightarrow A_{pk} = 2362,75 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{pk} > A_{sp}$$

$$2362,75 \text{ mm}^2 > 1942,947 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

2. Tulangan Arah Memanjang

$$M_u = 25900000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{25900000}{0,9} = 28777778 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25,9 \text{ MPa}} = 18,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{28777778 \text{ Nmm}}{1000 \times 121^2} = 1,96 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,80 \times 24,9 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,019$$

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

$$\rho = \frac{1}{18,9} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,9 \times 1,96}{400}} \right) = 0,0052$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka dipakai $\rho = 0,052$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s^{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 0,052 \times 1000 \times 121 = 625,098 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan :

$$\mathbf{D16-125} \rightarrow A_s^{\text{pakai}} = 1675,2 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_s^{\text{pakai}} > A_s^{\text{perlu}}$$

$$1675,2 \text{ mm}^2 > 625,098 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

d. Rekapitulasi Perhitungan Pelat Tangga

Tabel 7. 5 Rekapitulasi Pelat Tangga

Tulangan Arah Melintang	Tulangan Arah Memanjang
D19-125	D16-125

7.3 Pelat Bordes

Pada struktur bordes tangga, dimodelkan bersama struktur utama kemudian diambil output gaya dalam yang bekerja untuk dipakai dalam perhitungan penulangan. Tangga yang ditinjau dalam perhitungan ini adalah tangga tipe 1 selebihnya hasil penulangan disajikan dalam tabel rekapitulasi.

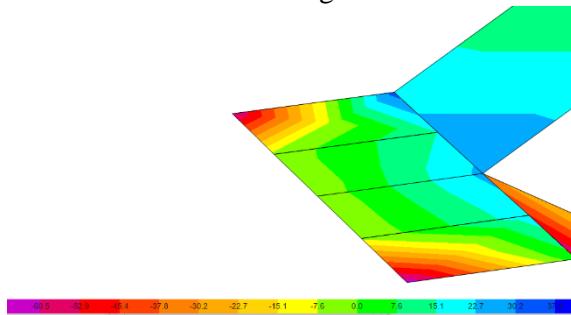
a. Data Perencanaan

- Mutu Beton : $= 24,9 \text{ MPa}$
- Mutu Baja tulangan Ulin (f_y) $= 400 \text{ MPa}$
- Mutu Baja Tulangan Polos (f_y) $= 240 \text{ Mpa}$

- Diameter Tulangan = D 19
- Tebal Selimut = 20 mm
- Tebal Pelat = 150 mm
- β_1 = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) = 0,9

b. Analisa Struktur Gaya Dalam

Pada perhitungan gaya dalam pelat tangga, diambil nilai momen yang terbesar. Diambil momen 2-2 untuk arah X dan momen 1-1 untuk arah Y sebagai berikut



Gambar 7. 4 Momen Pelat Tangga

Gambar 7. 5 Momen Terbesar Pelat Tangga

Momen 1-1 (kN.m)	Momen 2-2 (kN.m)
21,4	66,04

c. Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

1. Tulangan Arah Melintang

$$M_u = 66040000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{660400000}{0,9} = 73377778 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25,9 \text{ MPa}} = 18,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{7337778 \text{ Nmm}}{1000 \times 102^2} = 7,05 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,80 \times 24,9 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,019$$

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

$$\rho = \frac{1}{18,9} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,9 \times 7,05}{400}} \right) = 0,0223$$

Karena $\rho_{min} < \rho > \rho_{max}$, maka dipakai $\rho_{max} = 0,019$

Maka luas tulangan perlu:

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,019 \times 1000 \times 102 = 1942,947 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan :

$$\mathbf{D19-125} \rightarrow A_{s_{pakai}} = 2362,75 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{spakai} > A_{sperlu}$$

$$2362,75 \text{ mm}^2 > 1942,947 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

2 .Tulangan Arah Memanjang

$$M_u = 21400000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{21400000}{0,9} = 23777778 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25,9 \text{ MPa}} = 18,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{23777778 \text{ Nmm}}{1000 \times 121^2} = 1,62 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,80 \times 24,9 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,019$$

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

$$\rho = \frac{1}{18,9} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,9 \times 1,62}{400}} \right) = 0,0043$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, maka dipakai $\rho = 0,043$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_{sperlu} = 0,043 \times 1000 \times 121 = 511.727 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan :

$$\text{D16-125} \rightarrow A_{\text{pakai}} = 1675,2 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

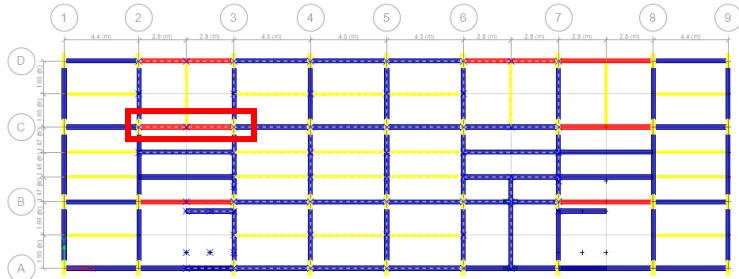
$$A_{\text{pakai}} > A_{\text{perlu}}$$
$$1675,2 \text{ mm}^2 > 625,098 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

d. Rekapitulasi Perhitungan Pelat Bordes

Tabel 7. 6 Rekapitulasi Pelat Tangga

Tulangan Arah Melintang	Tulangan Arah Memanjang
D19-125	D16-125

7.4 Struktur Balok



Gambar 7. 6 Denah Pembalokan B2 yang ditinjau

Perhitungan kebutuhan tulangan balok dapat diketahui berdasarkan momen balok terbesar dari hasil analisis menggunakan program bantu ETABS 16. Berikut merupakan tahapan perhitungan penulangan balok menggunakan metode

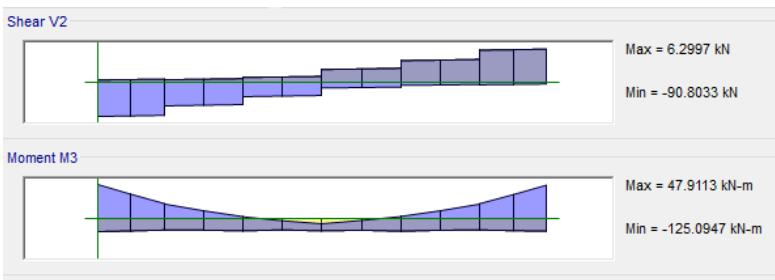
Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) pada balok tipe B1. Perhitungan balok selanjutnya, akan direkapitulasi dalam tabel.

7.4.1 Data Perencanaan

- Tipe Balok : B1
- Bentang balok : 5600 mm
- Lebar balok (B) : 250 mm
- Tinggi balok (H) : 500 mm
- Mutu beton (f_c') : 24,9 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur : 500 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir : 240 Mpa
- Diameter tulangan : 16 mm
- Diameter tulangan geser : 10 mm
- Diameter tulangan puntir : 10 mm
- Spasi antara tulangan sejajar : 25 mm
- Tebal selimut : 40 mm
- Faktor β_1 : 0,8
- Faktor reduksi lentur : 0,9
- Faktor reduksi geser : 0,75
- Faktor reduksi torsi : 0,75

7.4.2 Analisis Struktur Gaya Dalam

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS 2016, diketahui momen terbesar balok tipe B1 terjadi pada frame gambar 7.6. Berikut gaya dalam yang terjadi pada struktur balok hasil analisis struktur pada permodelan dengan kombinasi Envelope



Gambar 7. 7 Output Momen dan Gaya Geser Maksimal

Tabel 7. 7 Rekap output gaya dalam

Gaya Dalam	Gaya (kN.mm)	
	Tumpuan	Lapangan
Momen	125,09	42,38
Geser	90,80	60,91
Torsi		20,70

7.4.3 Perhitungan Tulangan Torsi

a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{V_U}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_U \times P_h}{1.7 \times A_{oh}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0.66 \sqrt{f_c} \right)$$

Torsi maksimum pada elemen B1:

$$T_U = 20,7 \text{ kN.m} = 20700000 \text{ N.mm}$$

$$b_h = b - 2 \cdot \text{decking} - D. \text{sengkang}$$

$$b_h = 250 - 2 \cdot 40 - 10 = 160 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot \text{decking} - D. \text{sengkang}$$

$$h_h = 500 - 2 \cdot 40 - 10 = 410 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$P_h = 2 \times (b \text{ balok} - 2d - 2\phi) + 2 \times (h \text{ balok} - 2d - 2\phi)$$

$$= 2 \times (250 - 80 - 20) + 2 \times (400 - 40 - 20) \\ = 1100 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2d - 2\phi) \times (h_{balok} - 2d - a) \\ = (250 - 80 - 20) \times (500 - 80 - 20) \\ = 60000 \text{ mm}^2$$

- b. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_U \leq T_{U_{min}}$$

$$T_U \leq \phi \times 0.083 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right)$$

Dimana:

A_{CP} = Luas penampang keseluruhan

P_{CP} = Keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

ϕ = 0.75 (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir :

$$A_{CP} = b \times h = 250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 125.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{CP} = 2 \times (b + h) = 2 \cdot (250 \text{ mm} + 500 \text{ mm}) = 1500 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $T_{U_{min}}$:

$$T_{U_{min}} = 0.75 \times 0.083 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left(\frac{125.000^2}{1500} \right)$$

$$T_{U_{min}} = 3235696,6 \text{ N. mm}$$

$$T_U = 20700000 \text{ N. mm}$$

$20.700.000 \text{ N. mm} > 3.235.696.6 \text{ N. mm}$, maka diperlukan tulangan torsi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.2.2, nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$T_{U_{\max}} = 0.75 \times 0.330 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right)$$

$$T_{U_{\max}} = 0.75 \times 0.330 \times 1 \times \sqrt{24.9} \times \left(\frac{125000^2}{1500} \right)$$

$$T_{U_{\max}} = 12864818 \text{ N. mm}$$

Karena nilai $T_U > T_{U_{\max}}$ maka nilai $T_U = 12864818 \text{ N.mm}$

- c. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi transversal Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0,85A_{oh} = 51000 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_T \times f_{yt}}{s} \times \cot\theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_U}{\emptyset \times 2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot\theta}$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{12854818}{\emptyset \times 2 \times 51000 \times 500 \times 1}$$

$$\frac{A_T}{s} = 0,7 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- d. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi:
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A\ell = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A\ell = 0,7 \cdot 1100 \left(\frac{240}{500} \right) \cdot 1 = 369,96 \text{ mm}^2$$

Cek nilai $A\ell_{min}$ dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f_c} \times A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \right)$$

Maka nilai $A\ell_{min} =$

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{24,9} \text{ MPa} \times 125000 \text{ mm}^2}{500 \text{ MPa}} \right) - \left(0,7 \text{ mm} \times 1100 \text{ mm} \times \frac{240 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \right)$$

$$A\ell_{min} = 153,98 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan $A\ell$ dengan 2 kondisi yakni

$A\ell_{perlu} \leq A\ell_{min}$ Maka menggunakan $A\ell_{min}$

$A\ell_{perlu} \geq A\ell_{min}$ Maka menggunakan $A\ell_{perlu}$

Maka :

$$A\ell_{perlu} \leq A\ell_{min}$$

$$369,96 \text{ mm}^2 \leq 153,98 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan nilai $A\ell$ sebesar $369,96 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok, sehingga :

$$\frac{A\ell}{4} = \frac{369,96 \text{ mm}^2}{4} = 92,49 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $274,584 \text{ mm}^2$. Sedangkan pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang tulangan puntir dengan luasan sebesar :

$$A_{\text{perlu}} = 2 \times \frac{A\ell}{4} = 184,98 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan torsi perlu :

$n = 3$ dengan diameter 10 mm

Kontrol :

$$A\ell_{\text{pasang}} \geq A\ell_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned} A\ell_{\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 3 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 235,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$A\ell_{\text{pasang}} \geq A\ell_{\text{perlu}}$$

$$235,61 \text{ mm}^2 > 184,98 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Sehingga tulangan puntir di tumpuan kiri, kanan, dan lapangan dipasang **3 D10**.

7.4.4 Perhitungan Tulangan Longitudinal

➤ Area Tumpuan

1. Garis Netral Dalam Kondisi Balance

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

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 444$$

$$X_b = 242,18 \text{ mm}$$

2. Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 242,18 \\ &= 181,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Garis Netral Minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$X_{\min} = 62,5 \text{ mm}$$

4. Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 125 \text{ mm}$$

5. Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C_c' = 0,85 \times 24,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 500 \text{ mm} \times 0,8 \times 125 \text{ mm}$$

$$C_c' = 529125 \text{ N}$$

6. Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Tunggal

$$A_s = \frac{C_c'}{f_y}$$

$$A_s = \frac{529125 \text{ N}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$A_s = 1058.25 \text{ mm}^2$$

7. Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

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

$$M_{nc} = 1058,2 \text{ mm}^2 \times 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(444 \text{ mm} - \frac{0,8 \times 125}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 208475250 \text{ Nmm}$$

8. Momen Lentur Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{125090000}{0,9} = 138988889 \text{ Nmm}$$

Cek Penulangan Rangkap

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap dengan syarat sebagai berikut :

- $M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan
- $M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

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

$$M_{ns} = 138988889 - 208475250$$

$$M_{ns} = -69486361 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga **tidak perlu** dihitung tulangan lentur tekan, akan tetapi tetap diperhitungkan.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{500 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,9 \text{ MPa}} = 23,62$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{138988889 \text{ Nmm}}{0,9 \times 240 \times 444^2} = 3,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{500} = 0,0028$$

$$\rho_{\max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 25,9 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 500 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,014$$

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

$$\rho = \frac{1}{23,62} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,62 \times 3,13}{500}} \right) = 0,0068$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka dipakai $\rho = 0,0068$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s^{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 0,0068 \times 250 \times 444 = 756,55 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Pasang

Luasan tulangan lentur ditambah luasan puntir :

$$A_s^{\text{perlu}} = A_s^{\text{perlu}} + \frac{A\ell}{4}$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 756,55 \text{ mm}^2 + 92,49 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 849,03 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan tarik **5 D 16**.

$$A_s^{\text{pasang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times n$$

$$A_s^{\text{pasang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 5$$

$$As_{pasang} = 1005,3 \text{ mm}^2$$

Kontrol Tulangan Tarik :

$$As_{pasang} \geq As_{perlu}$$

$$1005,3 \text{ mm}^2 > 849,03 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Maka dipasang tulangan tekan :

$$As'_{perlu} = 30\% As$$

$$As'_{perlu} = 30\% \times 849,03 \text{ mm}^2$$

$$As'_{perlu} = 301,59 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan tekan **2 D16**.

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times n$$

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 2$$

$$As_{pasang} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Tulangan Tekan :

$$As_{pasang} \geq As_{perlu}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 > 301,59 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Kontrol Spasi Tulangan Tulangan tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{ geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{5 - 1}$$

$$S_{maks} = 13 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

13 mm < 25 mm (**DUA LAPIS**)

Tulangan tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$
$$S_{\text{maks}} = \frac{240 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 118 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

118 mm > 25 mm (**SATU LAPIS**)

Kontrol Kemampuan Penampang

Karena tulangan tarik dipasang 2 lapis maka d mengalami perubahan nilai sehingga harus dicek terlebih dahulu :

$$d_{\text{aktual}} = h - dec - \emptyset_{\text{geser}} - \emptyset_{\text{lentur}} - 0.5s$$

$$d_{\text{aktual}} = 800 - 40 - 10 - 16 - (0.5 \times 40)$$

$$d_{\text{aktual}} = 414 \text{ mm}$$

$$\phi M_{\text{npasang}} > M_u$$

$$A_s \text{pasang tulangan tarik } \mathbf{5 D 16} = 1005,3 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b}$$

$$a = \frac{1005,3 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,9 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 47,45 \text{ mm}$$

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

$$M_n = 1005,3 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ MPa} \left(414 \text{ mm} - \frac{45,66 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 211241020 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 190116918 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n,pasang} > M_u$$

$$190116918 \text{ Nmm} > 138988888 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan tulangan lentur area tumpuan balok tipe B1 sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik **2 lapis** = 5 D16

Tulangan lentur tekan **1 lapis** = 2 D16

➤ Area Lapangan

1. Garis Netral Dalam Kondisi Balance

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

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 444$$

$$X_b = 242,18 \text{ mm}$$

2. Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 242,18 \\ &= 181,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Garis Netral Minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$X_{\min} = 62,5 \text{ mm}$$

4. Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 125 \text{ mm}$$

5. Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_{c'} \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C_c' = 0,85 \times 24,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 500 \text{ mm} \times 0,8 \times 125 \text{ mm}$$

$$C_c' = 529125 \text{ N}$$

6. Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Tunggal

$$A_s = \frac{C_c'}{f_y}$$

$$A_s = \frac{529125 \text{ N}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$A_s = 1058,25 \text{ mm}^2$$

7. Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1058,2 \text{ mm}^2 \times 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(444 \text{ mm} - \frac{0,8 \times 125}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 208475250 \text{ Nmm}$$

8. Momen Lentur Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{42380000}{0,9} = 47088889 \text{ Nmm}$$

Cek Penulangan Rangkap

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap dengan syarat sebagai berikut :

- $M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan
- $M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

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

$$M_{ns} = 57088889 - 208475250$$

$$M_{ns} = -161386361.1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga **tidak perlu** dihitung tulangan lentur tekan, akan tetapi tetap diperhitungkan.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{500 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,9 \text{ MPa}} = 23,62$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{47088888,89 \text{ Nmm}}{0,9 \times 240 \times 444^2} = 1,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{500} = 0,0028$$

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 25,9 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 500 \text{ MPa}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,014$$

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

$$\rho = \frac{1}{23,62} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,62 \times 1,06}{500}} \right) = 0,0021$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{max}$, maka dipakai $\rho_{min} = 0,0028$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s_{perlu} = 0,0028 \times 250 \times 444 = 310,8 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Pasang

Luasan tulangan lentur ditambah luasan puntir :

$$A_s_{perlu} = A_s_{perlu} + \frac{A\ell}{4}$$

$$As_{perlu} = 310,8 \text{ mm}^2 + 92,49 \text{ mm}^2$$

$$As_{perlu} = 403,29 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan tarik **3 D 16**.

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times n$$

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 3$$

$$As_{pasang} = 603,18 \text{ mm}^2$$

Kontrol Tulangan Tarik :

$$As_{pasang} \geq As_{perlu}$$

$$603,18 \text{ mm}^2 > 403,29 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Maka dipasang tulangan tekan :

$$As'_{perlu} = 30\% As$$

$$As'_{perlu} = 30\% \times 603,18 \text{ mm}^2$$

$$As'_{perlu} = 180,955 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan tekan **2 D16**.

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times n$$

$$As_{pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 2$$

$$As_{pasang} = 402.12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Tulangan Tekan :

$$A_s_{\text{pasang}} \geq A_s_{\text{perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 > 180,95 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Kontrol Spasi Tulangan Tulangan tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$
$$S_{\text{maks}} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1}$$
$$S_{\text{maks}} = 33 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

$$33 \text{ mm} < 25 \text{ mm} (\text{SATU LAPIS})$$

Tulangan tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$
$$S_{\text{maks}} = \frac{240 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$
$$S_{\text{maks}} = 118 \text{ mm}$$
$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} > 25 \text{ mm} (\text{SATU LAPIS})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

Karena tulangan tarik dipasang 2 lapis maka d mengalami perubahan nilai sehingga harus dicek terlebih dahulu :

$$d_{\text{aktual}} = h - dec - \emptyset_{\text{geser}} - 0.5 \emptyset_{\text{lentur}}$$

$$d_{\text{aktual}} = 800 - 40 - 10 - (0.5 \times 16)$$

$$d_{\text{aktual}} = 442 \text{ mm}$$

$$\phi M_{n\text{pasang}} > M_u$$

$$A_{s\text{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3 D 16} = 603,18 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{603,18 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ MPa}}{0,85 \times 25,9 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 28,5 \text{ mm}$$

$$M_n = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 603,18 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ MPa} \left(442 \text{ mm} - \frac{28,5 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 129172409.5 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 116255168.6 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n\text{pasang}} > M_u$$

$$116255168.6 \text{ Nmm} > 47088888 \text{ Nmm} \quad (\mathbf{OK})$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan tulangan lentur area tumpuan balok tipe B1 sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik **1 lapis** **= 3 D16**

Tulangan lentur tekan **1 lapis** **= 2 D16**

7.4.5 Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser tumpuan balok menggunakan gaya geser terfaktor terbesar yang didapat dari ETABS 2016 dari kombinasi envelope.

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{24,9} \text{ MPa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$4,98 \text{ MPa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

- Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dengan:

$$\lambda = 1, \text{ untuk beton normal}$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{24,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250 \text{ mm} \times 444 \text{ mm}$$

$$V_c = 9416.111 \text{ N}$$

- Kuat Tualngan Geser

$$Vs_{\min} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$Vs_{\min} = \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 444 \text{ mm}$$

$$Vs_{\min} = 37000 \text{ N}$$

$$Vs_{\max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$Vs_{\max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{24,9 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 444 \text{ mm}$$

$$Vs_{\max} = 184629,6 \text{ N}$$

$$2Vs_{\max} = 2 \times 184629 \text{ N}$$

$$2Vs_{\max} = 369259,3 \text{ N}$$

➤ Area Tumpuan

$$V_u = 90800 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

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

$$90800 \text{ N} > 35310,42 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

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

$$3531,04 \text{ N} < 90800 \text{ N} > 70620,08 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Tulangan geser minimum

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\min})$$

$$7062,08 \text{ N} < 90800 \text{ N} < 98370,83 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

4. Kondisi Geser 4 → Memerlukan tulangan geser

$$\phi(V_c + V_{s\min}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\max})$$

$$98370,83 \text{ N} \leq 90800 \text{ N} \leq 145534,3 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4.

$$V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = 90800 - (0,75 \times 9416,11)$$

$$V_s = 83737,92 \text{ N}$$

Dikarenakan nilai $V_s > V_{s\min}$, maka dipakai nilai $V_s = 83737,92 \text{ N}$.

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{444}{2} = 222 \text{ mm}$$

Direncanakan $S_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$

Luas penampang geser :

$$Av = \frac{b \times s}{fyt \times 3} = \frac{250 \times 100}{240 \times 3} = 34,72 \text{ mm}^2$$

$$\frac{At}{s} = 0,7$$

$$At = 0,7 \times 100 = 70 \text{ mm}^2$$

Maka $A_{V\text{perlu}}$

$$A_{V\text{perlu}} = Av + (2 \times At)$$

$$A_{V\text{perlu}} = 34,72 + (2 \times 70)$$

$$A_{V\text{perlu}} = 174,72 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D0 dengan 3 kaki. Maka luas penampang tulangan geser rencana:

$$A_{V\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n_{\text{kaki}}$$

$$A_{V\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 3$$

$$A_{V\text{pakai}} = 235,61 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$A_{V\text{pakai}} \geq A_{V\text{perlu}}$$

$$235,61 \text{ mm}^2 > 174,72 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai **D10 - 100 mm**

➤ Area Lapangan

$$V_u = 60910 \text{ N}$$

Cek kondisi :

5. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

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

$$60910 \text{ N} > 35310,42 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

6. Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

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

$$3531,04 \text{ N} < 60910 \text{ N} > 7062,08 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

7. Kondisi Geser 3 → Tulangan geser minimum

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\min})$$

$$7062,08 \text{ N} < 60910 \text{ N} > 34812,08 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

8. Kondisi Geser 4 → Memerlukan tulangan geser

$$\phi(V_c + V_{s\min}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\max})$$

$$34812,08 \text{ N} \leq 60910 \text{ N} \leq 145534,3 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4.

$$V_s = V_u - \emptyset V_c$$

$$V_s = 60910 - (0,75 \times 9416,11)$$

$$V_s = 53847,92 \text{ N}$$

Dikarenakan nilai $V_s > V_{s\min}$, maka dipakai nilai $V_s = 53847,92 \text{ N}$.

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{444}{2} = 222 \text{ mm}$$

Direncanakan $S_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm} < S_{\max}$

Luas penampang geser :

$$Av = \frac{b \times s}{fyt \times 3} = \frac{250 \times 150}{240 \times 3} = 52,08 \text{ mm}^2$$

$$\frac{At}{s} = 0,7$$

$$At = 0,7 \times 100 = 70 \text{ mm}^2$$

Maka $A_{V\text{perlu}}$

$$A_{V\text{perlu}} = Av + (2 \times At)$$

$$A_{V\text{perlu}} = 52,08 + (2 \times 70)$$

$$A_{V\text{perlu}} = 192,08 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 3 kaki. Maka luas penampang tulangan geser rencana:

$$A_{V\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n_{\text{kaki}}$$

$$A_{V\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 3$$

$$A_{V\text{pakai}} = 235,61 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$A_{V\text{pakai}} \geq A_{V\text{perlu}}$$

$$235,61 \text{ mm}^2 > 192,08 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai **D10 - 150 mm**

7.4.6 Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

- Tulangan diteruskan sejauh d , $12d_b$, atau $\ell_n/16$ (SNI 2847:2013 pasal 12.10.3 dan 12.10.4; ACI 318M-14 pasal 25.4.3 dan 25.4.4):
 - $d = 444 \text{ mm}$

- $12 \text{ db} = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$
- $\text{Ln}/16 = 5600/16 = 350$

b. Mencari nilai ℓ_d

Diketahui nilai:

$$d_b = 19 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1.0 \text{ Faktor lokasi penulangan}$$

$$\Psi_e = 1.0 \text{ Faktor pelapis}$$

$$\Psi_s = 1.0$$

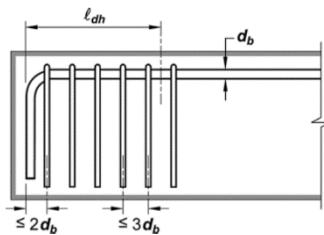
$\lambda = 1.0$ Faktor digunakan agregat normal

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{500 \cdot 1 \cdot 1}{1.7 \cdot 1 \cdot \sqrt{24,9}} \right) \times 16 = 943 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar yakni 943 mm $\approx 950 \text{ mm}$.

2. Panjang Penyaluran Tulangan Berkait



Tabel 7. 8 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar

$$\ell_{dh} = \left(\frac{0.24 \cdot \Psi_c \cdot \Psi_e \cdot \Psi_r \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_{dh} = \left(\frac{0.24 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 500}{1 \cdot \sqrt{24,9}} \right) \cdot 16 = 384,77 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$\ell_{dh \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \ell_{dh}$$

$$\ell_{dh \text{ reduksi}} = \frac{849,03 \text{ mm}^2}{1005,3 \text{ mm}^2} \times 384,77 \text{ mm}$$

$$\ell_{dh \text{ reduksi}} = 324,95 \text{ mm} \sim 350 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 16 \text{ mm}$$

$$8d_b = 128 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\ell_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$350 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$$

$$\ell_{dh} > 8d_b$$

$$350 \text{ mm} > 128 \text{ mm}$$

3. Panjang Penyaluran Kondisi Tekan

$$\ell_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$\ell_{dc} = \frac{0,24 \times 500 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{24,9 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc} = 384 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$\ell_{dc} = 0,043 \times 500 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc} = 344 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 384 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$\ell_{dc \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \ell_{dc}$$

$$\ell_{dc \text{ reduksi}} = \frac{849 \text{ mm}^2}{1005 \text{ mm}^2} \times 384 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc \text{ reduksi}} = 324,49 \text{ mm} \sim 350 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\ell_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$350 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

4. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik untuk Torsi

Mencari nilai l_d

Diketahui nilai :

$$d_b = 10 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1.0 \text{ Faktor lokasi penulangan}$$

$$\Psi_e = 1.0 \text{ Faktor pelapis}$$

$$\Psi_s = 1.0$$

$$\lambda = 1.0 \text{ Faktor digunakan agregat normal}$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) \times d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{240 \cdot 1 \cdot 1}{1.7 \cdot 1 \cdot \sqrt{24,9}} \right) \times 10 = 282,35 \text{ mm}$$

dambil $\ell_d = 300 \text{ mm}$.

7.5 Struktur Kolom

Kolom yang akan dihitung adalah kolom yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil permodelan ETABS 16, dengan gaya aksial paling besar yang terjadi pada kolom terjadi pada kolom C28 Lantai 1.

7.5.1 Data Perancanaan

$$\text{Mutu beton (F}_c') = 41,5 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tinggi Kolom} = 3200 \text{ mm} = 3.2 \text{ meter}$$

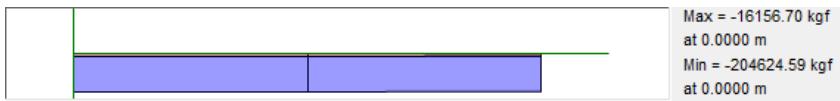
$$\text{Dimensi Kolom} = 300 \times 900 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (deking)} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Ø tul. memanjang} & = 19 \text{ mm}, f_y = 400 \text{ Mpa} \\ \text{Ø tul. sengkang} & = 12 \text{ mm}, f_y = 240 \text{ Mpa} \end{array}$$

7.5.2 Output Gaya pada Kolom

Dari hasil permodelan program ETABS 16, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom kombinasi 1,2D + 1L + 1EQ adalah sebagai berikut:



Gambar 7. 8 Gaya Aksial dari Etabs 2016

Didapatkan P_u Bawah = 204624,59 kgf
 P_u = 2006,68 kN



Gambar 7. 9 Gaya Momen Arah x dari Etabs 2016

Didapatkan M_{ux} = 115008,06 kg.m
 M_{ux} = 1127,84 kN m



Gambar 7. 10 Gaya Geser Etabs 2016

Didapatkan V_u = 17809,94 kg
 V_u = 174,66 kN

7.5.3 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

1. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $\frac{Ag \cdot Fc}{10}$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

$$\frac{(300 \times 900) \cdot 29,05}{10} = 784350 N = 80035,72 Kg$$

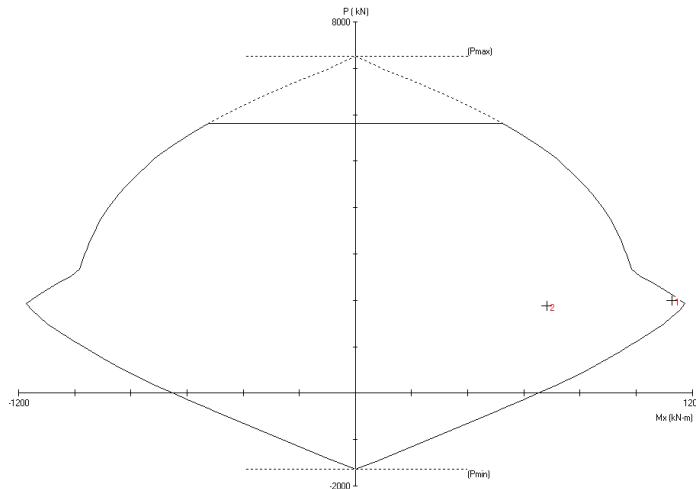
$P_u = 204624,59 \text{ kg} > 80035,72 \text{ kg}$ (**memenuhi**)

2. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1).

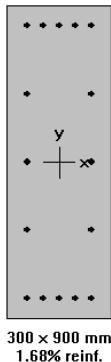
Sisi terpendek kolom = 30 mm = 300 mm (**memenuhi**)

7.5.4 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi yakni tidak boleh kurang dari $0,01 Ag$ atau lebih dari $0,06 Ag$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu pcaColumn dan didapatkan sebagai berikut:



Gambar 7. 11 Diagram Interaksi Kolom Hasil SPColoumn



Gambar 7. 12 Model Penulangan Kolom pada SPColpumn

Berdasarkan hasil perhitungan tulangan longitudinal oleh pcaColumn didapatkan konfigurasi penulangan **16-D19** untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan rasio atau $0,0168$ sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

7.5.5 Cek Syarat “ Strong Column Weak Beam”

Menurut SNI beton pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$ dengan:

$\sum M_{nc}$ = Jumlah Mn dua kolom yang bertemu di joint

$\sum M_{nb}$ = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di joint

Dalam perhitungan ini, diambil pendekatan konservatif dengan momen-momen yang diperhitungkan adalah momen desain $\emptyset M_n$.

Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan M_{nb}^+ dan M_{nb}^-

$$a^+ = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b} = \frac{566,7.400}{0,85.29.05.300} = 30,60$$

$$M_{nb}^+ = \emptyset \cdot As \cdot Fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nb}^+ = 0,9 \cdot 566,7 \cdot 400 \left(338,5 - \frac{30,60}{2} \right)$$

$$M_{nb}^+ = 65936678,4 \text{ Nmm} = 65,94 \text{ kNm}$$

$$a^- = \frac{As.fy}{0,85.fc'.b} = \frac{850,16.400}{0,85.29,05.300} = 45,90$$

$$M_{nb}^- = \emptyset \cdot As \cdot Fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nb}^- = 0,9 \cdot 850,16 \cdot 400 \left(338,5 - \frac{45,90}{2} \right)$$

$$M_{nb}^- = 96576475,68 \text{ Nmm} = 96,58 \text{ kNm}$$

Maka nilai $\sum M_{nb}$: $M_{nb}^+ + M_{nb}^- = 65,94 + 96,58 = 162,52 \text{ kNm}$.

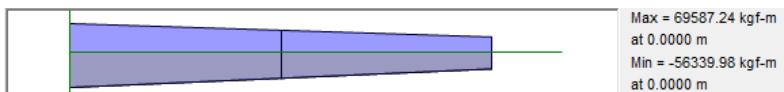
$$1,2 \cdot \sum M_{nb} : 162,52 \text{ kNm.}$$

2. Menentukan $\sum M_{nc}$:

Untuk menentukan nilai M_{nc} , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah / kolom desain dengan program bantu PCAColoumn. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom C28 lantai 2 adalah sebagai berikut:



Gambar 7. 13 Gaya Aksial Kolom Atas



Gambar 7. 14 Gaya Momen Kolom Atas

Didapatkan $P_{maks} = 192843,52 \text{ Kg} = 1889,87 \text{ kN}$

No.	P_u kN	M_{ux} kN-m	f_{Mnx} kN-m	f_{Mn}/M_u
1	2005,3	1127,1	1154,6	1,024
2	1889,9	682,0	1172,8	1,720

Gambar 7. 15 Diagram Interaksi Kolom Atas dan Bawah

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$$

$$1154,6 \text{ kN} + 1172,8 \text{ kN} \geq 568,668 \text{ kN}$$

$$2327,4 \text{ kN} \geq 568,668 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi syarat “*strong column weak beam*” telah terpenuhi

BAB 8

ANALISIS PERMBANDINGAN STRUKTUR EKSITING DENGAN HDRB

Penggunaan sistem isolasi dasar berupa HDRB dapat mengurangi beban gempa yang diterima oleh gedung sehingga akan berkaitan dengan kapasitas masing – masing elemen struktur. Dari hasil analisis perencanaan struktur menggunakan HDRB, terdapat reduksi gaya dalam sehingga kebutuhan tulangan pada elemen struktur semakin berkurang. Berikut merupakan rekapitulasi reduksi gaya dalam serta kebutuhan tulangan pada setiap elemen.

8.1 Rekapitulasi Gaya Momen

No	Elemen	Dimensi		Gaya Momen		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kN)	HDRB (kN)	
1	Balok (B1)	500	250	185.71	92.15	50.38
2	Balok (B2)	400	250	85.79	68.27	20.42
3	Balok (B3)	300	150	8.751	7.1	18.87
4	K2	300	900	132.78	54.24	59.15
5	K4	300	600	40.74	24.52	39.81
Rata-Rata Reduksi Gaya Momen						37.73

8.2 Rekapitulasi Gaya Aksial

No	Elemen	Dimensi		Gaya Aksial		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kN)	HDRB (kN)	
1	Balok (B1)	500	250	31.29	25.08	19.85
2	Balok (B2)	400	250	11.74	6.62	43.61
3	Balok (B3)	300	150	4.66	1.66	64.38
4	K2	300	900	3827.05	3445	9.98
5	K4	300	600	1801.56	1585	12.02
Rata-Rata Reduksi Gaya Aksial						29.97

8.3 Rekapitulasi Gaya Geser

No	Elemen	Dimensi		Gaya Geser		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kN)	HDRB (kN)	
1	Balok (B1)	500	250	139.57	80.4	42.39
2	Balok (B2)	400	250	66.04	55.69	15.67
3	Balok (B3)	300	150	7.5	6.88	8.27
4	K2	300	900	142.14	64.12	54.89
5	K4	300	600	24.06	12.57	47.76
Rata-Rata Reduksi Gaya Geser						33.80

8.4 Rekapitulasi Gaya Torsi

No	Elemen	Dimensi		Gaya Torsi		Reduksi (%)
		h (mm)	b (mm)	Eksisting (kN)	HDRB (kN)	
1	Balok (B1)	500	250	16.29	14.22	12.71
2	Balok (B2)	400	250	12.34	8.36	32.25
3	Balok (B3)	300	150	0.82	0.65	20.73
4	K2	300	900	28.23	4.98	82.36
5	K4	300	600	3.02	1.93	36.09
Rata-Rata Reduksi Gaya torsi						36.83

8.5 Rekapitulasi Perbandingan tulangan

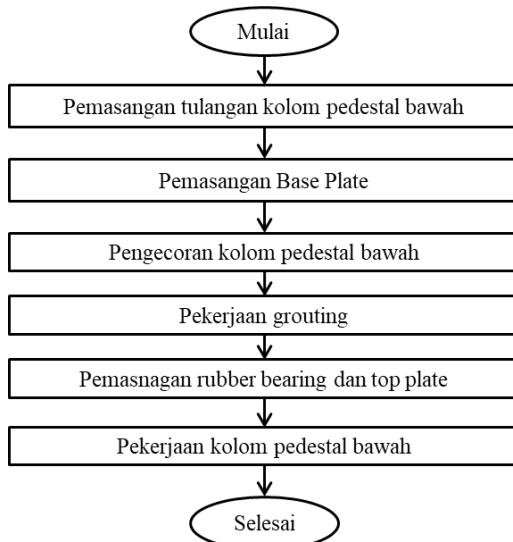
PEHITUNGAN TULANGAN BALOK						
Balok	Posisi	Jenis Tulangan	HDRB		Eksisting	
			n	D	n	D
				mm		mm
Balok 1	Tumpuan kanan	Tul Tarik	5	16	6	16
		Tul Tekan	2	16	4	16
	Lapangan	Tul Tarik	3	16	6	16
		Tul Tekan	2	16	4	16
	Tumpuan Kiri	Tul Tarik	5	16	6	16
		Tul Tekan	2	16	4	16
Balok 2	Tumpuan kanan	Tul Tarik	4	16	6	16
		Tul Tekan	2	16	4	16
	Lapangan	Tul Tarik	3	16	6	16
		Tul Tekan	2	16	4	16
	Tumpuan Kiri	Tul Tarik	4	16	6	16
		Tul Tekan	2	16	4	16
Balok 3	Tumpuan kanan	Tul Tarik	4	13	5	13
		Tul Tekan	2	13	3	13
	Lapangan	Tul Tarik	3	13	5	13
		Tul Tekan	2	13	3	13
	Tumpuan Kiri	Tul Tarik	4	13	5	13
		Tul Tekan	2	13	3	13

PEHITUNGAN TULANGAN KOLOM				
Kolom	HDRB		Eksisting	
	n	D	n	D
		mm		mm
K2	16	19	10	16
K4	18	19	14	16

BAB 9

METODE PELAKSANAAN DAN PEMILIHARAAN HDRB

10.1 Metode pelaksanaan Pemasangan HDRB



Gambar 9. 1 Diagram Alir Pelaksanaan Pemasangan HDRB

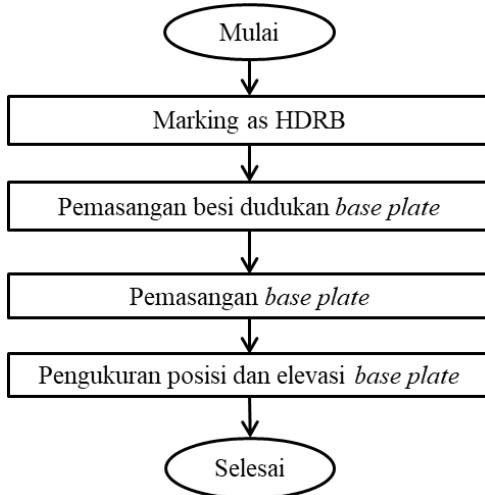
10.1.1 Pemasangan Tulangan Kolom Pendestal Bawah

Setelah pekerjaan pemancangan dan pile cap selesai, langkah selanjutnya adalah penulangan kolom pedestal bawah sesuai dengan *shop drawing*. Kolom ini sebagai dudukan base plate HDRB bagian bawah. Tulangan kolom pedestal diangkat menggunakan tower crane ke titik yang dituju, kemudian dipasang tulangan stek pada pile cap dengan menggunakan las atau bendarat.



Gambar 9. 2 Tulangan Kolom Pendekat Bawah

10.1.2 Pemasangan Base Plate



Gambar 9. 3 Diagram Alir Pemasangan Base Plate

- **Marking As Base Plate**

Garis As dimarking di atas permukaan slab. Garis As berada pada tengah - tengah besi tulangan pedestal menggunakan benangan untuk garis petunjuk ,

dikarenakan garis marking as tidak bisa dilihat dengan jelas akibat tertutup kotoran dan terhapus air hujan

- **Pemasangan Besi Dudukan Base Plate**

Pertama dilakukan pembersihan area yang akan dipasang base plate dari material penghalang yang akan menghalangi masuknya baut. Apabila terdapat tulangan stek harus dilakukan pembengkokan agar elevasi base plate sesuai perencanaan. Setelah itu dilakukan pemasangan dudukan base plate yang terbuat dari besi dengan diameter 12 mm.

Dudukan dipasang pada semua sudut dan dilas ke besi tambahan yang diikat ke besi kolom pedestal bawah. Tinggi dudukan harus melebihi elevasi base plate untuk memberikan ruang penyetelan elevasi dan tebal selimut kolom pedestal. Kemudian dilakukan penandaan elevasi besi dudukan dan pemotongan sesuai rencana.



Gambar 9. 4 Pemotongan Besi Dudukan Base Plate

- **Pemasangan Base Plate**

Pemasangan base plate berada pada garis as yang telah ditentukan pada sumbu X dan sumbu Y.



Gambar 9. 5 Pemasangan Base Plate

- **Pengukuran posisi dan elevasi base Plate**

Setelah dilakukan pemasangan *base plate*, posisi *base plate* di cek ulang dengan menggunakan alat *total station* agar posisi *base plate* terletak sesuai dengan yang diinginkan. Apabila posisi *base plate* tidak seperti yang diharapkan, maka dapat dilakukan *levelling* pada *base plate* kembali.

10.1.3 Pengecoran Kolom Pendestal

Setelah dipastikan base plate terpasang sesuai elevasi rencana, maka tahap selanjutnya adalah pengecoran kolom pedestal bawah. Berikut merupakan diagram alir pekerjaan pengecoran kolom pedestal bawah :



Gambar 9. 6 Diagram Alir Pengecoran Kolom Pendestal

- Pemasangan Bekisting Kolom Pendestal Bawah**



Gambar 9. 7 Pemasangan Bekisiting Kolom Pendestal Bawah

Sebelum pengecoran perlu dipasang bekisting kolom pedestal bawah. Adapun langkah-langkah pemasangan bekisting :

9. Melakukan marking area kolom pedestal bawah
10. Pasang bekisting sesuai marking tersebut
11. Melakukan pengukuran posisi bekisting menggunakan alat total station atau waterpass

- Perlindungan Base Plate**

Base plate dilindungi dengan lembaran plastik dan lubang dengan isolatip sebelum dilakukan pengecoran.

- **Pengecoran Kolom Pendestal Bawah**

Setelah dipastikan base plate terlindungi, maka tahap selanjutnya adalah pekerjaan pengecoran kolom pedestal bawah.



Gambar 9. 8 Pengecoran Kolom Pendestal Bawah

10.1.4 Grouting



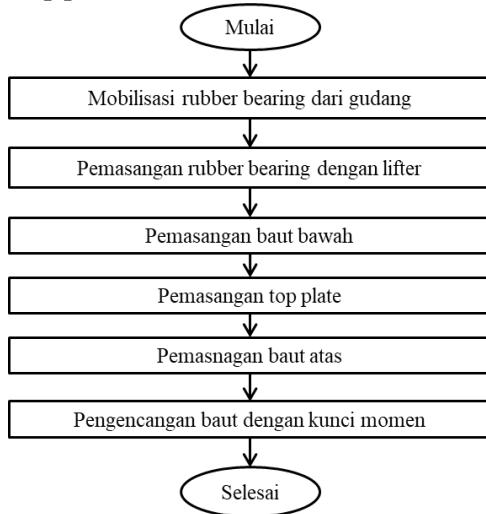
Gambar 9. 9 Grouting Base Plate

Tahapan selanjutnya adalah pekerjaan *grouting base plate*. Berikut merupakan langkah-langkah *grouting base plate* :

1. Memasang busa di bawah base plate untuk menutup celah antara kayu dengan lantai
2. Memasang bekisting di sekeliling base plate
3. Grouting dapat dilakukan

10.1.5 Pemasangan Rubber bearing dan Top Plate

Langkah selanjutnya adalah pemasangan rubber dan top plate. Berikut merupakan diagram alir pemasangan rubber bearing dan top plate.



Gambar 9. 10 Diagram Alir Pemasangan Rubber Bearing dan Top Plate

- **Mobilisasi Rubber bearing dari Gudang**

Pertama rubber bearing digulingkan ke benda lunak seperti ban mobil sebelum diangkat. Kemudian rubber bearing diangkat menggunakan lifter.



Gambar 9. 11 Mobilisasi HDRB

- **Pemasangan Rubber Bearing dengan Lifter**

Lifter memindahkan rubber bearing tepat di atas base plate di posisi center perpotongan garis as base plate.



Gambar 9. 12 Pemasangn Rubber Bearing

- **Pemasangan Baut Bawah**



Gambar 9. 13 Pemasangan Baut Bawah

- **Pemasangan Top Plate**

Langkah selanjutnya adalah pemasangan top plate. Top plate dipasang di atas rubber bearing menyesuaikan posisi marking base plate sebelumnya.



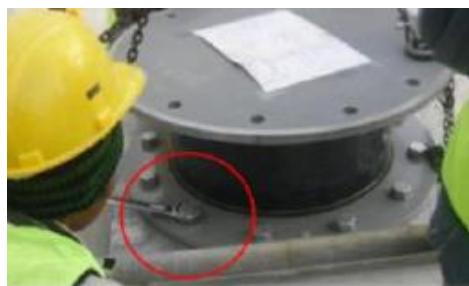
Gambar 9. 14 Pemasangan Top Plate

- **Pemasangan Baut Atas**

Setelah itu dilakukan pemasangan baut atas untuk menghubungkan rubber dengan top plate HDRB.

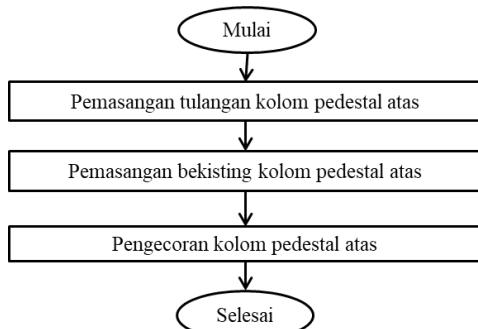
- **Pengencangan baut dengan kunci momen**

Tahap selanjutnya adalah mengencangkan baut atas menggunakan kunci momen.



Gambar 9. 15 Pengencangan baut dengan kunci momen

10.1.6 Pekerjaan Kolom Pendestal Atas



Gambar 9. 16 Diagram Alir Pekerjaan Kolom Pendestal Atas

- **Pemasangan Tulangan Kolom Pendestal Atas**

Pemasangan tulangan kolom pedestal atas dilakukan sesuai shop drawing. Tulangan diangkut menggunakan tower crane ke titik as yang dituju.

- **Pemasangan Bekisting Kolom Pendestal Atas**

1. Melakukan marking area kolom pedestal atas
2. Pasang bekisting sesuai marking tersebut
3. Melakukan pengukuran posisi bekisting menggunakan alat total station atau waterpass

- **Pengecoran Kolom Pendestal Atas**

Setelah bekisting terpasang sesuai rencana, maka selanjutnya dilakukan pengecoran kolom pedestal atas menggunakan concrete bucket pada tower crane.

10.2 Metode Pemeliharaan HDRB



Gambar 9. 17 Inspeksi Pemeliharaan HDRB

Pada bangunan sistem isolasi dasar, perlu dilakukan pemeliharaan terhadap *device* yang digunakan yaitu HDRB untuk memastikan apakah fungsi HDRB sesuai dengan standar perencanaan. Pemeliharaan dilakukan selama masa operasional bangunan dengan interval waktu tertentu. Kegiatan ini dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *regular inspection* dan *temporary inspection*. Regular inspection dilakukan setelah 5 tahun pemasangan device dan setiap 10 tahun sekali. Sedangkan temporary inspection dilakukan ketika kondisi cuaca memungkinkan terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, angin tornado, banjir dan lainnya. Berikut merupakan tahapan inspeksi pemeliharaan HDRB :

- **Pengecekan Terhadap Karat dan Kelonggaran Baut**



Gambar 9. 18 Pengecekan Karat dan Baut

- Pengecekan perpindahan horisontal HDRB



Gambar 9. 19 Pengecekan Perpindahan Horizontal

- Pengecekan Perpindahan Vertikal HDRB



Gambar 9. 20 Pengecekan Perpindahan Vertikal

- Pengecekan Terhadap Ketahanan cover HDRB



Gambar 9. 21 Cover HDRB

“Halaman ini sengaja dikosongan”

BAB 10

PENUTUP

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perencanaan struktur Apartemen Gunawangsa Gresik yang dibangun menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) fixed based yang kemudian dirancang kembali menggunakan Sistem Isolasi Dasar yaitu *High Damping Rubber Bearing* (HDRB). Maka dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk menentukan jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) yang optimal adalah menyesuaikan dengan kebutuhan struktur bangunan. Apabila terjadi over kapasitas pada elemen struktur, maka harus dilakukan redesain hingga menemukan dimensi penampang yang optimal.
2. Struktur bangunan dengan dimensi eksisting yang menggunakan HDRB, dapat mereduksi gaya geser dasar bangunan arah X mencapai 32,43% dan arah Y mencapai 33,18 %. Berdasarkan hasil analisa rasio gaya dalam, terdapat reduksi gaya aksial sebesar 29,97 %, gaya geser sebesar 33,80, gaya torsi sebesar 36,83%, dan momen sebesar 37,73% pada elemen struktur utama.

11.2 Saran

Penulisan Proyek Akhir Terapan ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk peningkatan penulisan Proyek Akhir Terapan berikutnya adalah :

1. Diperlukan studi literatur yang lebih lanjut untuk sistem isolasi dasar dengan High Damping Rubber Bearing (HDRB) terutama mengenai standar perencanaan.
2. Proyek Akhir ini hanya menggunakan system isolasi HDRB , Selanjutnya dapat digunakan analisis Seismic Isolation lainnya untuk dapat mengetahui kekurangan dan kelebihanya

DAFTAR PUSTAKA

- Bridngestone. (2017). *Elastic Sliding Bearing* (Vol. 1).
- Harnindra, V. A., Sunardi, B., & Santosa, B. J. (2017). Implikasi Sesar Kendeng Terhadap Bahaya Gempa dan Pemodelan Percepatan Tanah di Permukaan di Wilayah Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2).
- Kelly, T. E. (2001). *Base Isolation of Structures*. July, 229.
- Pratiwi dan Teruna. (2013). *KAJIAN PENGARUH KARAKTERISTIK MEKANIK DAMPER LELEH BAJA. 1.*
- Setiadi, R. R., Thomson, T., & Indonesia, W. (2016). *Penjelasan Singkat Desain Seismic Isolation dengan High Damping Rubber Bearing (HDRB) Penjelasan Singkat Desain Seismic Isolation dengan High Damping Rubber Bearing (HDRB)*. March.
- SNI 03-2847. (2013). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–265.
- Teruna. (2005). *Analisis Respon Bangunan Dengan Base Isolator Akibat Gaya Gempa AKIBAT GAYA GEMPA*. August.
- Thenozhi, S. (n.d.). *Base-isolation-system*.
- Thenozhi, S., & Yu, W. (2013). Advances in modeling and vibration control of building structures. *Annual Reviews in Control*, 37(2), 346–364.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Aditya Rachmad Andriyono lahir di Madiun pada tanggal 18 April 1998. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Hidayah 2 Madiun, SDN 02 Mojorejo Madiun, SMPN 2 Madiun dan SMAN 1 Madiun. Setelah lulus SMA pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan di Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan kepanitian maupun organisasi yang ada di lingkup jurusan maupun institut seperti Staff Catur ITS 2017 dan Panitia Acara Cinertion D'village .Selain itu, penulis pernah mendapatkan penghargaan Gold Medal Kaohsiung International Inovation & Design . Penulis sempat mengikuti kerja praktek di PT.PP Tbk pada proyek pembangunan apartemen Gunawangsa Gresik Jawa Timur . Penulis dapat dihubungi melalui email : rachmadaditya0@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongan”

LAMPIRAN

- Data tanah dari Apartemen Gunawangsa Gresik

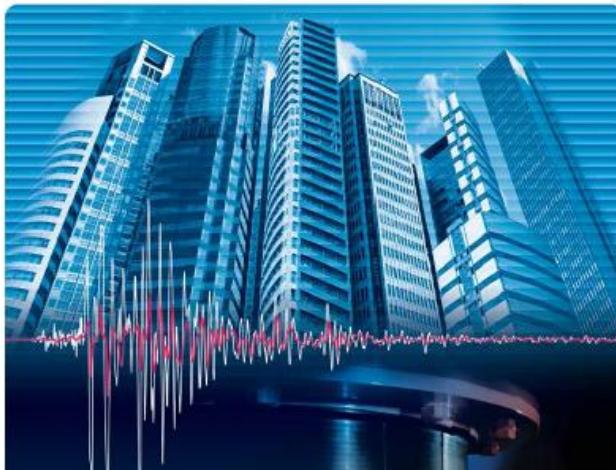
Testana Engineering, Inc.		A.2.5. BORING LOG					BOREHOLE #: DB - 5									
DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo				
		0	10	20	30	40	50	TYPE	C	qu	0	20	40	60	80	100
0																
1	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace of sand, medium consistency										22 35 46					
2									● 8							
3									>50		UU		0.45		21	
4									● 43		UU		0.80		13	
5	Cemented silt, some fine sand, light grey, hard consistency								>50		● 32		21 22 27			
6									>50							
7									>50							
8									>50							
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace of fine sand, hard consistency								>50							
10									>50							
11									>50							
12									>50							
13	Cemented clay, grey, contain cobble at some depth, hard consistency								>50							
14									>50							
15									>50							
16									>50							
17	Clay and silt, grey, inorganic, trace of fine sand, very stiff consistency								>50							
18									>50							
19	Cemented silt, light grey, hard consistency								>50							
20	End of Boring								>50							
NOTE :																
0 to 10 % = Trace		= Fairly UDS		UU = Unconsolidated undrained		O = Wn = Moisture content, %										
10 to 20 % = Little		■ = Undisturbed sample		CU = Consolidated undrained		● = Wp = Plastic limit, %										
20 to 35 % = Some		□ = Disturbed sample		CD = Consolidated drained		Δ = Wt = Liquid limit, %										
35 to 50 % = And				SPT = Standard penetration test (blows / ft)		γ = Bulk density, t/m^3										
				C = Cohesion intercept, kg/cm^2		UCT = Unconfined compression strength, kg/cm^2		Gs = Specific gravity								
				φ = Internal friction angle, deg		UCS = Point Load Test, kg/cm^2		eo = Void ratio								

- Brosur Catalog Bridgestone untuk Spesifikasi HDRB



Seismic Isolation Product Line-up

High Damping Rubber Bearing Lead Rubber Bearing
 Natural Rubber Bearing Elastic Sliding Bearing



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

Physical Dimension	Characteristics	Sectional View
	Outer diameter : D_o (mm)	
	Inner diameter : D_i (mm)	
	Number of inner diameter : n	
	Effective plane area : A ($\times 10^3$ 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 : $S_1 = (D_o^2 - n \cdot D_i^2) / (4 \cdot t \cdot (D_o + D_i))$	
	Second shape factor : $S_2 = D_o / (n \cdot t)$	
	Diameter of flange : D_f (mm)	
	Thickness of flange edge / center : t_f / t_c (mm)	
	Connecting bolt PCD : PCD (mm)	
	Diameter of connecting bolt hole \times qty : d_b (mm) \times qty	
	Bolt size (assumption) : M ($d_b - 3$)	
	Thickness of each reinforced steel plate : t_s (mm)	
	Total height : H_t (mm)	
	Total weight 1 (t/N) = 1 / 9.80665 (tonf)	

Integrated Type Flange

Assembled Type Flange

MVBR-0514/MVBR-0520 (X0,6R)

Note: There are 2 certification numbers due to difference of some manufacturing process.
Please refer to "Precaution" 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 ²]	Equivalent damping ratio
XBR	X0,6R	0.620	0.340

Characteristics		H000R	H050R	H070R	H075R	H080R	H085R	H090R	H095R	H100R	H110R	H120R	H130R	H140R	H150R	H160R		
Physical Dimensions	Outer diameter [mm]	600	650	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	55	55	55	65	65	80		
	Effective plane area [$\times 10^2$ mm ²]	2926	3317	3847	4416	5023	5671	6359	7085	7849	9480	11295	13249	15361	17639	20056		
	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	202	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200	198		
	First shape factor [-]	36.8	36.1	36.4	36.8	36.1	36.4	36.7	36.3	36.4	35.2	35.9	35.9	35.1	35.9	36.5		
	Second shape factor [-]	3.00	3.26	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 ^{a1} [mm] (edge / center)	22/28	22/29	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	26/36	26/36	26/36	26/36	26/36	26/40	26/40	27/45	42/50	50/110
	Connecting bolt PCD [mm]	775	825	875	950	1000	1050	1100	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1800		
	Diameter of connecting bolt hole x qty [mm]	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø32x12	Ø42x12	Ø42x12	Ø45x12		
	Bolt size (assumption) [-]	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M36	M36	M36	M36	M39	M39	M42		
	Thickness of each reinforced steel plate [mm]	31	31	31	31	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.8	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 ²]	σ_{cr} , when $\gamma = 0$	43	52	58	69	78	89	102	113	122	135	148	160	173	185	200	
		(γ_c, σ_c)	(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)		
		(γ_r, σ_r)	(15.25)	(14.30)	(14.25)	(15.40)	(15.48)	(18.50)	(21.55)	(23.59)	(25.50)	(31.50)	(36.60)	(38.60)	(39.60)	(39.60)		
		(γ_2, σ_2)	(2.74)	(3.05)	(3.16)	(3.47)	(3.411)	(3.517)	(3.523)	(3.629)	(3.634)	(3.746)	(3.756)	-	-	-		
Shear Properties ($\gamma = 100\%$)	Compressive stiffness [$\times 10^3$ N/m]	1970	2340	2660	3080	3510	3970	4480	4980	5450	6580	7860	8220	10700	12300	14200		
	Nominal long term compressive stress [N/mm ²]	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	15.0		
	Nominal long term column load [kN]	1860	2690	3500	4710	6050	7620	9540	10600	11800	14200	16900	19800	23000	26500	30100		
	Allowable tensile stress [N/mm ²] ($\gamma = 100\%$)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
	Initial stiffness [$\times 10^3$ N/m]	519	615	699	810	923	104	118	131	143	174	207	243	283	324	373		
	Post yield stiffness [$\times 10^3$ N/m] ($\gamma = 100\%$)	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	198	240	285	335	389	446	507		
	Equivalent shear stiffness [$\times 10^3$ N/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	6.28		
	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		

^{a1} Special thickness for flange is available. Please refer to the table above for more details.

- Brosur Bata Ringan

LATAR BELAKANG

Focen Interlite adalah anak perusahaan dari PT. Focen Indonesia, dimana produsut utamanya adalah di bidang Industri Paving. Focen Interlite berdiri pertengahan 2012 dan terletak di Jepara, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia.

Focen Interlite dengan berpengalaman dalam pembuatan paving, proyek, dan industri di sekitarnya yang sangat penting dalam beberapa tahun ini, yang akhirnya membentuk perintisan di pasar untuk batu bata dan batu paving.

Menyajikan pemisianan pasar ini, Focen Interlite yang sebelumnya sudah lama dikenal dengan produksi betonring di Indramayu belum, sekarang memperluas produksi lebarannya, yaitu AAC (Autoclaved Aerated Concrete Block) atau Batu Bata Ringan yang terbuat dari pasir silika, kapur, gypsum, serbuk aluminium, dan semen.

Kami sangatlah yakin atas kualitas bahan yang ditawarkan Focen Interlite akan menjadi pilihan dan solusi terbaik masyarakat dalam pembangunan rumah, gedung tinggi, shopping mall, rumah sakit, kompleks perumahan, pabrik, ds.

Bagi kami ketepatan waktu adalah yang paling utama

Focen Interlite distrikun dengan visi untuk memproduksi produk yang sangat berkualitas dan service terbaik bagi customer kami. Dengan bersepinya bahwa customer kami adalah raja, sehingga kepuasan customer adalah prioritas utama bagi kami. Dengan memiliki armada transportasi sendiri, kami memastikan bahwa setiap order dari customer akan dikirim tepat waktu, setiap saat.

Focen Interlite berkomitmen untuk memberikan standart AAC Block dengan material terbaik dan mempertahankan standart peduli lingkungan (eco - green friendly), dalam proses produksi.

Harga yang kompetitif & masyarakat, service yang memuaskan, keberadaan stock, dan pengiriman yang on-time adalah kebanggaan dan jaminan kami kepada masyarakat.

MISI KAMI

Asetik menjadi kepercayaan customer dalam segala hal seperti kelebihan waktu pelaksanaan dan pengiriman. Karena hal ini adalah prioritas utama yang selalu dijaga dan dipegang teguh.

Pemenuhan kualitas akan selalu mendapatkan customer support dengan berbagai pengalaman dalam hal pengiriman dan mengoptimalkan produksi kami sehingga akan tercipta kenyamanan yang baik dan jangka panjang.

PT. Focen Interlite melayani masyarakat baik dalam bentuk Supply Only / Loco Pakar.

UKURAN UMUM

Berat jenis	550-650 kg/m ³
Kuat tahan	35-40 kg/cm ²
Kedudukan (Frekuensi 800 Hz)	52.8 db

SPECIFIKASI

Tipe (L)	Panjang (P)	Tinggi (T)	Bu	Luas Dinding
7.5 cm	60 cm	20 cm	111.11	13.33 m ²
10 cm	60 cm	20 cm	83.3	10 m ²
12.5 cm	60 cm	20 cm	66.66	8 m ²
15 cm	60 cm	20 cm	55.65	6.67 m ²
17.5 cm	60 cm	20 cm	47.62	5.71 m ²
20 cm	60 cm	20 cm	41.66	5 m ²

No	Pembanding	AAC Block	Batu Bata
1	Kualitas	Menghasilkan kualitas dengan standart yang target baik dan presisi	Tidak ada kualitas standart
2	Kekuatkan	40-45 Kg/cm ²	20-25 Kg/cm ²
3	Konsistensi pemakaian semen/mortar	Konsistensi mortar sedikit luas/kalem dan beton berkeringat	Luas, banyak, kerap pemukulan/hatir merah tidak presisi. Tidak ada penghematan
4	Tenaga Kerja	Biaya tenaga kerja lebih rendah	Biaya tenaga kerja lebih tinggi
5	Sizes	7.5, 10, 12.5, 15, 20 cm	

- Spesifikasi Baut

1. DIMENSION AND TOLERANCES

BOLT

Designation of Bolt	d ₁	Basic Dimension (d)	Tolerance	H	Basic Dimension	B	Basic Dimension	Tolerance	C	D	D ₁	r	App. approx.	Min.	Max.	App. approx.	k	b-b	E	F	h	S	Basic Dimension	Tolerance
M 12	12	+ 0.7	- 0.2	8	± 0.8	22	+ 0	-	25.4	20	28	0.8	- 1.6	-	-	-	2	0.7	-	-	25	+ 5	-	
M 16	16	+ 0.2	- 0.2	10	27	-	-	-	31.2	26	25	-	-	-	-	-	2	0.8	-	-	30	+ 0	-	
M 20	20	-	-	13	32	-	-	-	37	30	29	1.2	- 2.0	-	-	-	2	0.9	-	-	35	+ 6	-	
M 22	22	-	-	14	36	-	-	-	41.5	34	33	-	-	-	-	-	2	1.1	-	-	40	+ 6	-	
M 24	24	+ 0.8	- 0.4	15	41	+ 0	-	-	47.3	39	38	1.6	- 2.4	-	-	-	2	1.2	-	-	45	+ 6	-	
M 27	27	-	-	17	46	-	-	-	53.1	44	43	-	-	-	-	-	2	1.3	-	-	50	+ 0	-	
M 30	30	-	-	19	50	± 1.0	-	-	57.7	48	47	2.0	- 2.8	-	-	-	2	1.5	-	-	55	-	-	

(Unit : mm)

Length	Tolerance
Under 55	± 1.0
65 & Over - Under 125	± 1.4
125 & Over	± 1.8

- Beban Plester dan Acian Dinding Drymix



DINDING

Plester D200

- Dipergunakan untuk pelapisan plester dan pasangan batu; ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya retak dan workability yang baik.
- Daya sebat/zak ± 2-2,5 m²/10mm



40kg

Acian dinding dan plester

Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk ekspose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebat/zak ± 10-12 m²/2mm



30kg

Acian dinding plester dan beton

SKIMCOAT S200

- Daya retak tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebat/zak 9-12 m²/30kg



30kg

SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspose dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plaster dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebat/zak 9-11 m²/20kg



20kg

Thinbed 101 TB101

- Perekat batu ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya retak yang baik
- Daya sebat/zak ± 10-11 m² / 3mm (40 kg) (jukuran blok 20x60x10 cm)
- Cepat dalam pengaplikasian



40kg

Khusus Batu Ringan

Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci batu ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci batu ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebat/zak ± 4,5-6,5 m² / 5-8mm (50 kg) (jukuran blok 20x60x10 cm)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Produk lainnya

Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dkk
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg
40kg

Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

• Tabel ASCE untuk Berat Beton

TABLE C3-1 -- continued
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS*

Component	Load (kN/m ²)	Component	Load (kN/m ²)				
FLOORS AND FLOOR FINISHES							
Asphalt block (51 mm), 13 mm mortar	1.44	Clay brick wythes:					
Cement finish (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	102 mm	1.87				
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13 mm mortar bed	0.75	203 mm	3.78				
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25 mm mortar bed	1.10	305 mm	5.51				
Concrete floor finish (25 mm thickness)	0.023	406 mm	7.42				
Hardwood flooring, 22 mm	0.19	Hollow concrete masonry unit wythes:					
Linoelum or asphalt tile, 6 mm	0.05	Wythe thickness (in mm)					
Marble and mortar, stone-concrete fill	1.58	102	1.52				
Slate (per mm thickness)	0.028	152	2.03				
Solid concrete base, 13 mm mortar base	1.10	203	2.54				
Subflooring, 19 mm	0.14	305	3.02				
Terrazzo (38 mm) directly on slab	0.91	406 mm	3.16				
Terrazzo (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	Full grout	3.45				
Terrazzo (25 mm), 51 mm stone concrete	1.53	Density of unit (16.49 kN/m ³)					
Wood block (76 mm) on massive, no filler	0.48	No grout	1.05				
Wood block (76 mm) on 13 mm mortar base	0.77	1219 mm	1.48				
FLOORS, WOOD-JOIST (NO PLASTER)							
DOUBLE WOOD FLOOR		1016 mm	1.58				
305 mm	406 mm	813 mm	1.63				
Joist sizes	spacing	spacing	1.72				
(mm)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	2.25				
51 × 152	0.29	0.24	2.39				
51 × 203	0.29	0.29	2.54				
51 × 254	0.34	0.29	2.68				
51 × 305	0.38	0.34	2.82				
FRAME PARTITIONS							
Masonry partition, 13 mm gypsum	0.19	Density of unit (21.21 kN/m ³)					
Wood or steel studs, 13 mm gypsum board each side	0.38	No grout	1.25				
Wood studs, 51 × 102, unplastered	0.19	1219 mm	1.58				
Wood studs, 51 × 102, plastered one side	0.57	1016 mm	1.63				
Wood studs, 51 × 102, plastered two sides	0.96	813 mm	1.72				
PARTITION WALLS							
Exterior stud walls:		610 mm	1.82				
51 mm × 102 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum, insulated, 10 mm siding	0.53	406 mm	2.11				
51 mm × 152 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum, insulated, 10 mm siding	0.57	Full grout	2.25				
Exterior stud walls with brick veneer	2.30	Solid concrete masonry unit wythes (incl. concrete brick):					
Windows, glass, frame and sash	0.38	Wythe thickness (in mm)	102	152	203	254	305
* Weights of masonry include mortar but not plaster. For plaster, add 0.24 kN/m ² for each face plastered. Values given represent averages. In some cases, there is a considerable range of weight for the same construction.							



GAMBAR TEKNIK TUGAS AKHIR - VC 191845

ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESIK DENGAN SEISMIC BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

ADITYA RACHMAD ANDRIYONO
NRP.10111610013038

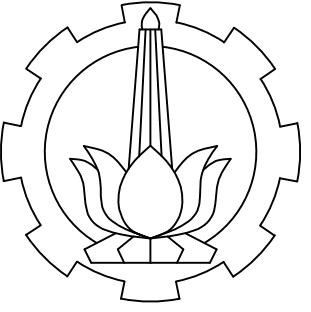
DOSEN PEMBIMBING I :
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
19630726 198903 1 003

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	Kode	No. GMB
Denah Lantai Basement	ARS	1
Denah Lantai 1	ARS	2
Denah Lantai 2 - 15	ARS	3
Denah Lantai Atap	ARS	4
Tampak Timur Tower	ARS	5
Tampak Barat Tower	ARS	6
Tampak Utara Tower	ARS	7
Tampak Selatan Tower	ARS	8
Potongan A-A	ARS	9
Potongan B-B	ARS	10
Denah HDRB	STR	11
Denah Pembalokan Lantai 1-7	STR	12
Denah Pembalokan Lantai 8-15	STR	13
Denah Pelat 1-15	STR	14
Penulangan Pelat	STR	15
Penulangan Tangga	STR	16
Tabel Penulangan Balok dan Kolom	STR	17
Potongan As-c	STR	18

NAMA GAMBAR	Kode	No. GMB
Potongan As-2	STR	19
Detail HDRB 1	STR	20
Detail HDRB 2	STR	21
Detail HDRB 3	STR	22
Detail Balok 1 (B1)	STR	23
Detail Balok 2 (B2)	STR	24
Detail Balok 3 (B3)	STR	25
Detail Kolom (K2)	STR	26



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

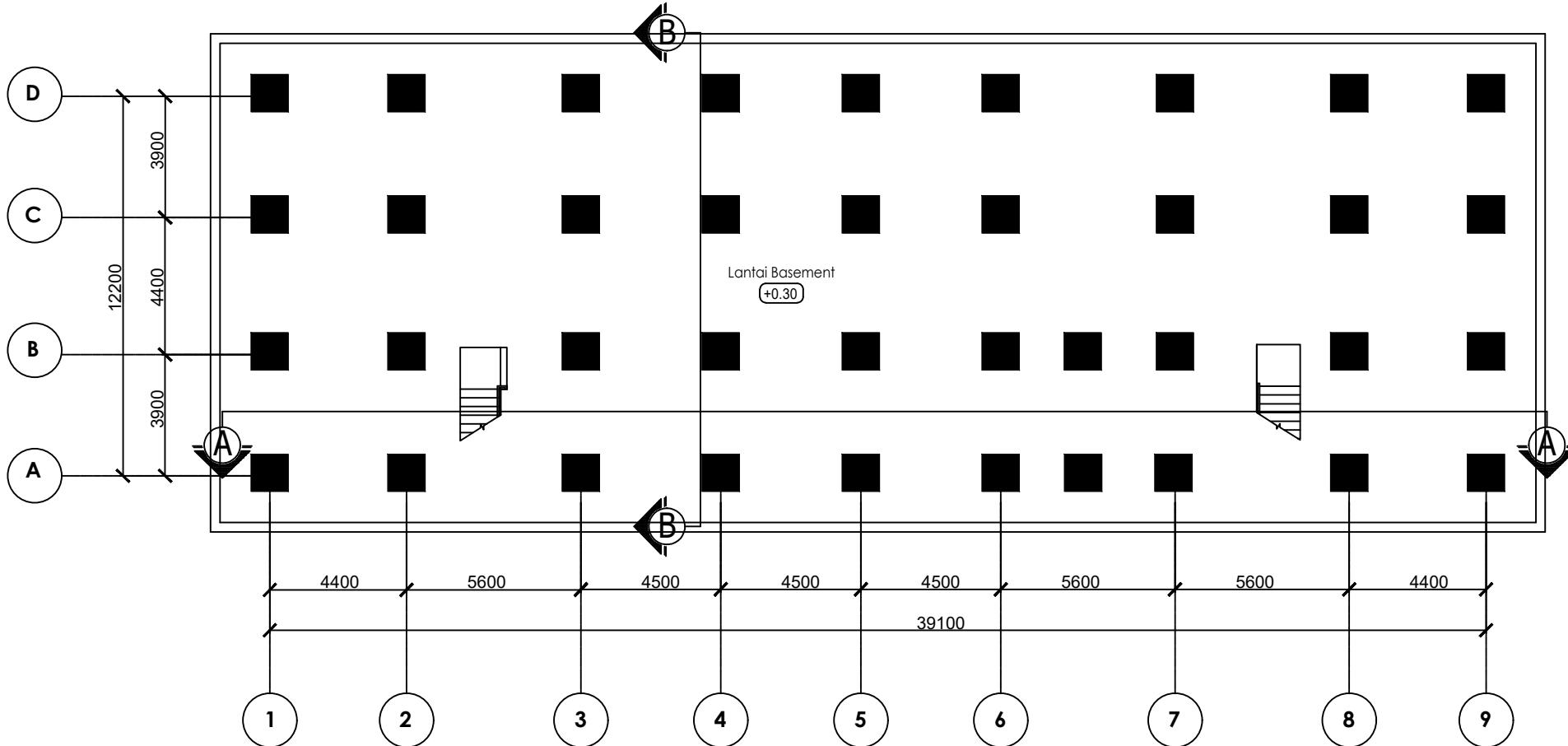
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN



DENAH BASEMENT

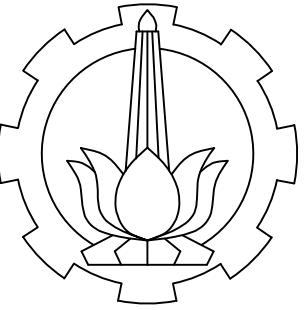
SKALA 1 : 200

NAMA GAMBAR

Denah basement

DETAIL GAMBAR	SKALA
	1 : 200

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	01



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

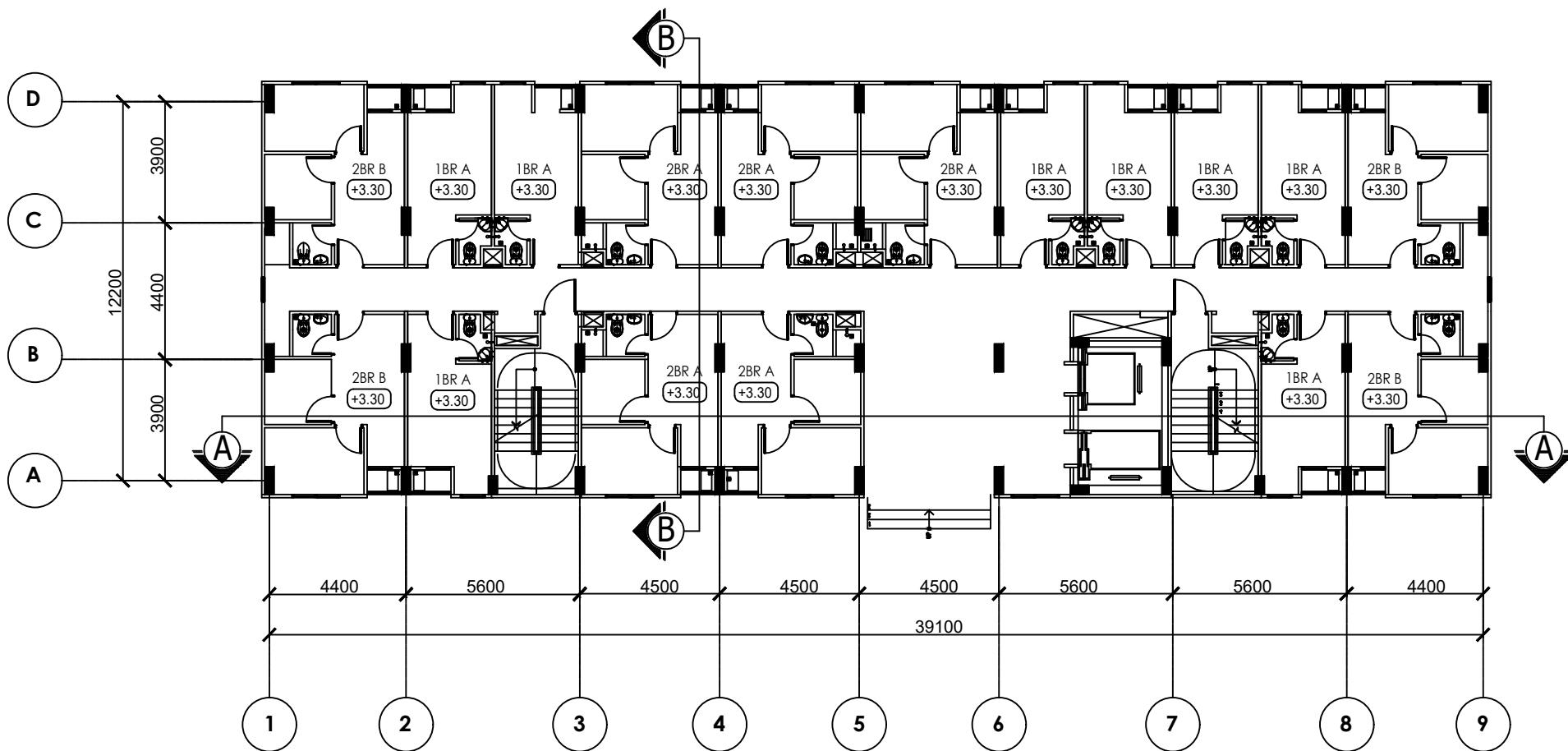
Denah Lantai 1

DETAIL GAMBAR SKALA

1 : 200

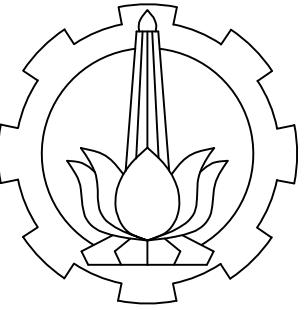
KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

ARS 02



DENAH LANTAI 1

SKALA 1 : 200



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

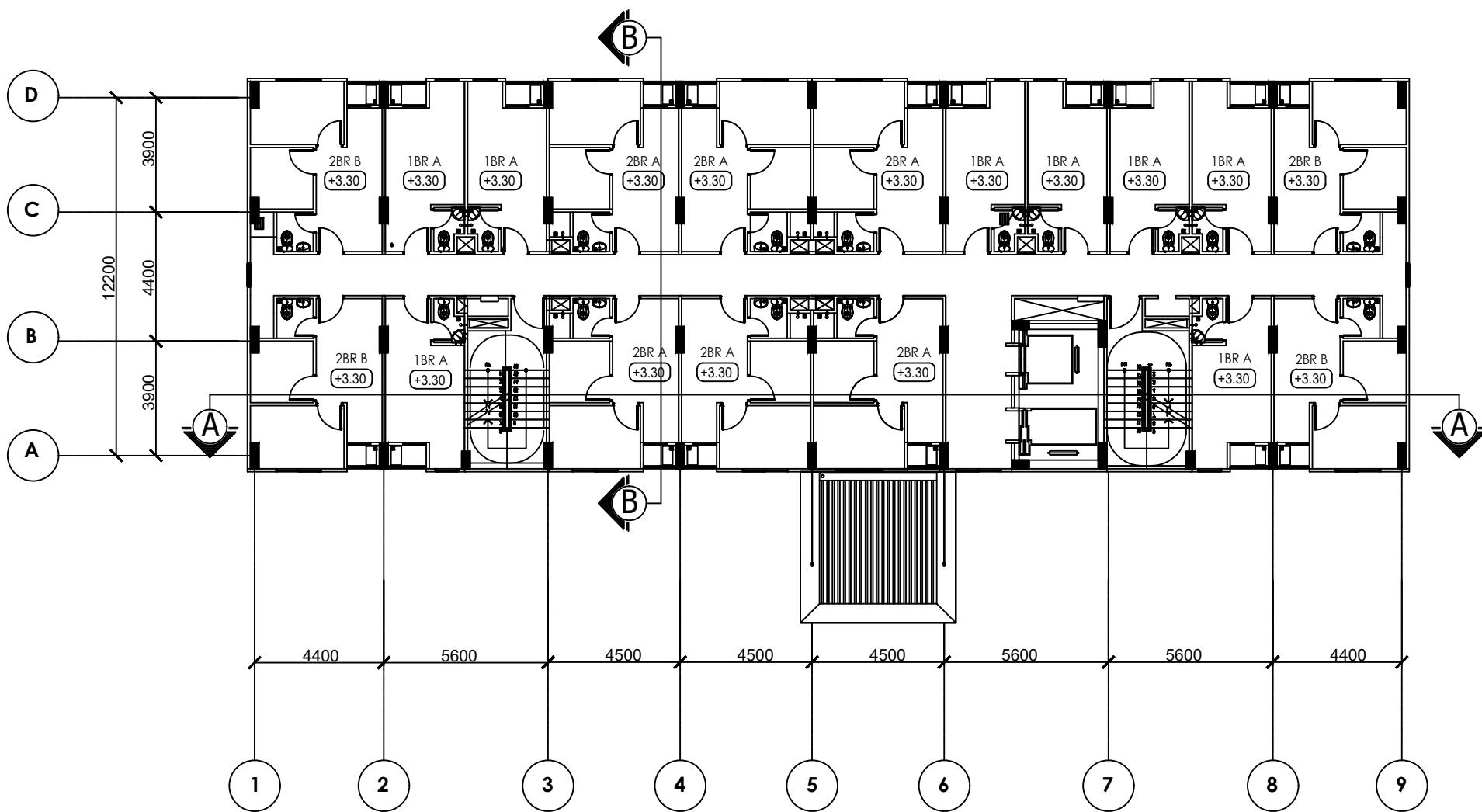
Denah Lantai 2-15

DETAIL GAMBAR	SKALA
---------------	-------

Gambar Struktur 1 : 200

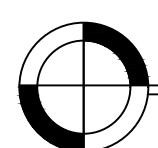
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
-------------	--------------

ARS 03



DENAH LANTAI 2-15

SKALA 1 : 200





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

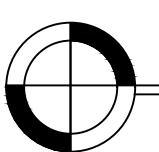
NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

Denah Lantai Atap

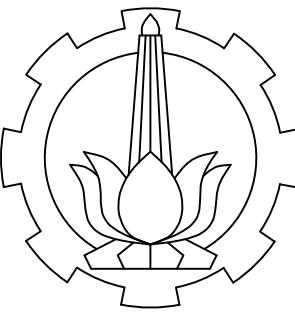


DENAH LANTAI ATAP

SKALA 1 : 200

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 200

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	04



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

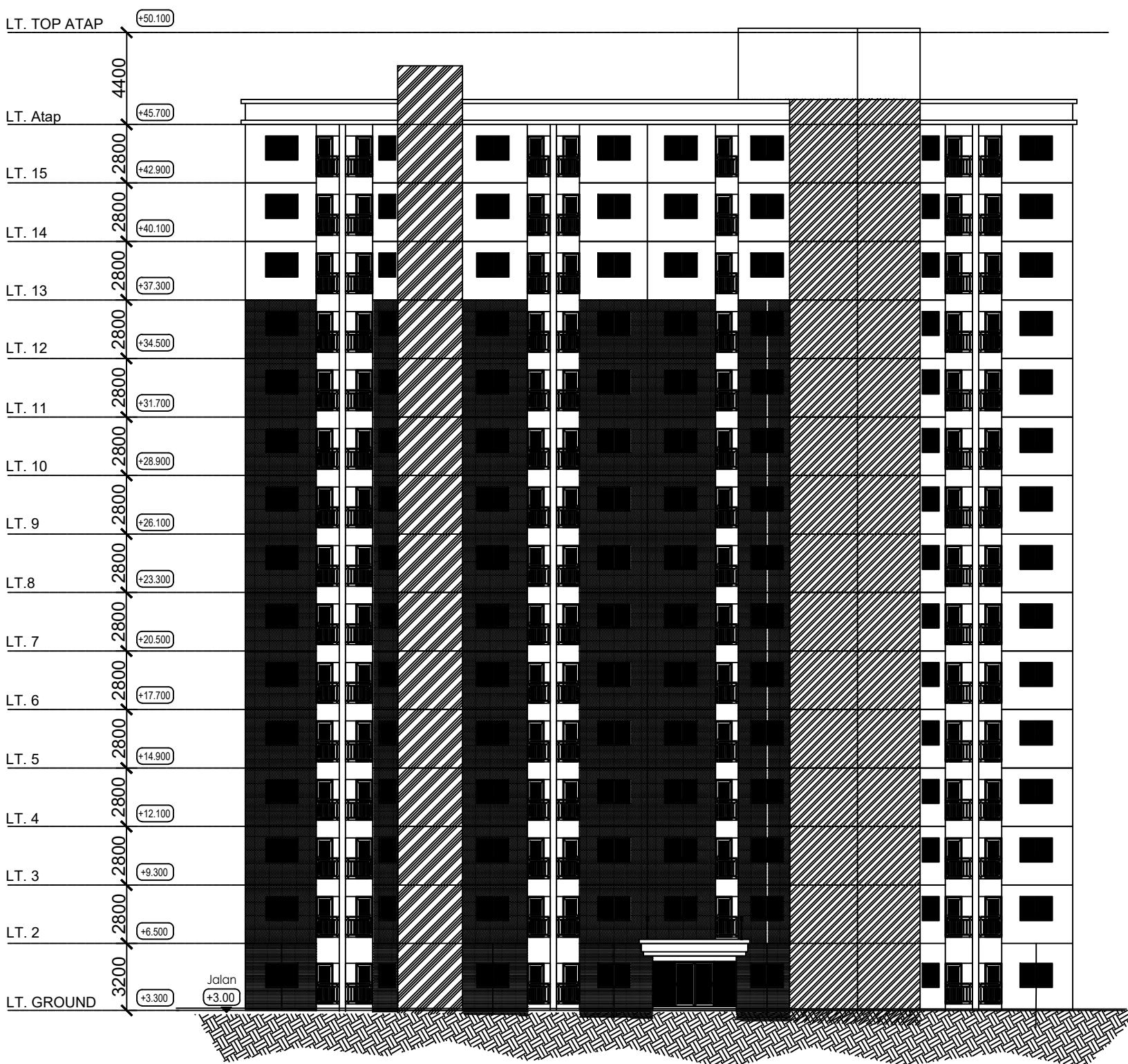
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

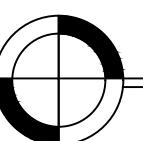
Tampak Timur Tower

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 250

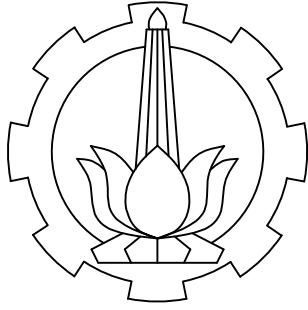
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	05



TAMPAK TIMUR TOWER



SKALA 1 : 250



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

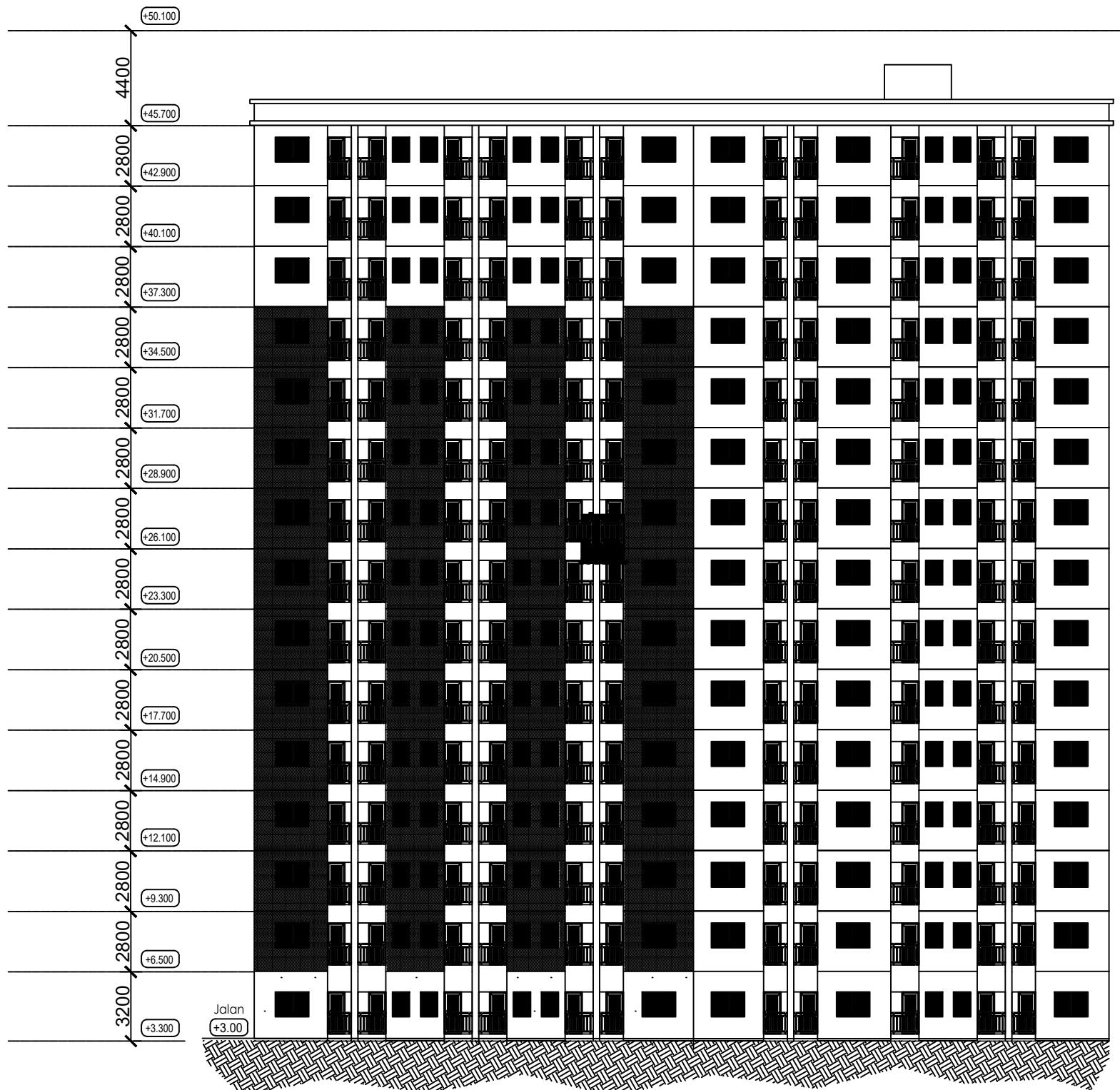
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

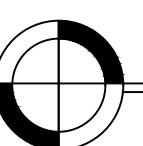
Tampak Barat Tower

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 250

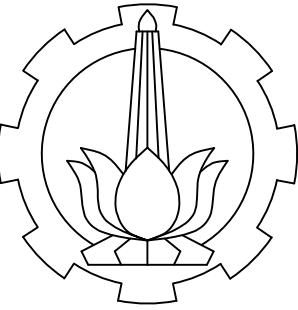
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	06



TAMPAK BARAT TOWER



SKALA 1 : 250



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

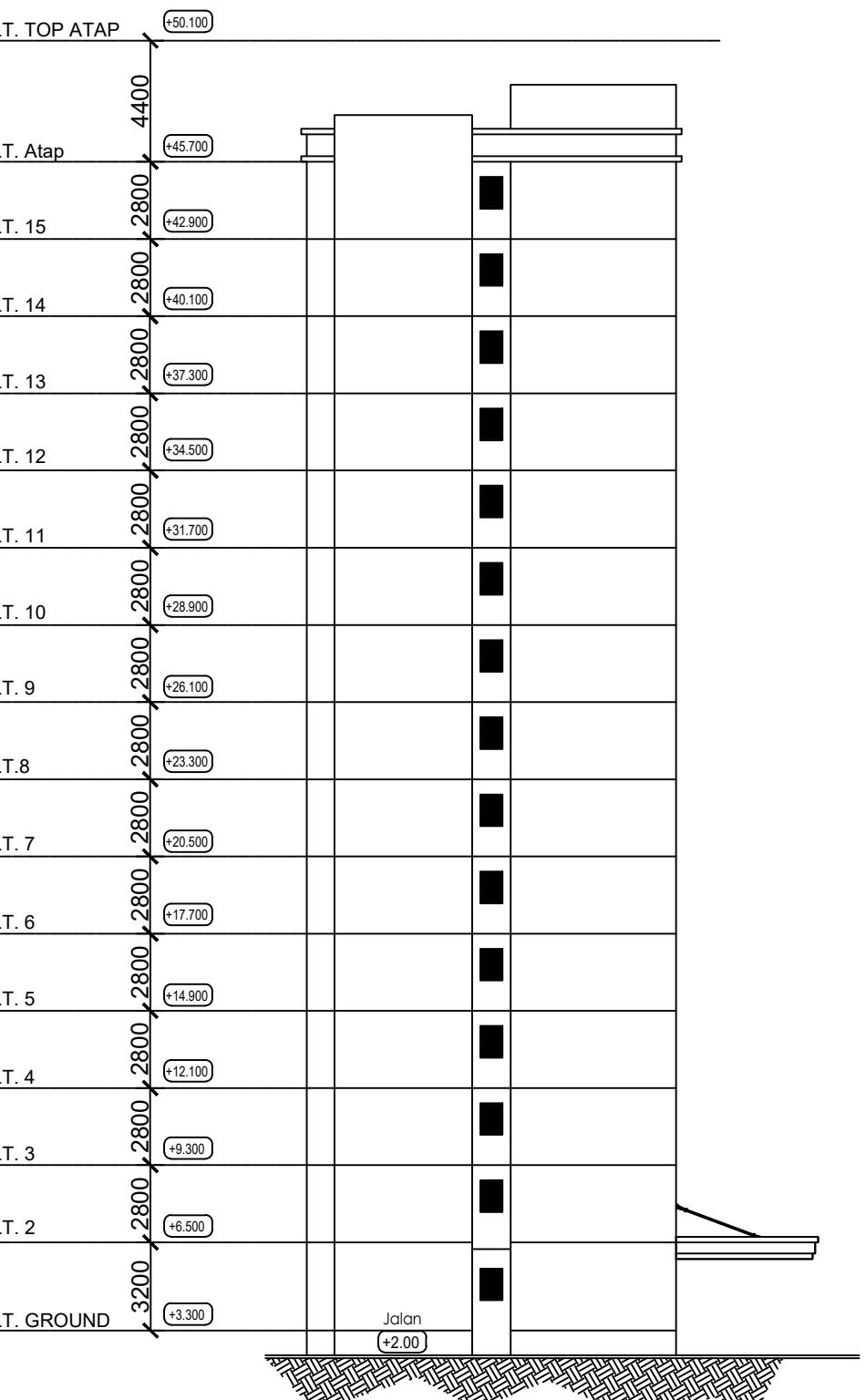
Tampak Utara & Selatan Tower

DETAIL GAMBAR SKALA

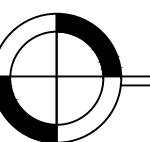
Gambar Struktur 1 : 250

KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

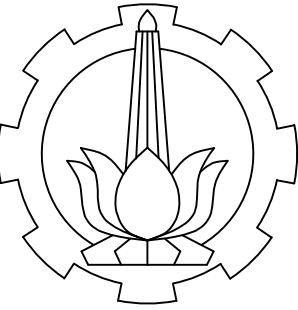
ARS 07



TAMPAK UTARA TOWER



SKALA 1 : 250



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

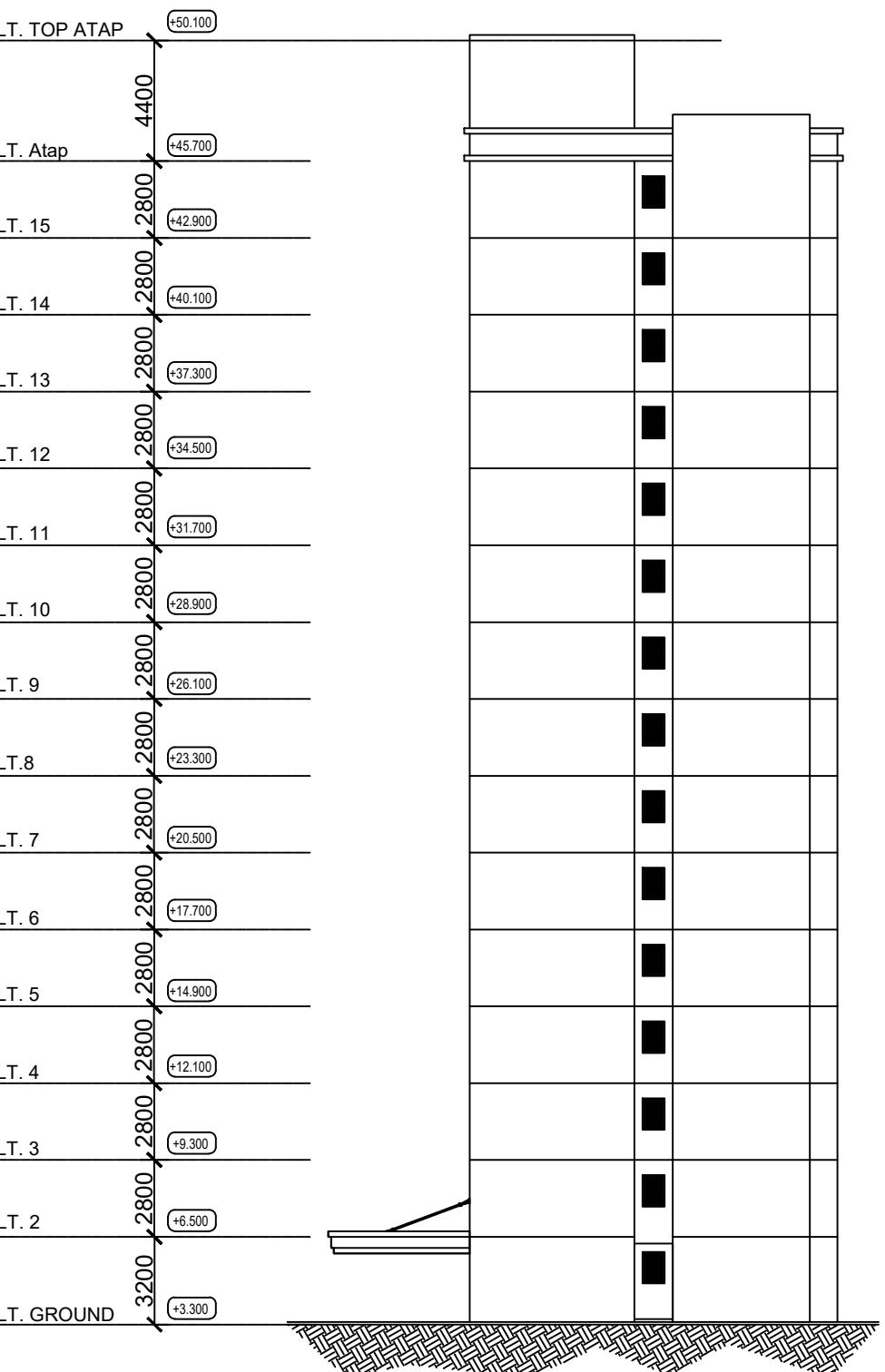
Tampak Utara & Selatan Tower

DETAIL GAMBAR SKALA

Gambar Struktur 1 : 250

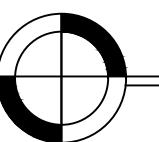
KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

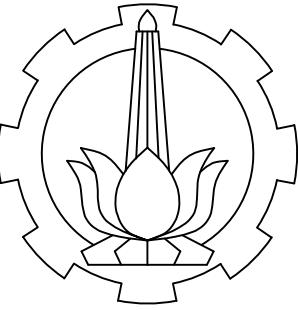
ARS 08



TAMPAK SELATAN TOWER

SKALA 1 : 250





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

Potongan A-A

DETAIL GAMBAR

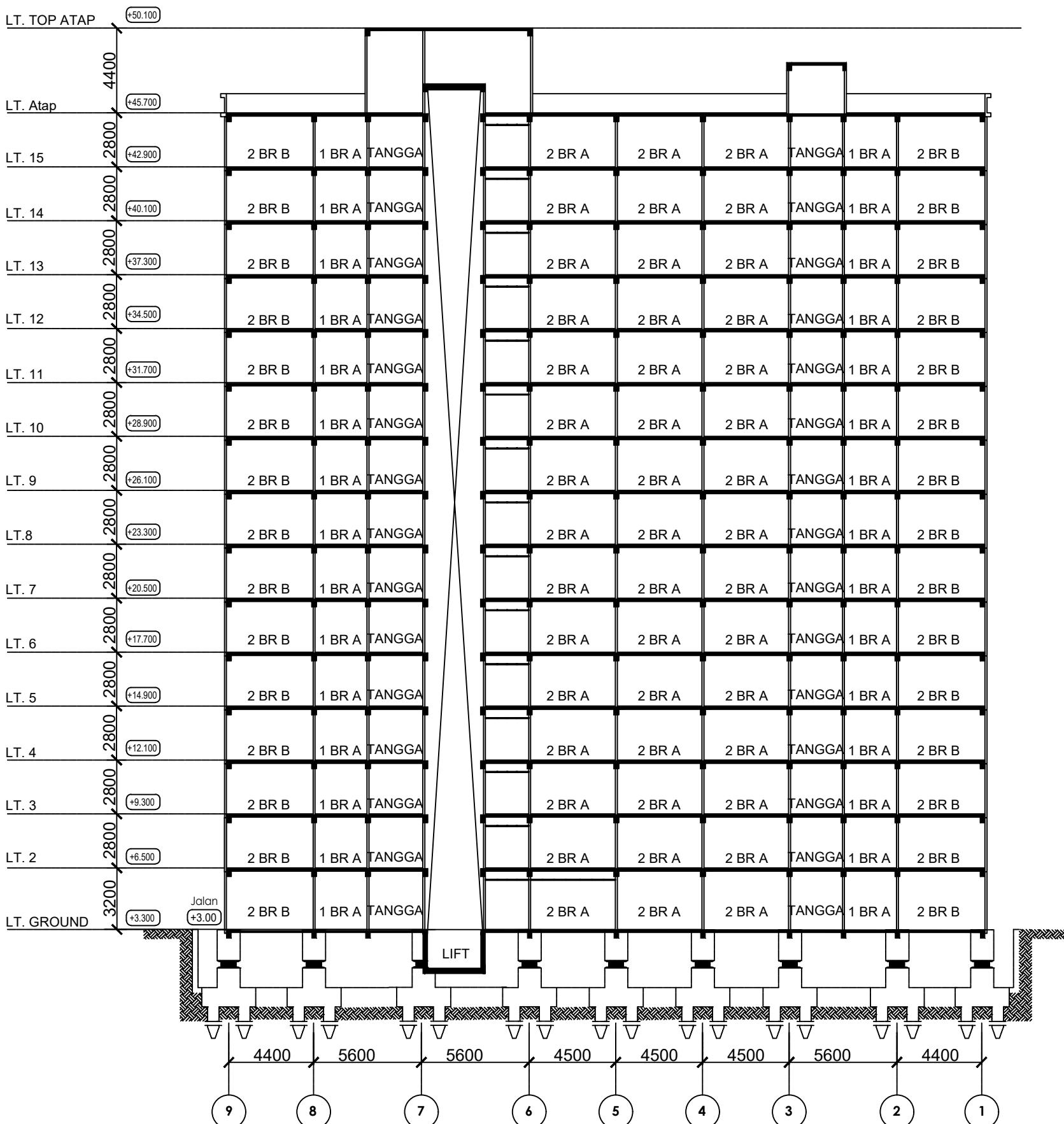
SKALA

Gambar Struktur 1 : 250

KODE GAMBAR

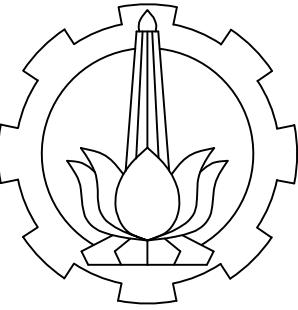
NOMOR GAMBAR

ARS 09



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 250



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

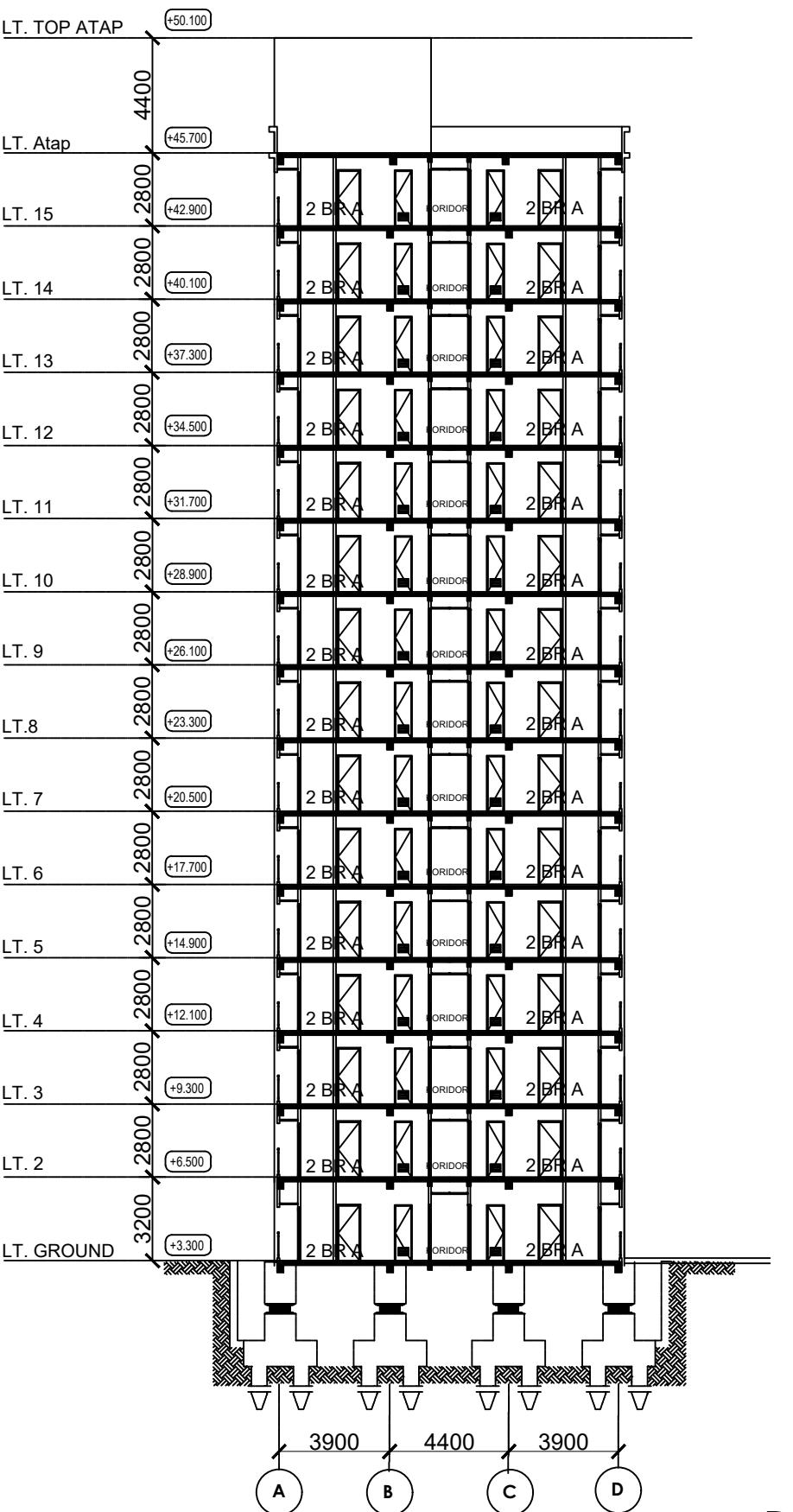
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

Potongan B-B

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 250

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	010



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 250



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

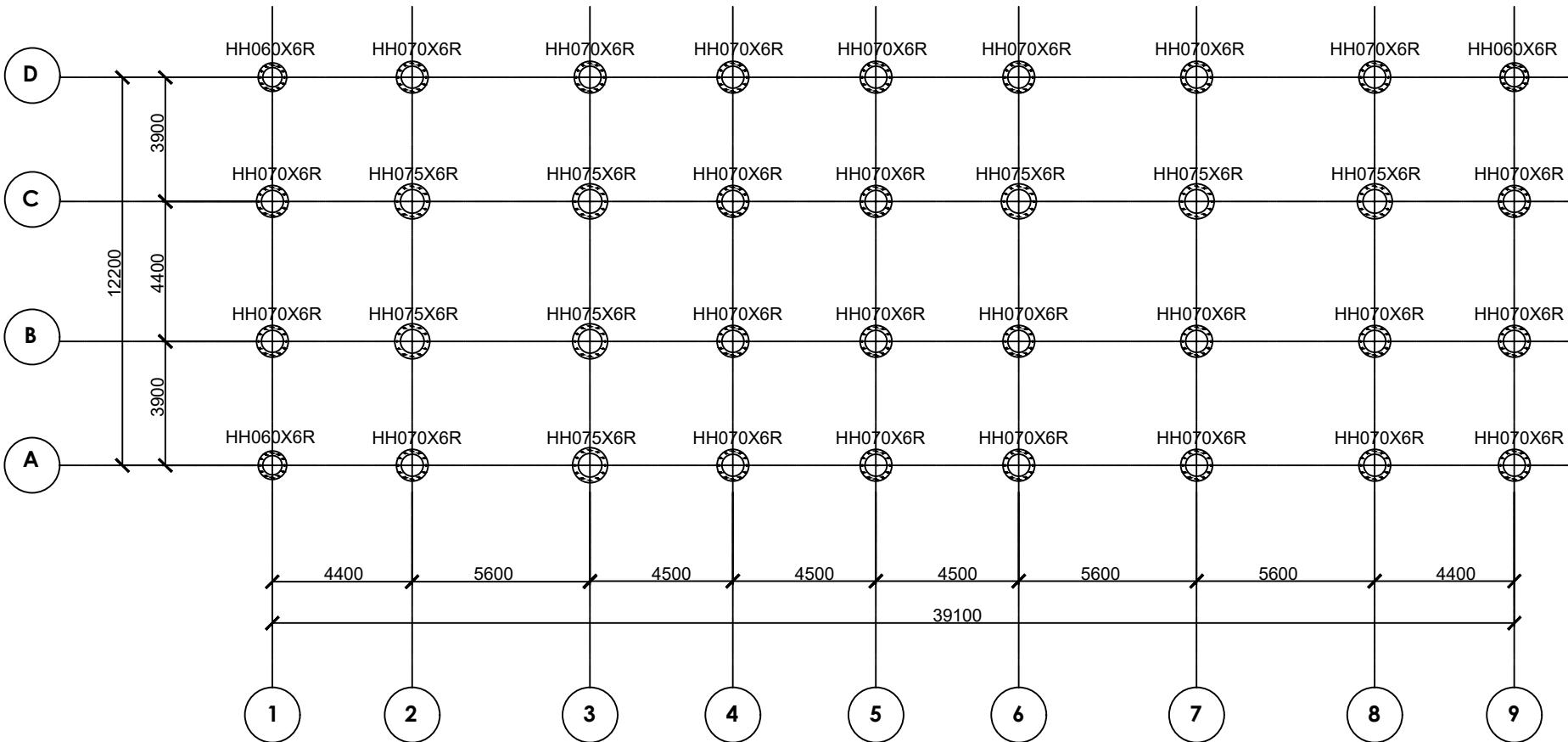
Denah HDRB

DETAIL GAMBAR SKALA

Gambar Struktur 1 : 200

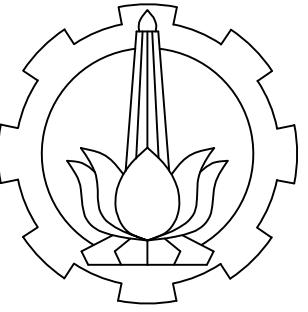
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR 11



DENAH HDRB

SKALA 1 : 200



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

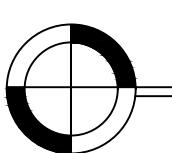
NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

Denah Pembalokan LT 1-7



DENAH PEMBALOKAN LT 1-7

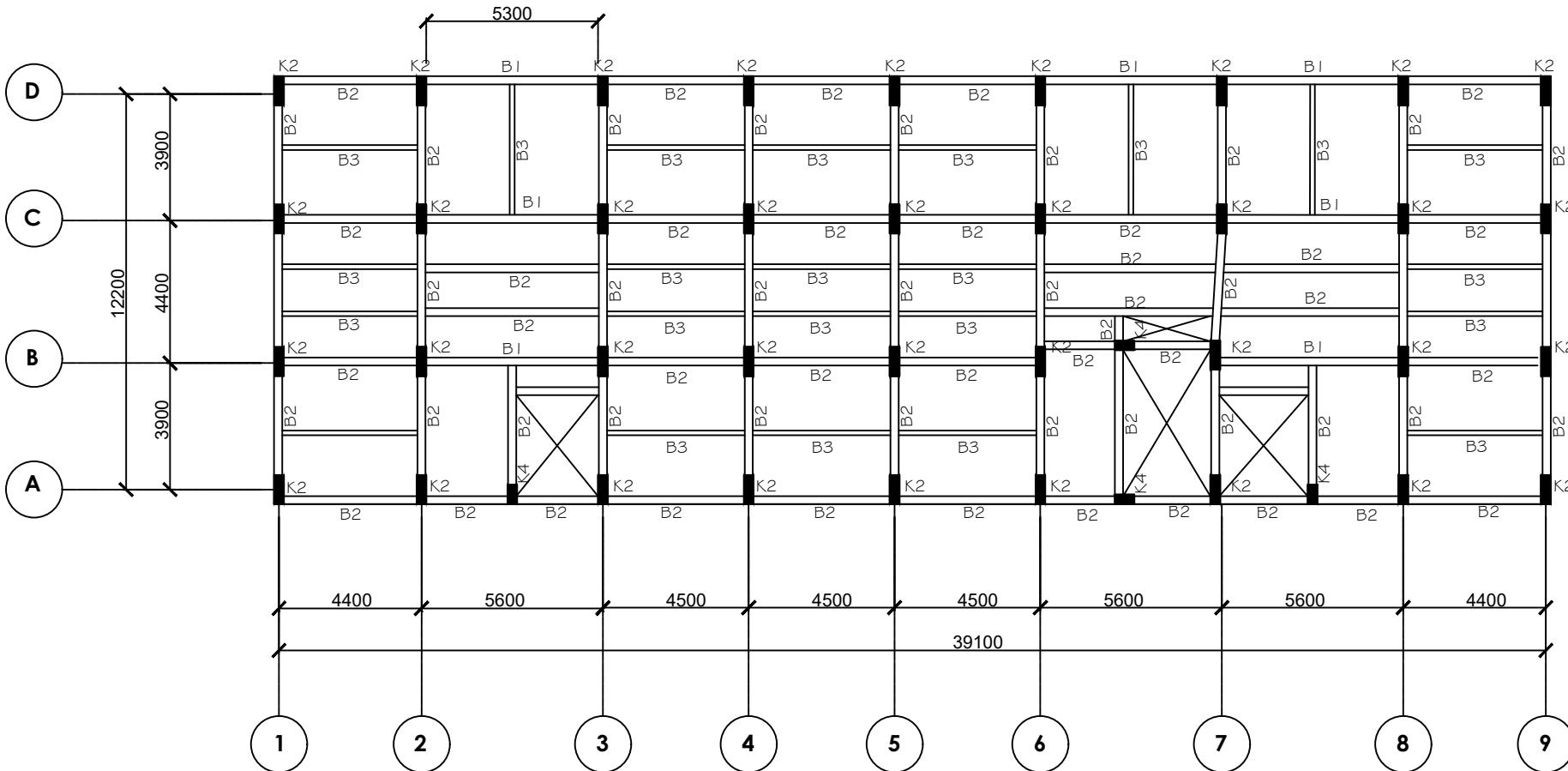
SKALA 1 : 200

DETAIL GAMBAR SKALA

Gambar Struktur 1 : 200

KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

STR 12





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

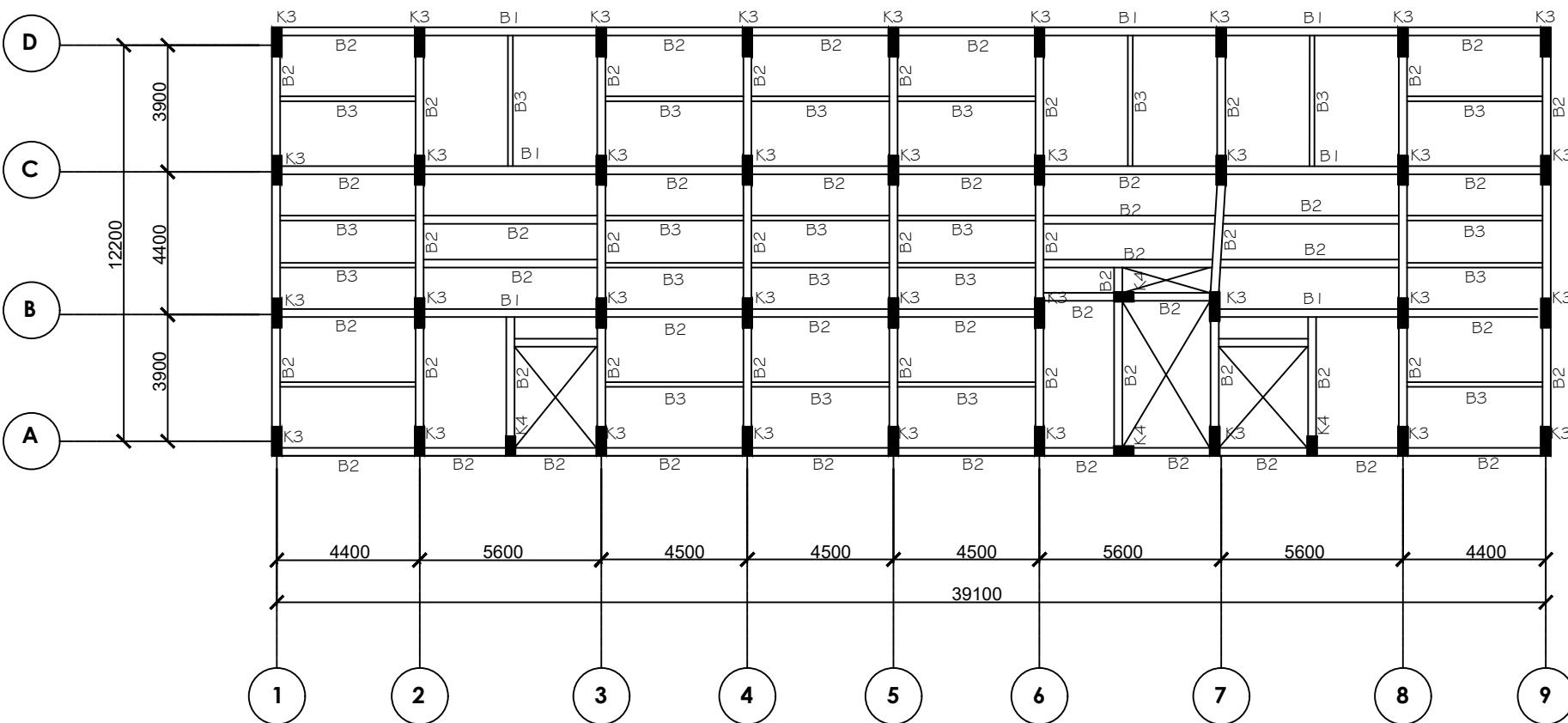
Denah Pemablokan 8-15

DETAIL GAMBAR SKALA

Gambar Struktur 1 : 200

KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

STR 13



DENAH PEMBALOKAN LT 8-15

SKALA 1 : 200



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

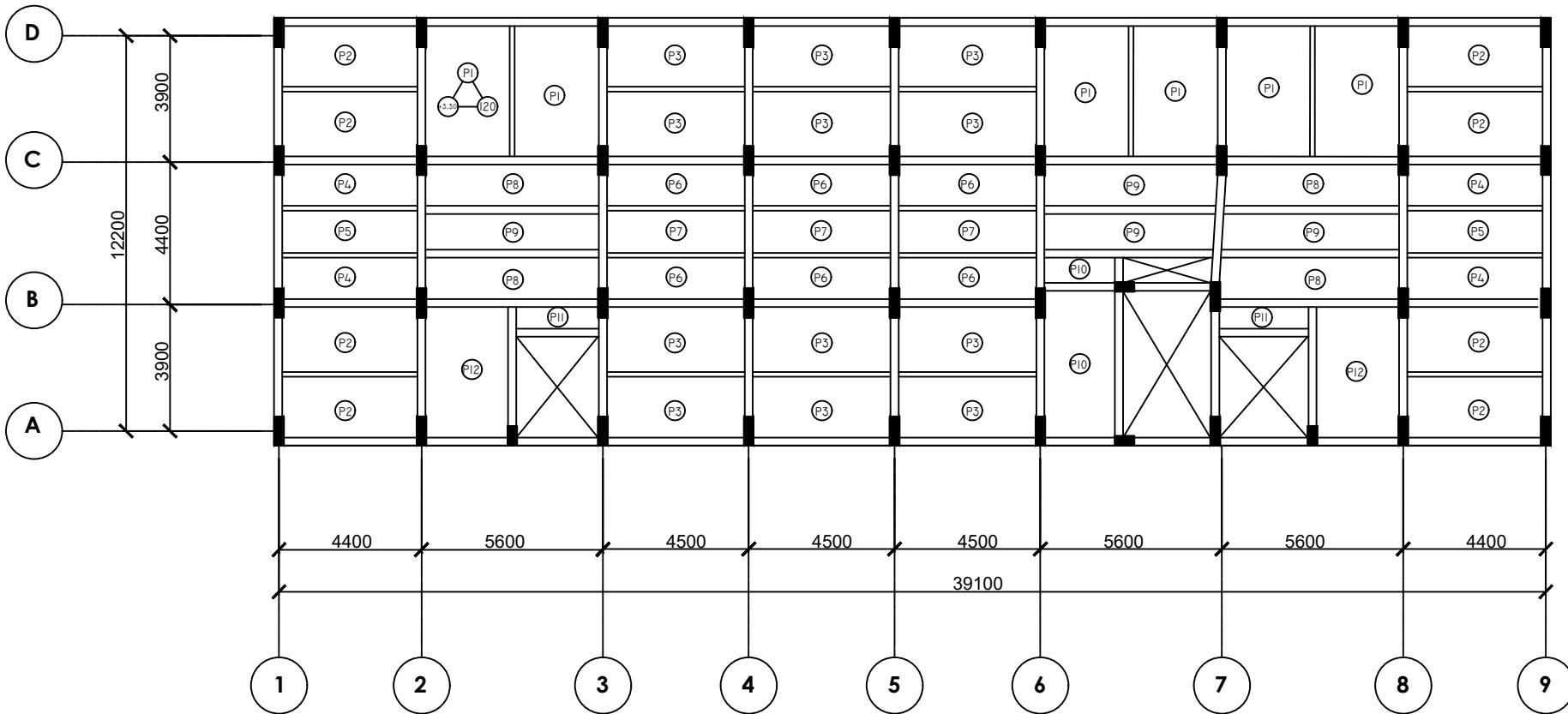
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

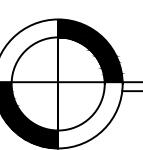
NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN



DENAH PELAT LT 1-15



SKALA 1 : 200

NAMA GAMBAR

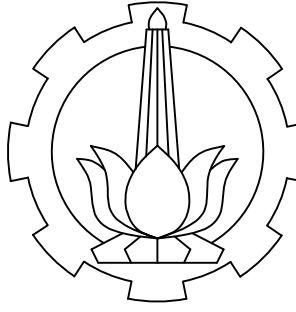
Denah Pelat lantai 1-15

DETAIL GAMBAR SKALA

Gambar Struktur 1 : 200

KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

STR 14



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

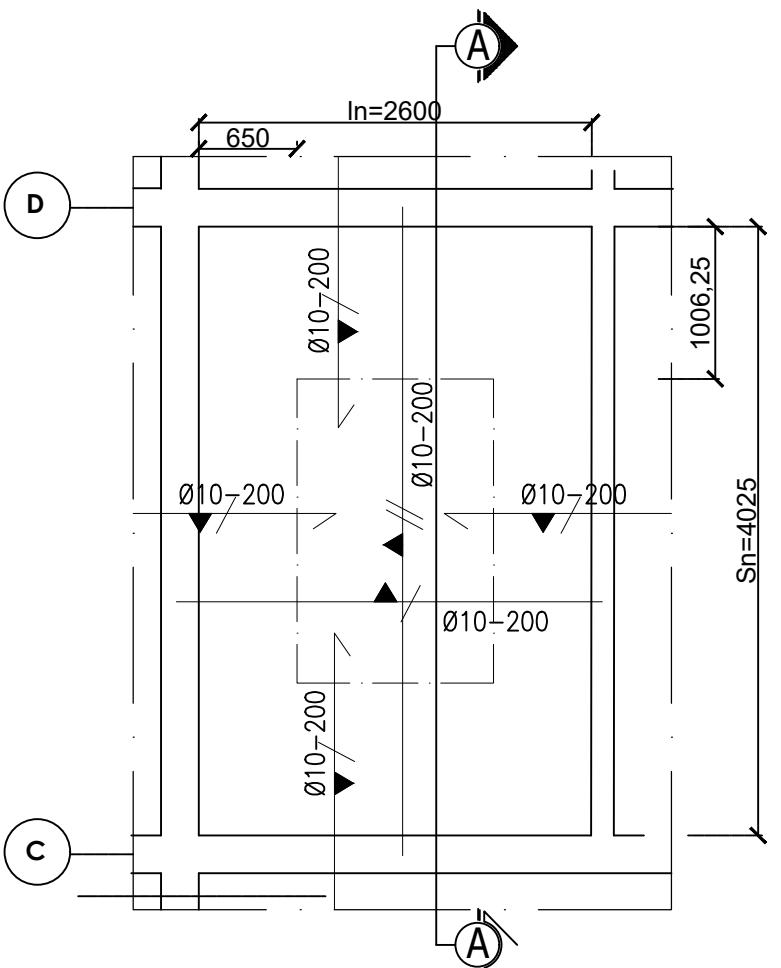
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT

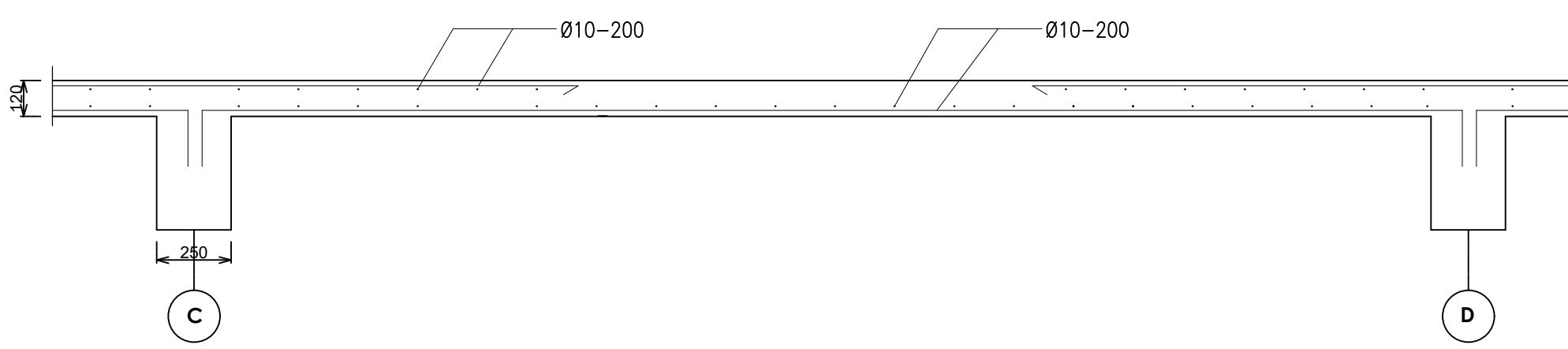
DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 200

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	15



DENAHPENULANGAN P1

SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 20



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

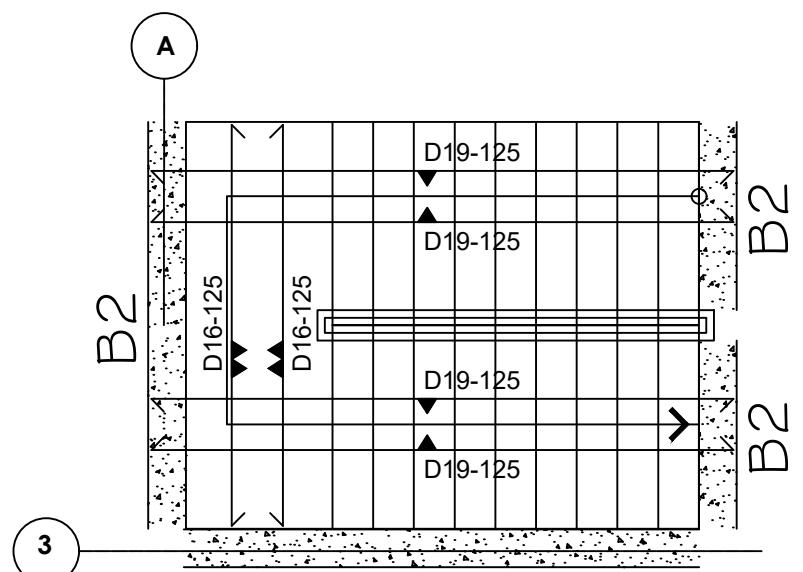
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

PENULANGAN TANGGA

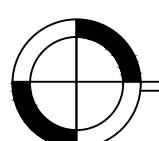
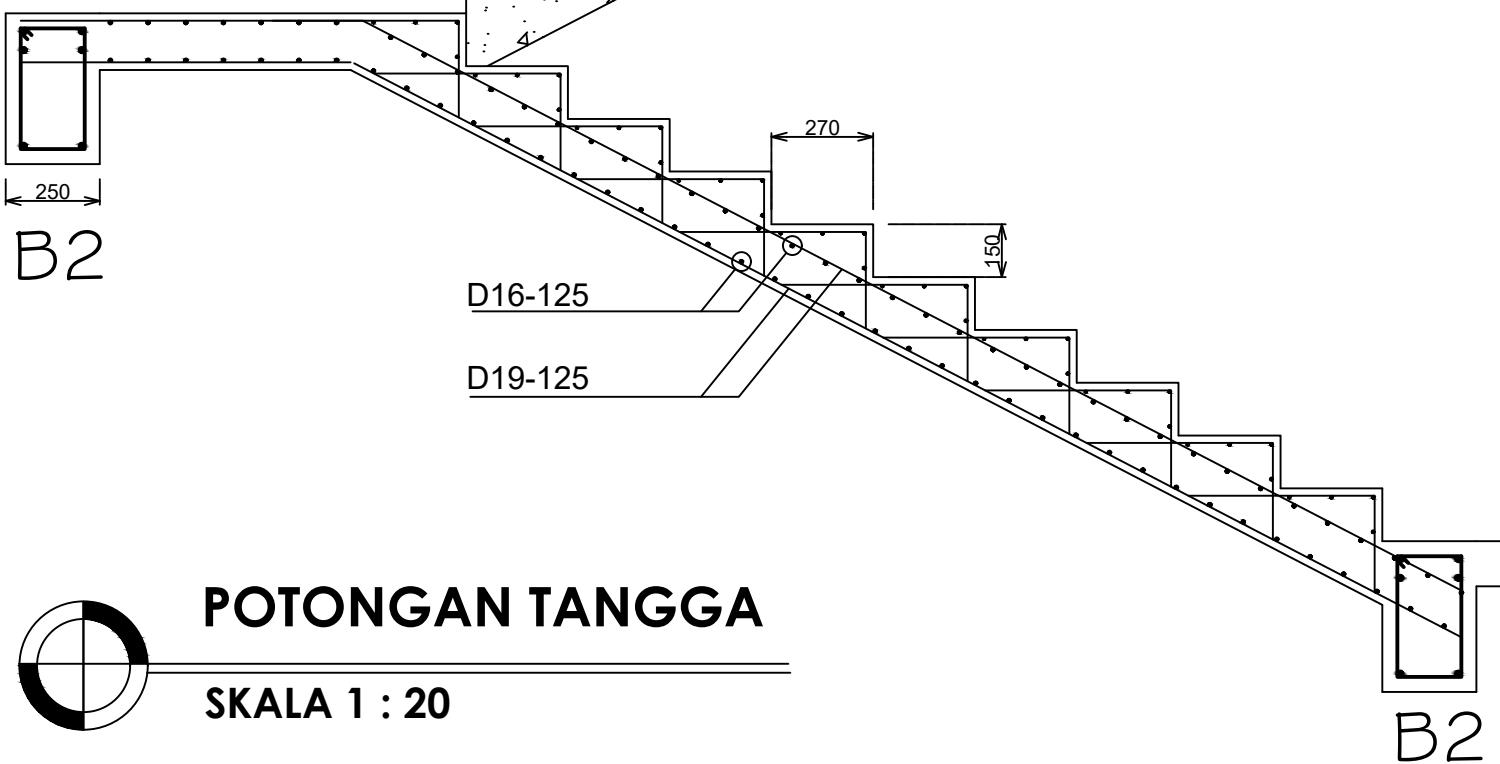
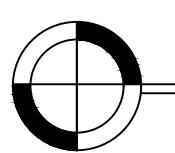
DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	16



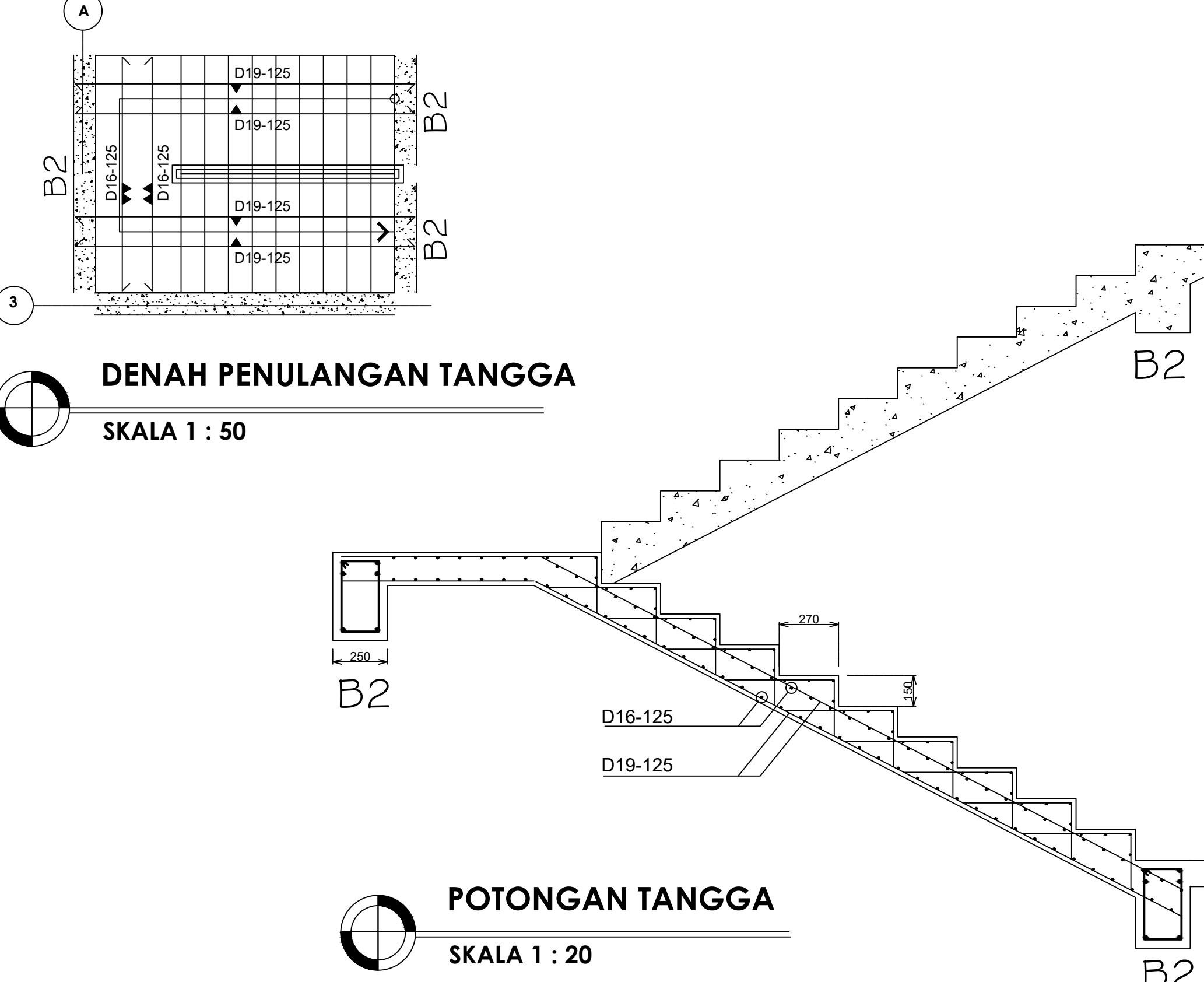
DENAH PENULANGAN TANGGA

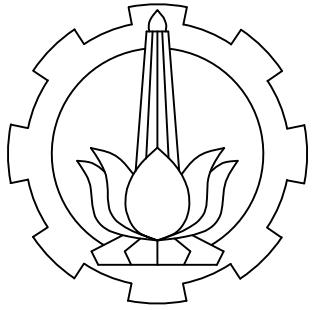
SKALA 1 : 50



POTONGAN TANGGA

SKALA 1 : 20





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik Dengan Seismic Base Isolation High Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

TABEL PENULANGAN BALOK DAN KOLOM

DETAIL GAMBAR	SKALA
----------------------	--------------

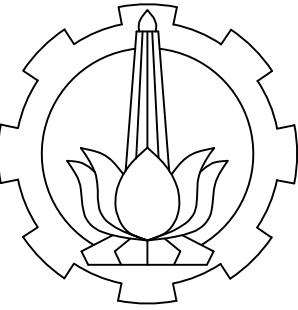
Gambar Struktur	1 : 20
-----------------	--------

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
--------------------	---------------------

STR	17
-----	----

KODE BALOK	B1		B2		B3		
	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN							
DIMENSI	250x500 mm	250x500 mm	250x400 mm	250x400 mm	150x300 mm	150x300 mm	
TUL. ATAS	5 D-16	2 D-16	4 D-16	2 D-16	4 D-13	2 D-13	
TUL. BAWAH	2 D-16	3 D-16	2 D-16	3 D-16	2 D-13	3 D-13	
TUL. RUSUK	2 Ø-10	2 Ø-10	-	-	-	-	
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150	
KAKI	2 kaki	2 kaki	2 kaki	2 kaki	2 kaki	2 kaki	

KODE KOLOM	K2		K4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI	300x900 mm	300x900 mm	300x600 mm	300x600 mm
TULANGAN	16 D-19	16 D-19	10 D-16	10 D-16
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

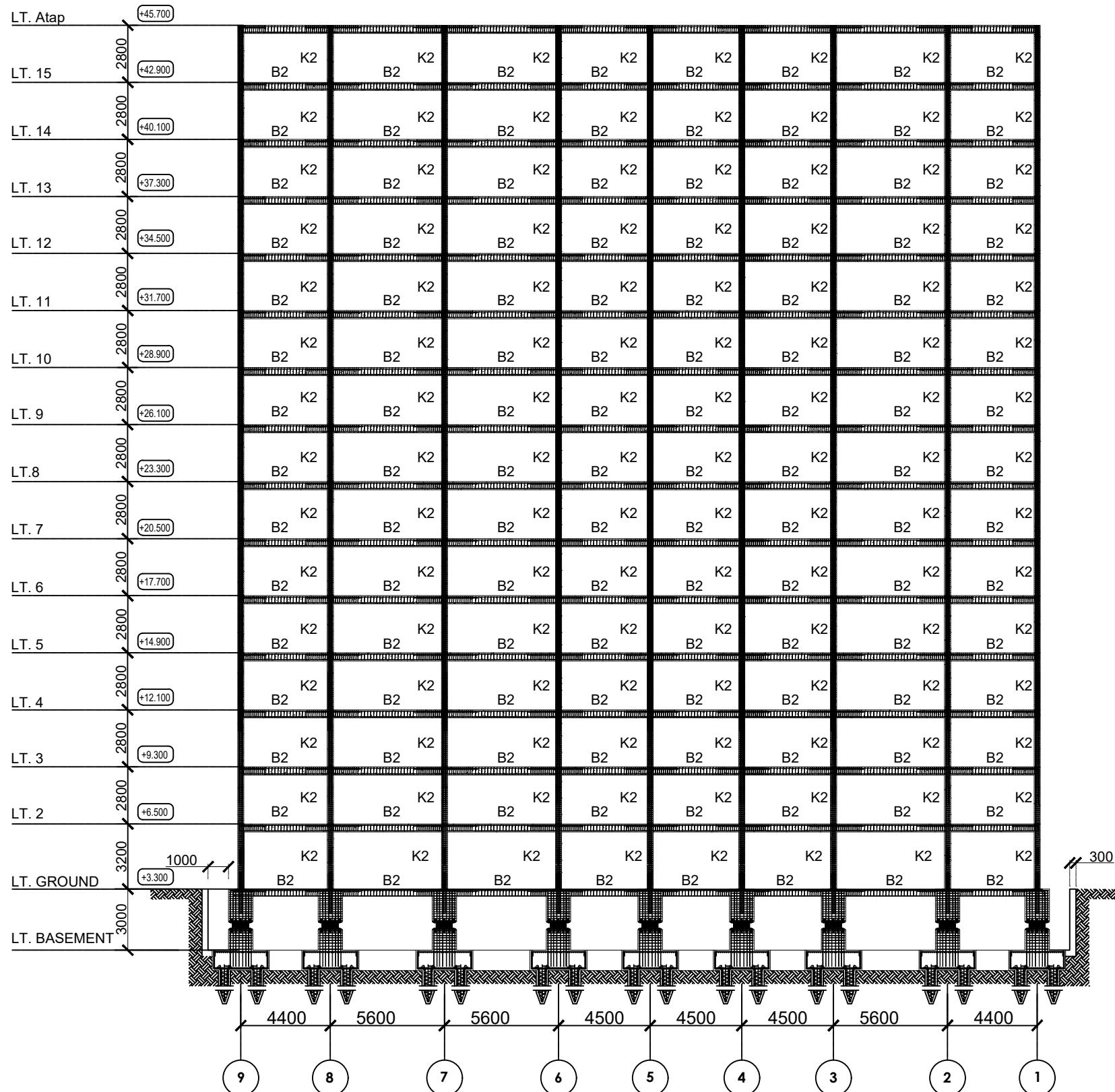
POTONGAN AS-C

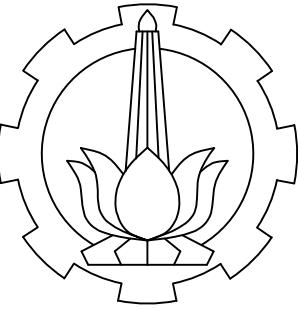
DETAIL GAMBAR	SKALA
----------------------	--------------

Gambar Struktur 1 : 250

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
--------------------	---------------------

STR 18





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

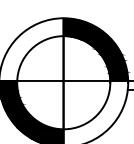
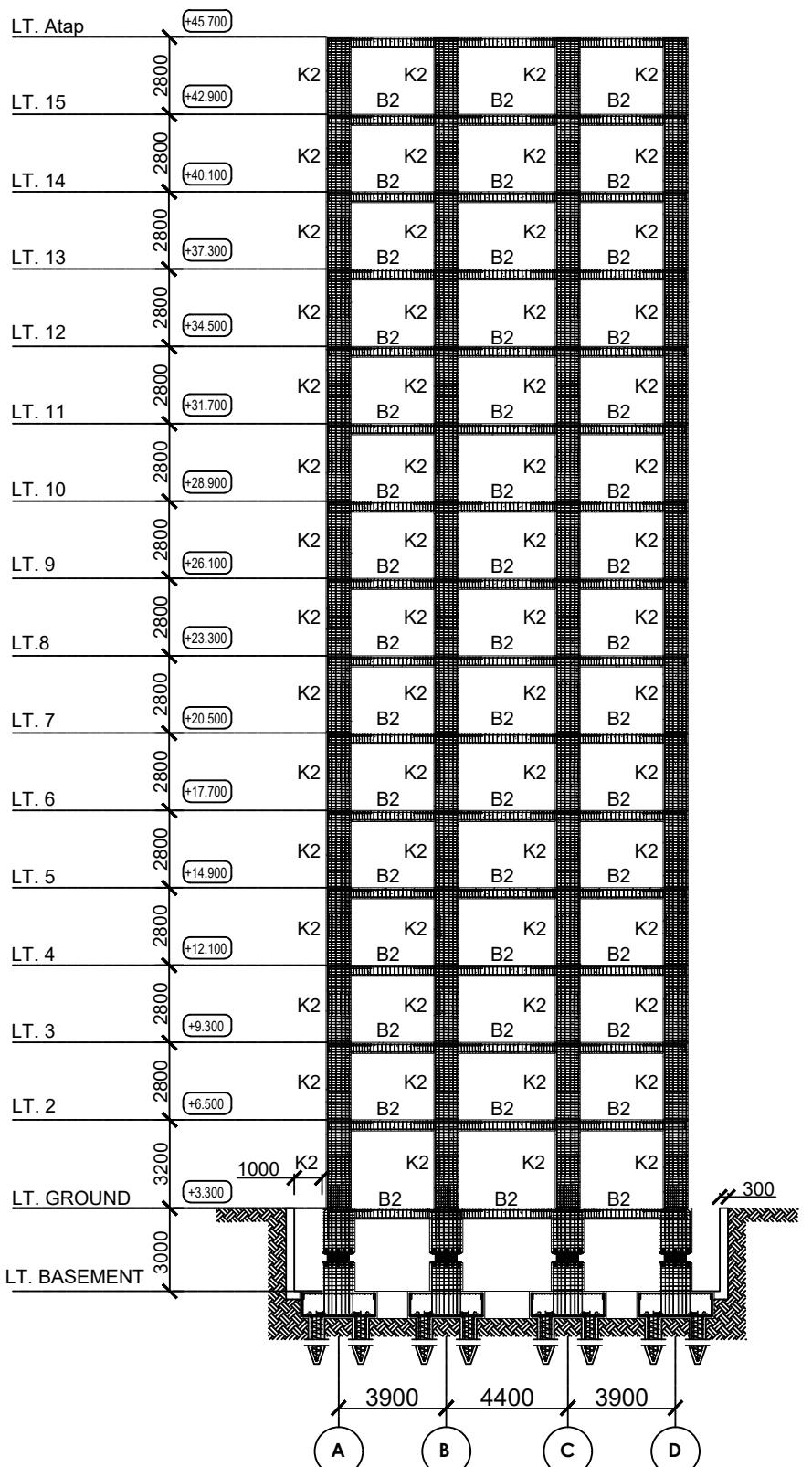
POTONGAN AS-2

DETAIL GAMBAR SKALA

Gambar Struktur 1 : 250

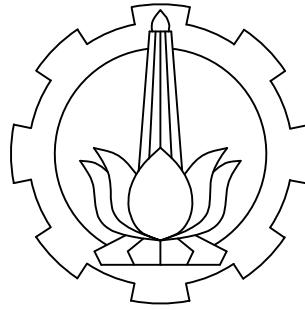
KODE NOMOR
GAMBAR GAMBAR

STR 19



POTONGAN As-2

SKALA 1 : 250



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRV)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

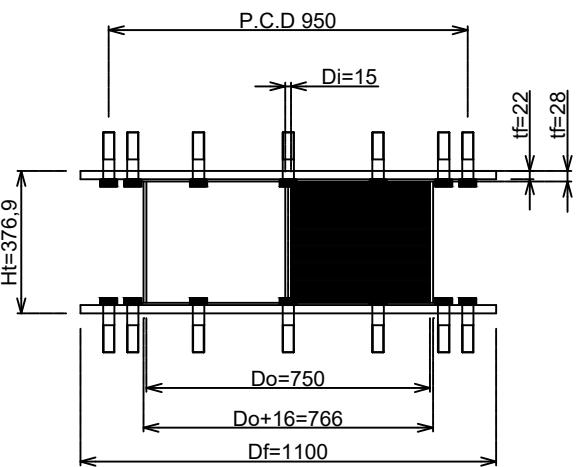
Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

HDRV HH075X6R

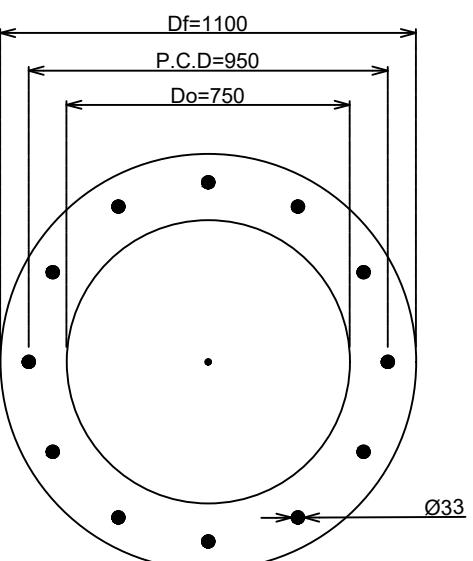
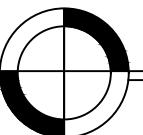
DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 20



POTONGAN HDRB

TIPE HH075X6R

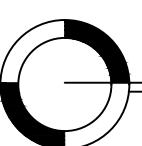
SKALA 1 : 20

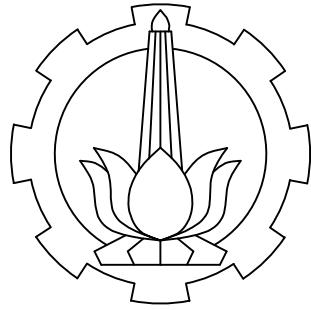


TAMPAK ATAS HDRB

TIPE HH075X6R

SKALA 1 : 20





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRV)

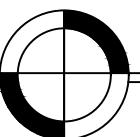
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

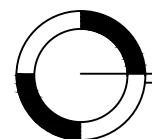
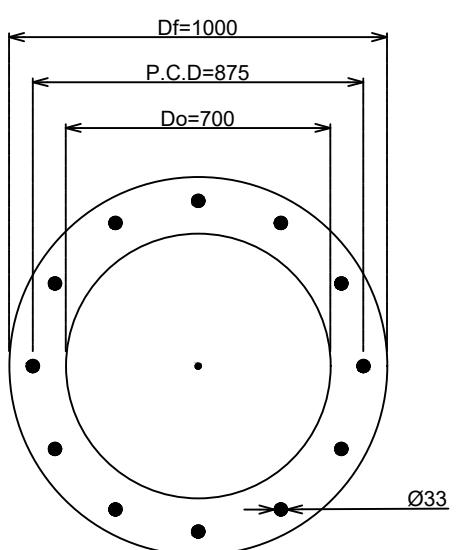
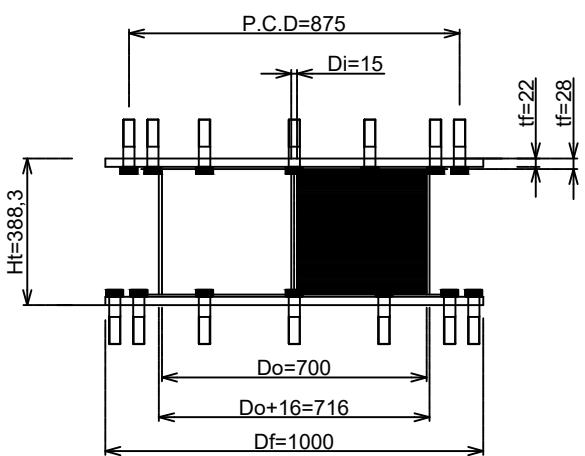
Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN



POTONGAN HDRB
TIPE HH070X6R

SKALA 1 : 20



TAMPAK ATAS HDRB
TIPE HH070X6R

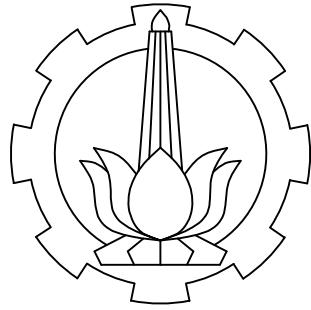
SKALA 1 : 20

NAMA GAMBAR

HDRV HH070X6R

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 20

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	21



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRV)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

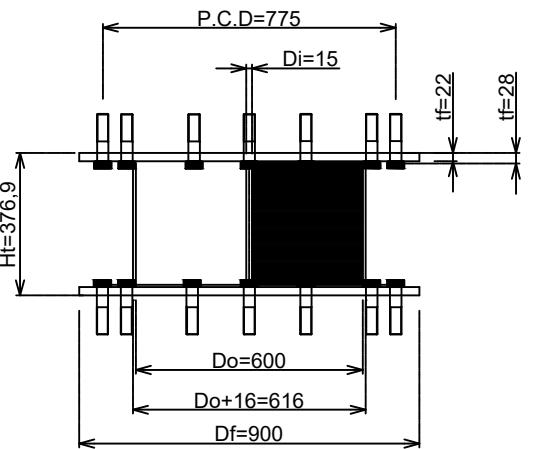
Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

HDRV HH060X6R

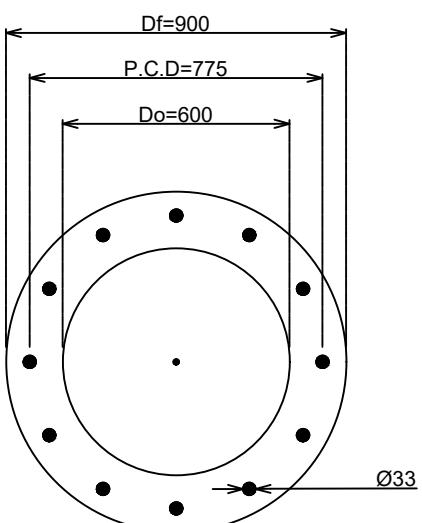
DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 20



POTONGAN HDRB

TIPE HH060X6R

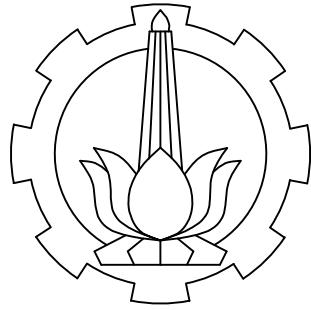
SKALA 1 : 20



TAMPAK ATAS HDRB

TIPE HH060X6R

SKALA 1 : 20



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

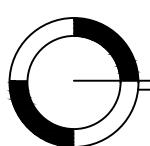
NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

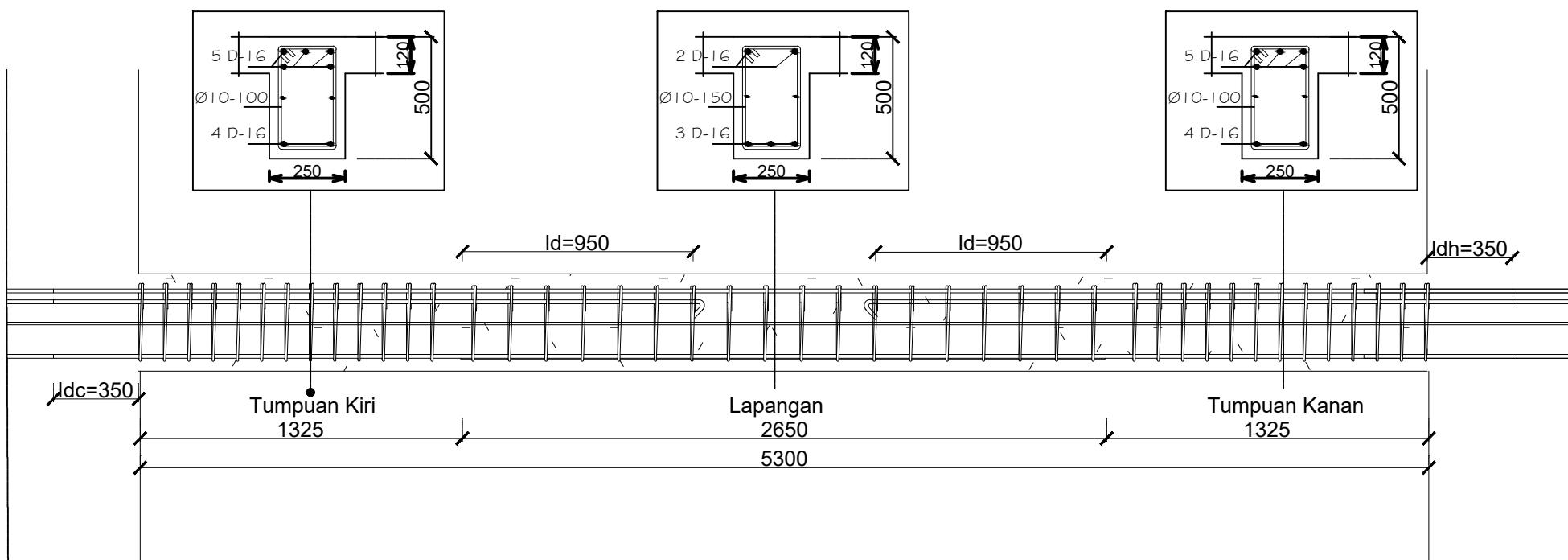
Detail Balok 1 (B1)

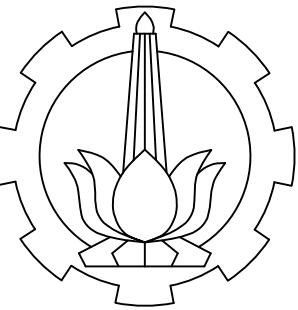


DETAIL BALOK 1 (B1)

SKALA 1 : 25

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 25
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	23





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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

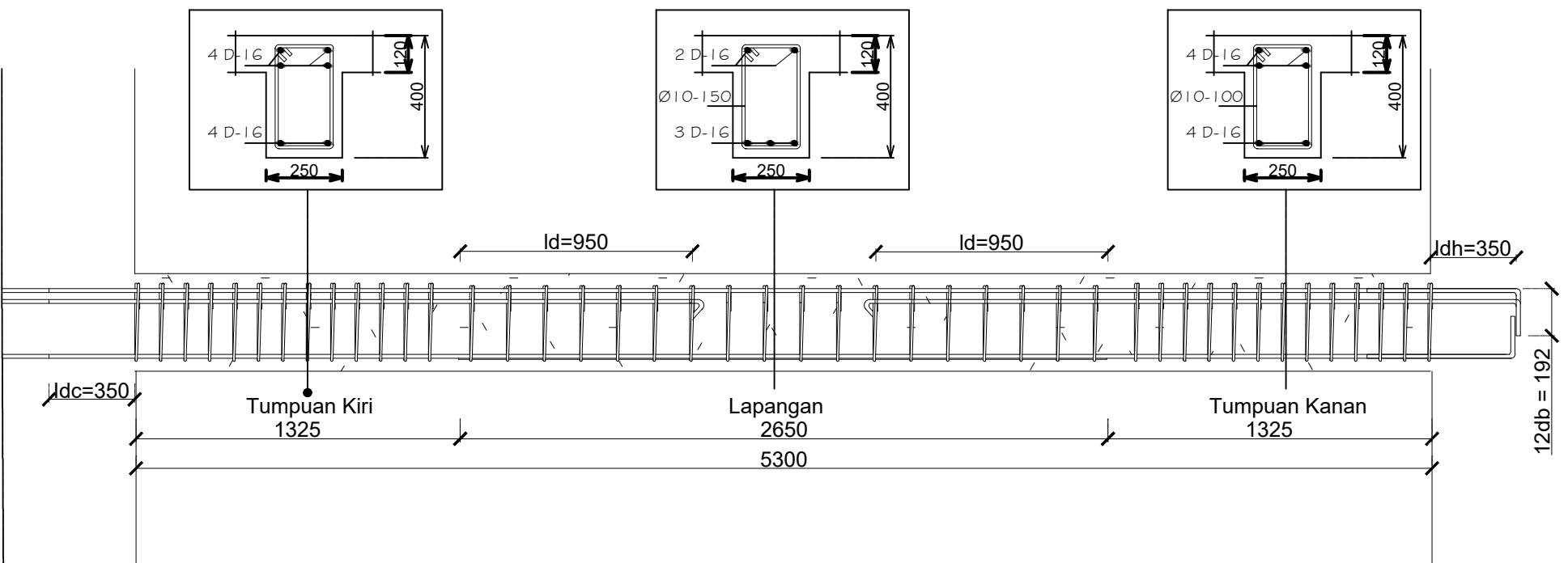
KETERANGAN

NAMA GAMBAR

Detail Balok B2

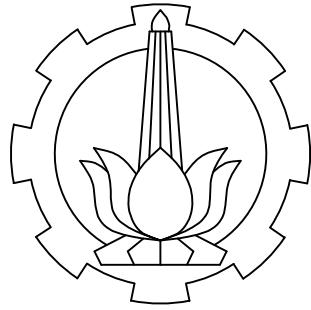
DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 25

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	24



DETAIL BALOK 2 (B2)

SKALA 1 : 25



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

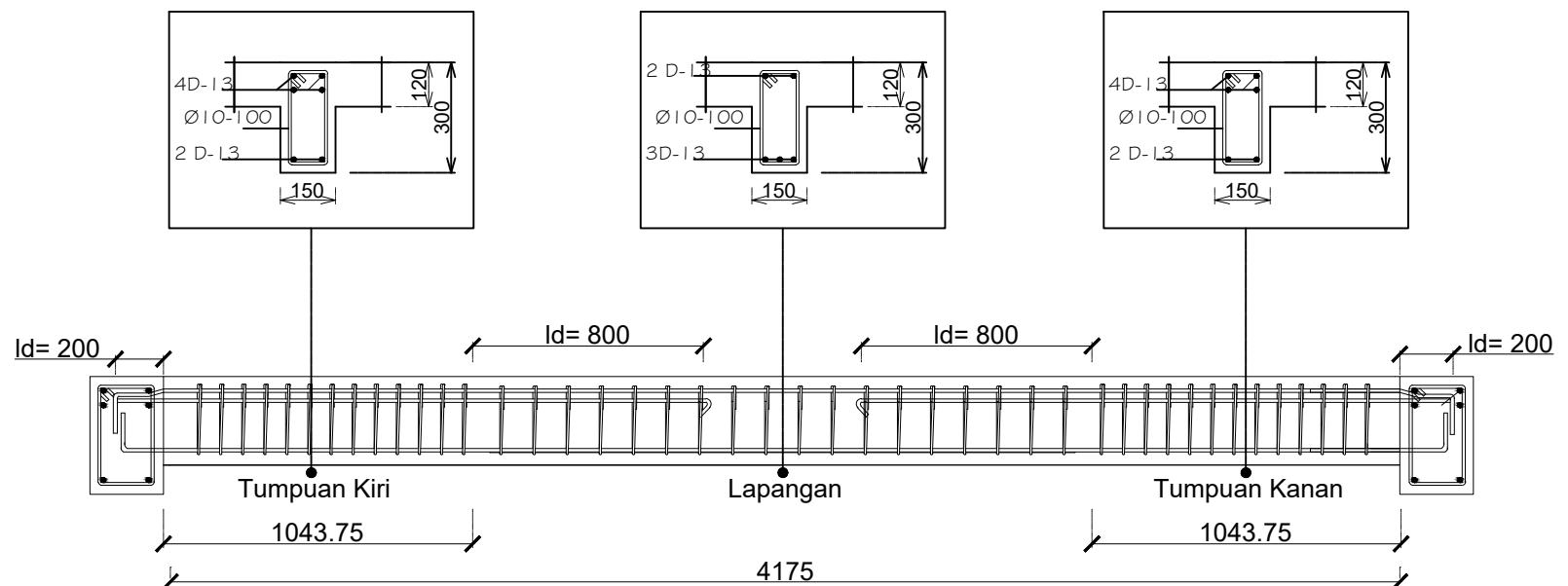
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN



DETAIL BALOK 3 (B3)

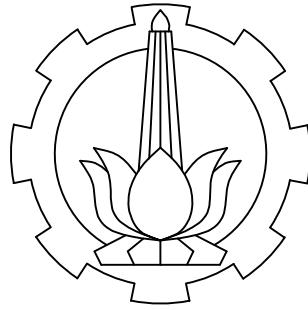
SKALA 1 : 25

NAMA GAMBAR

Detail Balok B3

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 25

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	25



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

JUDUL PROYEK AKHIR

Alternatif Desain Struktur
Gedung Apartemen
Gunawangsa Gresik Dengan
Seismic Base Isolation High
Damping Rubber Bearing
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19720115 199802 1 001

NAMA MAHASISWA

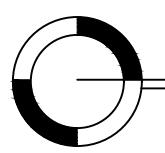
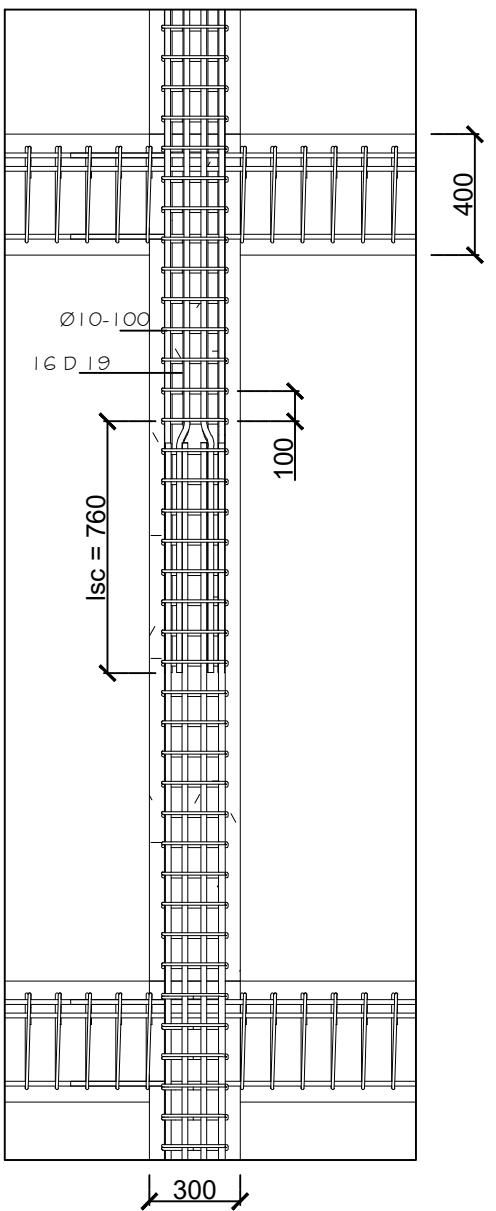
Aditya Rachmad Andriyono
NRP.10111610013038

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

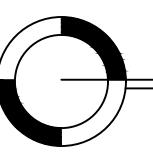
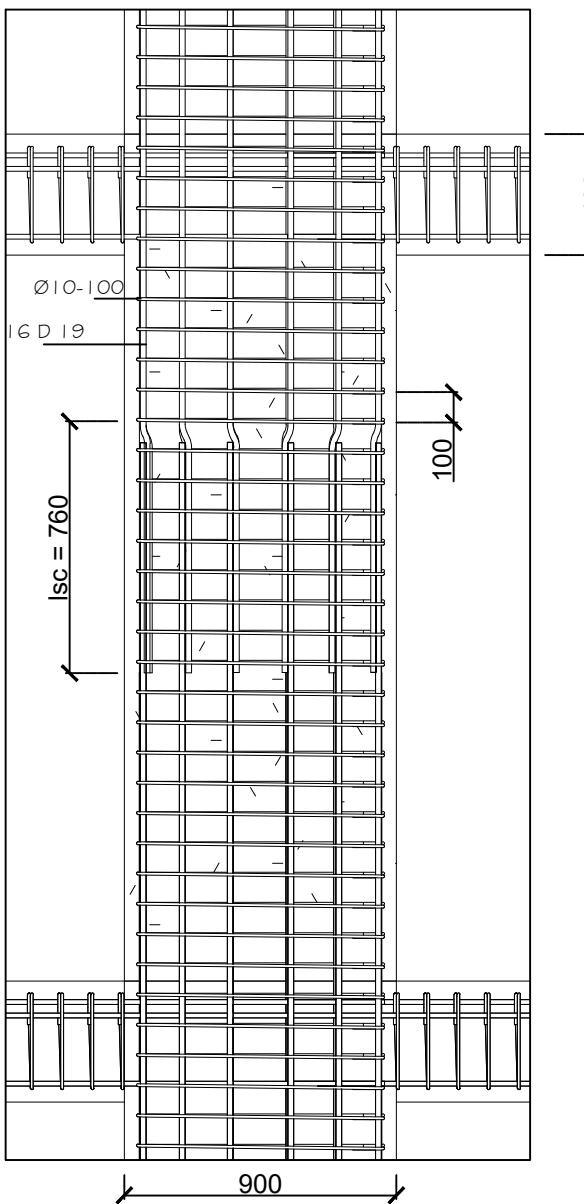
Detail Kolom

DETAIL GAMBAR	SKALA
Gambar Struktur	1 : 25
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	26



DETAIL TUL K1 ARAH X

SKALA 1 : 25



DETAIL TUL K1 ARAH Y

SKALA 1 : 25