



PROYEK AKHIR - VC191845

**DESAIN ALTERNATIF PADA GEDUNG
APARTEMEN GUNAWANGSA TOWER A GRESIK
DENGAN MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS
DAMPER***

IFON ROBI KURNIADI
NRP. 10111610013034

DOSEN PEMBIMBING
Dr.Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, M.S.
NIP. 19590209 198603 1 002

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



PROYEK AKHIR - VC191845

**DESAIN ALTERNATIF PADA GEDUNG
APARTEMEN GUNAWANGSA TOWER A GRESIK
DENGAN MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS
DAMPER***

**IFON ROBI KURNIADI
NRP. 10111610013034**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, M.S.
NIP. 19590209 198603 1 002**

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



FINAL PROJECT - VC191845

**ALTERNATIVE DESIGN OF TOWER A
GUNAWANGSA APARTMENT BUILDING IN
GRESIK USING FLUID VISCOUS DAMPER**

**IFON ROBI KURNIADI
NRP. 10111610013034**

**SUPERVISOR
Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, M.S.
NIP. 19590209 198603 1 002**

**BACHELOR OF APPLIED ENGINEERING PROGRAM
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN
PROYEK AKHIR**

**“DESAIN ALTERNATIF PADA GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN *FLUID VISCOUS DAMPER*”**

Disusun sebagai salah satu syarat kelulusan pada :
Program Sarjana Terapan
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 21 Agustus 2020

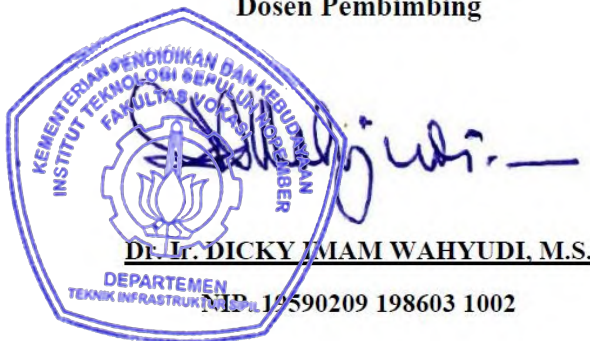
Disusun Oleh:



IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



DR. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, M.S.

NIP. 19590209 198603 1002

“DESAIN ALTERNATIF PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA TOWER A GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS DAMPER*”

Mahasiswa : Iphon Robi Kurniadi
NRP : 10111610013034
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV–ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRAK

Gedung Apartemen Gunawangsa yang terletak di Kabupaten Gresik ini menggunakan rangka penahan momen bertulang dengan dinding geser. Dinding geser yang awalnya dibuat dari beton bertulang diinginkan untuk diganti dengan kaca. Setelah dinding geser dilepas, ditemukan bahwa struktur mengalami simpangan horizontal yang terlalu besar sehingga melampaui batas yang diijinkan. Masalah ini akan diatasi dengan menambahkan peralatan *fluid viscous damper (FVD)* pada rangka luar bangunan.

Perhitungan desain struktur dilakukan dengan mengacu pada peraturan bangunan terbaru, yaitu SNI 2847-2013, SNI 1729-2015, ACI 318M-14, dan AISC 360-16. Sedangkan pembebanan ditetapkan dengan menggunakan ASCE 7-16 dan SNI 1727-2013. Proses perhitungan selanjutnya meliputi pemodelan struktur dengan ETABS 18, pemilihan kapasitas FVD, analisis gaya dalam, dan perhitungan tulangan balok-balok dan kolom-kolom rangka bangunan.

Dari perhitungan analitik didapatkanlah suatu alternatif desain rangka bangunan yang diperkuat dengan alat FVD. Peralatan yang dipilih masing-masing berkapasitas 3000 kN pada lantai 1 sampai 6, 2000 kN pada lantai 7 sampai 10, 1000 kN pada lantai 11, 750 kN pada lantai 12, dan 500 kN pada lantai 13 sampai 15. Semua peralatan dipasang pada rangka luar searah sumbu lemah bangunan. Dari pemeriksaan yang dilakukan, goyangan

yang terjadi pada bangunan yang diperkuat ini berada dalam batas nilai yang diijinkan.

Kata kunci: rangka penahan momen, dinding geser, simpangan horizontal, *fluid viscous damper*, kapasitas, sumbu lemah.

“ALTERNATIVE DESIGN OF TOWER A GUNAWANGSA APARTMENT BUILDING IN GRESIK USING FLUID VISCOUS DAMPER”

Student : Ifon Robi Kurniadi
NRP : 10111610013034
Department : Teknik Infrastruktur Sipil FV–ITS
Supervisor : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRACT

Gunawangsa Apartment Building, which is located in Gresik Regency, uses a reinforced concrete moment resisting frame with shearwalls. Shearwalls that were originally made of reinforced concrete are desired to be replaced with glass. After the shearwalls are removed, it is found that the structure experiences drift that is too large to exceed its allowable limit. This problem will be fixed by adding fluid viscous damper (FVD) equipment in the exterior frame of the building.

The structural design calculations are conducted by referring to the latest regulations, namely SNI 2847-2013, SNI 1729-2015, ACI 318M-14, and AISC 360-16. While the loading is defined using ASCE 7-16 and SNI 1727-2013. The next calculation process includes structural modeling with ETABS 18, selecting capacity of the FVDs, analyzing internal forces, and calculating the reinforcement of the building frame beams and columns.

From the analytical examination, it has resulted in an alternative design of building frames strengthened with FVD devices. The equipments are selected each with a capacity of 3000 kN on the 1st to 6 floors, 2000 kN on the 7th to 10th, 1000 kN on the 11th, 750 kN on the 12th, and 500 kN on the 13th to 15th floors. All equipments are installed at the outer frames in the direction of the weak axis of the building. From the checks carried out, the sway that occurs in this reinforced building is within the allowable drift limits.

Keywords: moment resisting frame, shearwalls, drift limits, fluid viscous damper, capacity, weak axis.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada panutan kita Nabi Muhammad Sallallahualaihiwasallam sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Desain Alternatif Pada Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik Dengan Menggunakan *Fluid Viscous Damper*.”

Selama proses penyusunan Proyek Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu, Bapak dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa.
2. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S. selaku dosen pembimbing.
3. PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk, selaku pemberi data Proyek Akhir.
4. Teman-teman Departemen Teknik Infrastruktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan Proyek Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan Proyek Akhir ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, 13 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I - PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II - TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 <i>Fluid Viscous Damper</i>	6
2.3 Sistem Struktur Gedung.....	13
2.4 Penetapan Beban-Beban	15
2.5 Kombinasi Pembebanan	25
2.6 Analisa Struktur	26
2.7 Perhitungan Struktur.....	28
BAB III - METODOLOGI.....	61
3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	61
3.2 Studi Literatur	64
3.3 Pengumpulan Data	64
3.4 Pembebanan	73
3.5 Permodelan Struktur.....	73
3.6 Analisa Struktur	74
3.7 Penggambaran Output Desain.....	75
BAB IV - PERMODELAN DAN PERHITUNGAN STRUKTUR	77
.....	77
4.1 Beban Mati.....	77
4.2 Beban Hidup (LL).....	80
4.3 Beban Hujan (R)	81
4.4 Beban Angin (W)	81
4.5 Beban Gempa (Q).....	87
4.5 Kombinasi Pembebanan	94

4.6	Permodelan Struktur Eksisting.....	95
4.7	Permodelan Struktur Tanpa <i>Shear Wall</i>	103
4.8	Desain Struktur Primer.....	110
4.9	Permodelan Struktur Dengan Breising Sebelum Dipasang <i>Fluid Viscous Damper</i>	135
4.10	Menentukan Kapasitas <i>Fluid Viscous Damper</i>	137
4.11	Permodelan Struktur Ditambah FVD.....	139
4.12	Desain Struktur Sekunder (Pelat Lantai).....	145
BAB V	- PERHITUNGAN SRUKTUR BAWAH.....	157
5. 1	Metode Perhitungan Daya Dukung Tiang.....	157
5. 2	Data Tanah.....	159
5. 3	Daya Dukung Ijin Tiang.....	160
5. 4	Gaya Gesek Dinding Tiang.....	162
5. 5	Kapasitas Daya Dukung Sau Tiang.....	163
5. 6	Perencanaan Tipe Pondasi.....	163
5. 7	Perhitungan Sloof.....	180
BAB VI	- BREISING, SAMBUNGAN, & ANGKUR.....	185
6.1	Perhitungan Breising HSS Untuk Ekstensi Damper.....	185
6.2	Perhitungan Breising FVD Lantai 3.....	185
6.3	Perhitungan Sambungan <i>Gusset Plate</i>	189
6.4	Perhitungan Baut Angkur.....	195
6.5	Perhitungan Sambungan HSS-FVD.....	202
BAB VII	- PENUTUP.....	205
7.1	Kesimpulan.....	205
7.2	Saran.....	205
	DAFTAR PUSTAKA.....	207
	BIODATA PENULIS.....	209
	UCAPAN TERIMAKASIH.....	211
	LAMPIRAN.....	213

DAFTAR NOTASI

A_b	=	Luas penampang baut, mm ² .
A_{cp}	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm ² .
A_e	=	Luas penampang bersih, mm ² .
A_g	=	Luas penampang brutto, mm ² .
A_n	=	Luas penampang bersih, mm ² .
A_{Na}	=	Luas pengaruh terproyeksi dari angkur atau kelompok angkur dengan lekatan, untuk perhitungan kekuatan lekatan tarik, mm ² .
A_{Na}	=	Luas pengaruh terproyeksi dari angkur tunggal dengan lekatan, untuk perhitungan kekuatan lekatan tarik, mm ² .
A_{Nc}	=	Luas kerusakan beton terproyeksi dari angkur kelompok, mm ²
A_{Nco}	=	Luas kerusakan beton terproyeksi dari angkur tunggal, mm ² .
A_{nv}	=	Luas netto penampang yang mengalami gaya geser, mm ² .
A_{nt}	=	Luas netto penampang yang mengalami gaya tarik, mm ² .
A_l	=	Luas total tulangan longitudinal penahan torsi, mm ² .
A_o	=	Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser, mm ² .
A_{oh}	=	Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang, mm ² .
$A_{se,N}$	=	Luas penampang baut efektif terhadap tarik, mm ² .
$A_{s,min}$	=	Luas minimum tulangan lentur, mm ² .
A_s	=	Luas tulangan tarik, mm ² .
A'_s	=	Luas tulangan tekan, mm ² .
A_{sh}	=	Penampang total tulangan sengkang persegi
A_T	=	Luas satu kaki Sengkang tertutup yang menahan torsi, mm ² .
A_{vc}	=	luas kegagalan beton terproyeksi dari angkur tunggal atau kelompok angkur, untuk perhitungan kekuatan geser, mm ² .

- A_v = Luas tulangan geser berspasi S, mm².
 A_{vd} = Luas tulangan total dalam setiap kelompok diagonal, mm².
 $A_{v,min}$ = Luas minimum tulangan geser dalam spasi s, mm².
 A_w = Luas pengelasan, mm².
 b = Lebar keseluruhan komponen struktur, mm
 b_w = lebar badan (*web*), mm.
 b_o = keliling penampang kritis untuk geser pons, mm.
 c = Panjang garis netral untuk gaya aksial tekan terfaktor (Pu) dan kapasitas momen nominal penampang (Mu).
 c_{a1} = Jarak dari pusat batang angkur ke tepi beton dalam satu arah, mm.
 c_{a2} = Jarak dari pusat batang angkur ke tepi beton dalam arah tegak lurus terhadap c_{a1} , mm.
 Cc = Jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik
 C_d = Faktor pembesaran defleksi
 C_s = Koefisien respon seismik
 C_{vx} = Faktor distribusi vertikal
 d = Tinggi efektif segmen yang ditinjau, mm.
 d_b = Diameter nominal batang tulangan, mm.
 d_h = Tinggi hidrolis pada beban hujan, mm.
 d_s = Tinggi statis pada beban hujan, mm.
 DL = Beban mati yang bekerja.
 Ec = Modulus elastisitas beton, Mpa
 Es = Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural, Mpa.
 Ex = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X.
 Ey = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y.
 f_{cr} = Tegangan kritis, MPa
 f'_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa.
 F_d = *Damping Force*
 f_y = Kuat leleh baja tulangan yang disyaratkan, Mpa.
 f_u = Kuat putus baja tulangan yang disyaratkan, Mpa.
 f_{uta} = Kuat tarik baut angkur, MPa

- f_p = Tegangan pada pelat landas, MPa.
 f_s = Tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan, MPa.
 F_v = Koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).
 FVD = *Fluid Viscous Damper*
 f_w = Kuat tarik las efektif, MPa.
 G = Faktor efek tiupan angin
 F_a = Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik).
 F_{EXX} = Kuat tarik kawat las, MPa.
 F_{nv} = Tegangan geser nominal baut sesuai tabel J3.2 AISC 360-16 (MPa)
 F_{nw} = Tegangan nominal dari logam las $0.6 F_{EXX}$, MPa.
 F_{PGA} = Koefisien situs untuk PGA
 h = Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
 h_{sx} = ketinggian lantai yang ditinjau dari hasil analisis
 h_w = Tinggi bersih retaining wall yang ditinjau, mm.
 I = Momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm⁴.
 I_e = Faktor Keutamaan Gempa
 k = Eksponen terkait perioda struktur
 k_c = Koefisien untuk kuat jebol (*breakout*) beton dasar dalam kondisi tarik.
 K = Faktor konversi panjang efektif batang tekan.
 K_d = Faktor arah angin pada beban
 K_z = Faktor koefisien eksposur
 L = Panjang as to as kolom
 L_{gv} = Jarak antar baut yang sejajar dengan arah gaya tarik, mm.
 L_{gt} = Jarak antar baut yang tegak lurus dengan arah gaya tarik, mm.
 LL = Beban hidup yang bekerja.
 Lr = Beban hidup atap yang bekerja.
 M_n = Kekuatan lentur nominal pada penampang, N-mm.
 M_{nb} = Kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik, yang merangka ke dalam joint, N-mm.

- M_{nc} = Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dihitung untuk gaya aksila terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur terendah, N-mm.
- M_u = Momen terfaktor pada penampang, N.mm.
- n = Jumlah benda.
- N_b = Kekuatan jebol (*breakout*) beton dasar dalam kondisi tarik dari angkur tunggal dalam beton yang retak, N.
- N_{cb} = Kekuatan jebol (*breakout*) beton nominal dalam kondisi tarik dari angkur tunggal, N.
- N_{cbg} = Kekuatan jebol (*breakout*) beton nominal dalam kondisi tarik dari kelompok angkur tunggal, N.
- N_n = Kuat tarik nominal penampang, N.
- N_p = Kekuatan cabut (*pullout*) dalam kondisi tarik dari angkur tunggal dalam beton yang retak, N.
- N_{pn} = Kekuatan cabut (*pullout*) nominal dalam kondisi tarik dari angkur tunggal, N.
- N_{sa} = Kuat tarik nominal baut angkur, N.
- N_u = Gaya aksial tarik terfaktor, N.
- N'_u = Gaya aksial tekan terfaktor pada pelat landas, N.
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton
- P_h = Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang
- P_n = Kekuatan aksial nominal penampang, N.
- $P_{n,max}$ = Nilai P_n maksimum yang diperbolehkan, N.
- P_u = Gaya aksial terfaktor, diambil sebagai positif untuk tekan dan negative untuk Tarik, N.
- P'_u = Gaya aksial tekan terfaktor pada pelat landas, N.
- q_{Du} = Beban mati terfaktor per satuan luas
- q_{Lu} = Beban hidup terfaktor per satuan luas
- q_u = Beban terfaktor per satuan luas
- r = radius girasi penampang
- r_n = Kuat geser dalam 1 baut, kN/baut.
- R = Koefisien modifikasi respons
- R_n = Kuat nominal sambungan
- s = Spasi pusat ke pusat suatu benda, mm.

- S = Modulus elastis penampang pada sumbu lentur, mm³.
 S_a = Spektrum respons percepatan desain
 S_s = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen.
 S_I = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen.
 S_{DS} = Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen.
 S_{DI} = Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen.
 S_{MS} = Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
 S_{MI} = Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
 S_o = Spasi pusat ke pusat tulangan transversal
 t = Tebal pelat, mm.
 t_p = Tebal pelat, mm.
 t_s = Tebal pelat, mm.
 T = Periode fundamental bangunan, detik.
 T_a = Periode fundamental bangunan yang diijinkan, detik.
 T_e = Waktu getar alami efektif saat inelastis
 T_i = Periode alami awal elastis
 T_0 = $0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
 T_L = Periode panjang
 T_s = $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
 T_n = Kekuatan momen torsi nominal, N-mm.
 T_u = Momen torsi terfaktor pada penampang, N-mm.
 U = Kombinasi faktor kuat perlu
 V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur
 V_b = kekuatan jebol (*breakout*) beton dasar dalam kondisi geser dari ankur tunggal dalam beton yang retak, N.
 V_c = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N.

- V_{cb} = Kekuatan jebol (*breakout*) beton nominal dalam kondisi geser dari angkur tunggal, N.
 V_{cbg} = Kekuatan jebol (*breakout*) beton nominal geser kelompok angkur, N.
 V_{cp} = Kekuatan jungkit (*pryout*) beton nominal dari angkur tunggal, N.
 V_{cpg} = Kekuatan jungkit (*pryout*) beton nominal dari kelompok angkur, N.
 V_{cw} = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton bila retak diagonal yang dihasilkan dari tegangan tarik utama yang tinggi dalam badan (*web*), N.
 V_n = Kekuatan geser nominal, N.
 V_s = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser, N.
 V_{sa} = kekuatan geser nominal dari angkur tunggal atau angkur individu dalam kelompok angkur yang ditentukan oleh kekuatan baja, N,
 V_t = Berat struktur
 V_u = Gaya geser terfaktor pada penampian, N.
 V'_u = Gaya geser terfaktor pada pelat landas, N.
 V_x = Gaya geser seismik antara tingkat x dan x-1
 V_y = Gaya geser seismik antara tingkat y dan y-1
 W = Beban angin yang bekerja
 W_t = Berat struktur
 Z = Modulus plastis penampang pada sumbu lentur, mm³.
 β_1 = Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral.
 Δ = Simpangan antar lantai tingkat desain
 Δ_a = Batas simpangan
 Δ_i = Simpangan yang terjadi
 δ_{xe} = Simpangan yang terjadi di tingkat x
 λ = Rasio diameter dengan tebal pelat.
 λ_p = Batas non kompak penampang
 λ_r = Batas kelangsingan penampang
 Ω_0 = Faktor kuat lebih

- ρ' = Rasio A_s' terhadap bd
 ρ_b = Rasio A_s terhadap bd yang menghasilkan kondisi regangan seimbang
 ϕ = Faktor reduksi kekuatan
 θ = Koefisien Stabilitas untuk pengaruh P- Δ
 ψ_s = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan ukuran tulangan.
 ψ_t = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan lokasi tulangan.
 ℓ = Panjang bentang balok atau slab satu arah, mm.
 ℓ_c = Jarak bersih (mm) searah gaya, dihitung dari tepi lubang ke tepi pelat terluar (untuk baut pinggir) atau jarak bersih antar tepi lubang (untuk baut dalam).
 ℓ_d = Panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir, mm
 ℓ_{dh} = Panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir atau kawat ulir dengan kait standar, yang diukur dari penampang kritis ujung luar kait (panjang penanaman lurus antara penampang kritis dan awal kait [titik tangen] ditambah jari-jari dalam bengkokan dan satu diameter batang tulangan), mm.
 ℓ_n = Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm.
 ℓ_o = Panjang yang diukur dari muka join sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus disediakan.
 ℓ_u = Panjang bentang bersih kolom

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1	<i>Aplikasi FVD pada Gedung</i>	6
Gambar 2 2	Lubang Pengontrol Cairan.....	7
Gambar 2 3	<i>Fluid Viscous Damper</i>	7
Gambar 2 4	Potongan Memanjang <i>Fluid Viscous Damper</i>	8
Gambar 2 5	Grafik Hubungan Antara Gaya Damping dan Kecepatan	10
Gambar 2 6	Model Pemasangan Fluid Viscous Damper.....	11
Gambar 2 7	Ilustrasi Model Pemasangan Fluid Viscous Damper	12
Gambar 2 8	Input Koordinat Apartemen Gunawangsa Gresik	14
Gambar 2 9	Nilai S_s dan S_1 Lokasi Apartemen	14
Gambar 2 10	Peta Persebaran S_s di Indonesia	19
Gambar 2 11	Peta Persebaran S_1 di Indonesia.....	20
Gambar 2 12	Spektrum Respon Desain	24
Gambar 2 13	Ilustrasi Simpangan antar Lantai	26
Gambar 2 14	Ilustrasi Perhitungan Lentur Balok.....	29
Gambar 2 15	Gaya Geser Desain untuk Kolom	38
Gambar 2 16	Gaya Geser Desain untuk Kolom	39
Gambar 2 17	Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang.....	47
Gambar 2 18	Penentuan Panjang Ekuivalen	47
Gambar 2 19	End Tee & Slotted HSS/Gusset Bolted Connection	55
Gambar 2 20	Tipe-Tipe Sambungan Las	55
Gambar 3 1	Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	62
Gambar 3 2	Denah Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	66
Gambar 3 3	Potongan Memanjang Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	67
Gambar 3 4	Potongan Melintang Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	68
Gambar 3 5	Tampak Timur Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	69

Gambar 3 6	Tampak Barat Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	70
Gambar 3 7	Tampak Utara Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	71
Gambar 3 8	Tampak Selatan Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A	72
Gambar 3 9	Permodelan Struktur Apartemen Gunawangsa Tower A	74
Gambar 4 1	Denah Hoistway	78
Gambar 4 2	Denah Ruang Mesin	78
Gambar 4 3	Potongan Hoistway	79
Gambar 4 4	Pembebanan Balok Elevator.....	80
Gambar 4 5	Faktor Topografi	83
Gambar 4 6	Ilustrasi Beban Angin yang Bekerja	85
Gambar 4 7	Nilai S_s , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 0.2 Detik	89
Gambar 4 8	Nilai S_1 , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik	90
Gambar 4 9	Respon Spektrum Desain Kabupaten Gresik	94
Gambar 4 10	Model 3 Dimensi Struktur Eksisting	96
Gambar 4 11	Model 3 Dimensi Struktur Tanpa <i>Shear Wall</i>	103
Gambar 4 12	Portal yang ditinjau; (a) Portal pada Bidang x-z; (b) Portal pada Bidang y-z	110
Gambar 4 13	Lokasi Portal yang Ditinjau	111
Gambar 4 14	Gaya Aksial dari ETABS 18	112
Gambar 4 15	Gaya Momen dari ETABS 18.....	112
Gambar 4 16	Detail Penulangan Balok 11 (B2).....	122
Gambar 4 17	Gaya Aksial dari ETABS 18	123
Gambar 4 18	Gaya Momen Arah x dari ETABS 18.....	123
Gambar 4 19	Gaya Geser dari ETABS 18	124
Gambar 4 20	Diagram Interaksi Kolom Hasil SPColoumn	125
Gambar 4 21	Model Penulangan Kolom pada SPColoumn	125
Gambar 4 22	Gaya Aksial Kolom Atas	127
Gambar 4 23	Gaya Momen Kolom Atas	127

Gambar 4 24	Diagram interaksi kolom atas dan bawah	127
Gambar 4 25	Model Pemasangan Bresing	136
Gambar 4 26	Model Pemasangan FVD.....	139
Gambar 4 27	Plat yang Ditinjau.....	146
Gambar 5 1	Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang.....	158
Gambar 5 2	Penentuan Panjang Ekuivalen	158
Gambar 5 3	Panjang Ekuivalen.....	161
Gambar 5 4	Grafik Nilai q_d/N	162
Gambar 5 5	Output Gaya Aksial	164
Gambar 5 6	Perencanaan Dimensi Pilecap.....	166
Gambar 5 7	Output Etabs 18 (1,2D + 1,6L).....	168
Gambar 5 8	Bidang Kritis Geser Satu Arah	169
Gambar 5 9	Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom ..	170
Gambar 5 10	Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom ..	171
Gambar 5 11	Interaksi Aksial dan Momen Sloof.....	182
Gambar 5 12	Detail Penulangan Sloof.....	184

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1	Rekomendasi Nilai Kekakuan <i>Fluid Viscous Damper</i>	10
Tabel 2 2	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek	15
Tabel 2 3	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik	15
Tabel 2 4	Kategori Risiko Bangunan	17
Tabel 2 5	Faktor Keutamaan Gempa	19
Tabel 2 6	Klasifikasi Situs Tanah	21
Tabel 2 7	Koefisien F_a	22
Tabel 2 8	Koefisien F_v	23
Tabel 2 9	Kategori Desain Seismik	24
Tabel 2 10	Panjang Penyaluran Tulangan Tarik	31
Tabel 2 11	Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan Tarik	32
Tabel 2 12	Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan Tekan	34
Tabel 2 13	Faktor Modifikasi Kait Tulangan Tarik	35
Tabel 2 14	Luas Minimum Tulangan	45
Tabel 2 15	Intensitas Gaya Gesek Dinding Tiang	48
Tabel 2 16	Faktor Keamanan	48
Tabel 2 17	Batas Rasio Kelangsingan Penampang	50
Tabel 4 1	Spesifikasi Elevator	77
Tabel 4 2	Klasifikasi Ketertutupan	84
Tabel 4 3	Koefisien Tekan Dinding	84
Tabel 4 4	Rekapitulasi Beban Angin	86
Tabel 4 5	Rekapitulasi Beban Angin Minimum	87
Tabel 4 6	Perhitungan SPT Rata-Rata	88
Tabel 4 7	Koefisien Situs, F_a	90
Tabel 4 8	Koefisien Situs, F_v	91
Tabel 4 9	Perhitungan Respon Spektrum Desain	93
Tabel 4 10	Rasio Partisipasi Massa Struktur Eksisting dari ETABS 18	97
Tabel 4 11	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	98

Tabel 4 12	Koefisien Untuk Batas Atas pada Periodea Dihitung	98
Tabel 4 13	Periodea Struktur pada Modal di Program ETABS 18	99
Tabel 4 14	Simpangan Ijin Antar Lantai.....	100
Tabel 4 15	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X	101
Tabel 4 16	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	102
Tabel 4 17	Rasio Partisipasi Massa Struktur Tanpa <i>Shear Wall</i> dari ETABS 18.....	104
Tabel 4 18	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	105
Tabel 4 19	Koefisien Untuk Batas Atas pada Periodea Dihitung	106
Tabel 4 20	Periodea Struktur pada Modal di Program ETABS 18	106
Tabel 4 21	Simpangan Ijin Antar Lantai	107
Tabel 4 22	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X	108
Tabel 4 23	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	109
Tabel 4 24	Tabel Momen yang Terjadi pada Balok 11	112
Tabel 4 25	Kebutuhan Senggang Joint.....	134
Tabel 4 26	Rekapitulasi Gaya Bresing	137
Tabel 4 27	Spesifikasi FVD.....	137
Tabel 4 28	Rekomendasi Nilai Kekakuan <i>Fluid Viscous Damper</i>	138
Tabel 4 29	Rekapitulasi Kapasitas FVD Rencana.....	138
Tabel 4 30	Simpangan Ijin Antar Lantai	140
Tabel 4 31	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X Struktur Ditambah FVD.....	140
Tabel 4 32	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y Struktur Ditambah FVD.....	141
Tabel 4 33	Rasio Partisipasi Massa Struktur ditamnbah FVD dari ETABS 18.....	142
Tabel 4 34	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	143
Tabel 4 35	Koefisien Untuk Batas Atas pada Periodea Dihitung	144
Tabel 4 36	Periodea Struktur pada Modal di Program ETABS 18	145

Tabel 4 37	Koefisien Momen Plat	148
Tabel 4 38	Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah.....	155
Tabel 6 1	Kuat Baut Angkur Berdasarkan Pola Keruntuhan..	195

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia masuk dalam kategori wilayah yang rawan terjadi gempa. Pada tahun 2004, terjadi gempa yang sangat besar di Aceh yang disertai Tsunami. Kemudian disusul pada tahun 2006 Yogyakarta diguncang gempa bumi dengan kekuatan 6,4 SR. Akibat bencana gempa bumi di Indonesia, sudah banyak infrastruktur yang rusak dan memakan korban jiwa yang tidak sedikit.

Baru-baru ini juga telah terjadi gempa bumi dengan pusat di laut dekat Tuban, Jawa Timur pada tanggal 19 September 2019. Peristiwa ini menjadi bukti bahwa aktivitas Lempeng Indo-Australia di bawah Laut Jawa masih aktif. Tunjaman lempeng tersebut ini menjadikan wilayah pulau Jawa sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas yang tinggi mengakibatkan pergerakan unsur-unsur batuan. Kondisi ini menjadikan wilayah Pulau Jawa sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismitas yang tinggi (Mutiarani, Madlazim, & Prastowo, 2013). Keadaan ini tentu juga akan berdampak pada daerah Gresik. Dimana Gresik juga terletak di daerah pesisir Laut Jawa.

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

Kondisi inilah yang menuntut agar bangunan yang terletak di daerah rawan gempa harus direncanakan untuk dapat menahan gaya gempa. Agar saat terjadi gempa kerusakan pada bangunan dapat dihindari dan tidak menyebabkan kerugian material. Selain itu, kemungkinan jatuhnya korban jiwa saat terjadinya gempa juga dapat ditanggulangi.

Untuk mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat gempa, sekarang ini telah dikembangkan suatu metode perencanaan bangunan tahan gempa. Metode ini bukan dengan cara meningkatkan kapasitas elemen struktur, sebaliknya gaya gempa yang bekerja diredam menggunakan alat damper. Sehingga, struktur bangunan menjadi lebih elastis dan mampu meredam guncangan gempa. Sehingga, dengan kondisi tersebut diharapkan tidak terjadi kerusakan struktur bangunan ketika gempa terjadi.

Adapun alat peredam gempa tersebut cukup banyak jenisnya. Pada Tugas Akhir ini penulis akan menggunakan *fluid viscous damper (FVD)* yang akan diterapkan pada Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A yang berlokasi di Kabupaten Gresik. Gedung ini sebelumnya menggunakan Sistem Ganda yakni Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Dinding Geser (*shearwall*). Dinding geser diletakkan di sisi-sisi *lift* dan tangga darurat di seluruh tingkat. Pada Gedung ini akan dimodifikasi dengan mengganti dinding geser di sisi-sisi tangga dan lift dengan kaca.

Setelah dinding geser dihilangkan dan dilakukan evaluasi, diketahui bahwa gedung tersebut mempunyai *drift* melebihi dari simpangan ijin. Dalam mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan modifikasi sistem struktur dengan menggunakan *fluid viscous damper (FVD)*. *Fluid viscous damper (FVD)* dipilih karena penggunaan dan penempatannya yang lebih fleksibel serta tidak membutuhkan persyaratan khusus.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendesain Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik menggunakan *Fluid Viscous Damper (FVD)*?
2. Berapa kapasitas *fluid viscous damper* yang cocok digunakan pada Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik?
3. Berapa jumlah *fluid viscous damper* yang dibutuhkan?

1.3 Batasan Masalah

1. Perhitungan gempa menggunakan spektrum respons sesuai dengan SNI 03-1726-2012.
2. Penentuan beban yang bekerja pada bangunan selain beban gempa sesuai dengan SNI 1727-2013 dan ASCE 7-16.
3. Perencanaan gedung ini hanya meninjau struktur saja, tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, mechanical electrical maupun segi arsitektural.

1.4 Tujuan

- 1 Mampu mendesain Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik menggunakan *Fluid Viscous Damper (FVD)*.
- 2 Menentukan kapasitas *fluid viscous damper* yang cocok digunakan pada Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik.
- 3 Menentukan jumlah fluid viscous dumper yang diperlukan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan dari pengerjaan tugas akhir ini yaitu :

1. Mampu merencanakan struktur gedung bertingkat menggunakan alat peredam gempa, *fluid viscous damper (FVD)*
2. Dapat menambah kemampuan dan wawasan secara lebih detail tentang alternatif sistem struktur tahan gempa sehingga dapat diterapkan di Indonesia.
3. Mampu menganalisa dan membuat gambar perencanaan sesuai perhitungan struktur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada saat proses mendesain suatu struktur gedung terdapat beberapa aspek utama yang harus dipenuhi. Diantaranya adalah kekuatan, kekakuan, dan juga daktilitas. Semua aspek tersebut harus sangat diperhatikan agar saat struktur gedung mengalami pembebanan termasuk beban dinamis baik itu beban gempa, beban angin, dan lain sebagainya, pada struktur gedung tersebut tidak terjadi tegangan dan deformasi melebihi nilai izin. Selain itu, struktur gedung juga harus dalam kondisi daktail. Maksudnya adalah struktur gedung mampu untuk melakukan deformasi pasca-elastis yang besar secara bolak-balik dan berulang yang dapat menyebabkan terjadinya pelelehan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan.

Daktilitas suatu struktur gedung akan teruji saat terjadi gempa. Salah satu metode konvensional untuk mengatasi energi getaran gempa dengan merencanakan mekanisme pembentukan sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan. Pembentukan sendi plastis menuntut deformasi yang besar dan daktilitas yang tinggi. Kedua metode ini memerlukan elemen struktur yang relatif besar, dan daktilitas yang tinggi. Disisi lain deformasi yang besar saat gempa kuat terjadi perlu dibatasi dan gaya inersia yang besar perlu dihindari, yang belum diakomodir oleh metode desain konvensional. Saat ini telah dikembangkan metode baru untuk mengatasi energi getaran gempa yang besar pada struktur gedung, yaitu dengan memasang peredam. Terdapat beberapa tipe peredam salah satunya *Fluid Viscous Damper*.

Alat *fluid viscous damper* akan memberikan gaya untuk meredam gerakan struktur saat terjadi gempa. Pengaplikasian alat ini biasanya pada struktur atas bangunan, yaitu pada pertemuan balok dan kolom, sehingga tidak mengharuskan kondisi tanah yang tertentu.

2.2 *Fluid Viscous Damper*

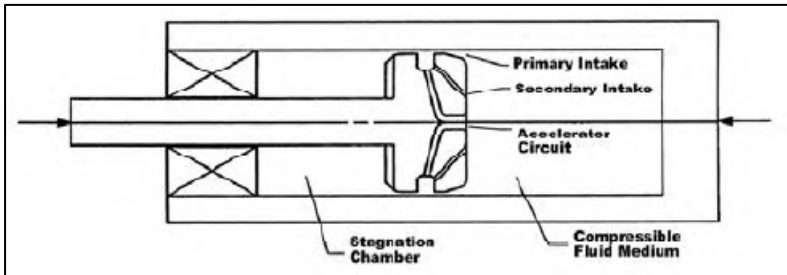
Fluid viscous damper sebagai alat peredam gempa adalah hal yang masih asing didengar telinga masyarakat di Indonesia. Padahal alat ini akan sangat membantu dalam mengurangi resiko kerusakan struktur bangunan akibat peristiwa gempa. Sebenarnya ada banyak tipe damper di pasaran. Seperti *viscoelastic damper*, *friction damper*, *steel damper*, *tuned mass damper*, dll. Tetapi, *fluid viscous damper (FVD)* memiliki kapasitas yang beragam dan fleksibilitas dalam penggunaannya sehingga cocok jika diterapkan di bangunan-bangunan (Gunjal & Sanghai, 2019).

Fluid viscous damper bekerja dengan cara memberikan gaya untuk meredam gerakan struktur saat terjadi gempa. Besar kecilnya gaya yang dihasilkan berdasarkan kecepatan gerak piston dan kekentalan cairan pekat yang mengalir melalui lubang piston. Cairan yang digunakan biasanya adalah minyak silicon (silicon oil). Nantinya, respon struktur seperti displacement, acceleration, base shear dapat dikurangi saat digunakan *fluid viscous damper* dipasang pada struktur bangunan (Samuel & Sasidharan, 2017).

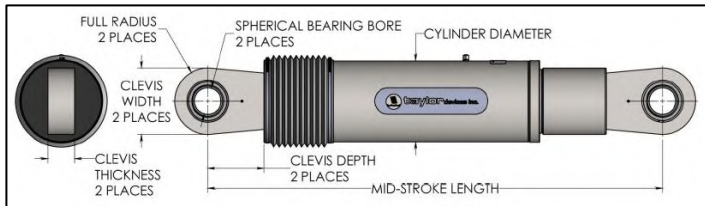


Gambar 2 1 Aplikasi FVD pada Gedung
Sumber : Taylor Devices Inc. 2020

Fluid viscous damper bekerja layaknya pegas yang dapat mereduksi tegangan dan defleksi yang terjadi pada struktur bangunan secara bersamaan. Gaya redaman yang bekerja sebanding dengan perubahan kecepatan stroke (*stroking velocity*). Cara kerja ini dianalogikan seperti suspensi atau *shock absorber* pada mobil.

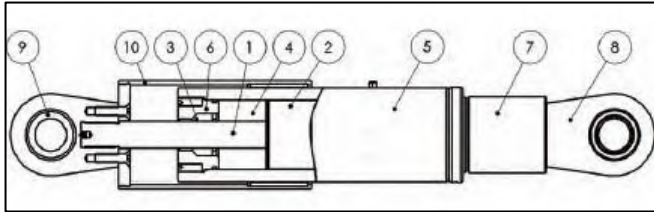


Gambar 2 2 Lubang Pengontrol Cairan
 Sumber : Narkhede and Sinha 2012



Gambar 2 3 *Fluid Viscous Damper*
 Sumber : *Taylor Devices Inc. 2020*

2.2.1 Komponen *Fluid Viscous Damper*



Gambar 2 4 Potongan Memanjang *Fluid Viscous Damper*

Sumber : *Taylor Devices Inc. 2020*

1. *Piston Rod*, berupa batang untuk piston yang terbuat dari *stainless steel*.
2. *Piston Head*, terbuat dari baja dan terdapat lubang untuk saluran cairan mengalir.
3. *Seal / Seal Bearings*, lapisan yang terbuat dari *acetyl resin* dan *Teflon*.
4. *Fluid*, cairan yang digunakan bersifat tidak mudah menyala dan tidak mudah terbakar.
5. *Cylinder*, sudah dilapisi dengan cat untuk mencegah korosi.
6. *End Cap*, penutup tabung yang tahan panas dan juga dilapisi cat untuk mencegah korosi.
7. *Extender*, sebagai penyambung yang dibuat dari baja karbon.
8. *End Clevis*, tahan panas dan dilapisi cat untuk mencegah korosi.
9. *Spherical Bearing*, ditempa dari baja campuran untuk pesawat.
10. *Outer Sleeve*, terbuat dari baja karbon dan dilapisi cat untuk mencegah korosi.

2.2.2 Kapasitas Gaya Damping *Fluid Viscous Damper*

Sebelum menentukan kapasitas *fluid viscous damper (FVD)* harus dilakukan studi awal terlebih dahulu. Studi dilakukan dengan memodelkan struktur dan ditambah dengan bresing. Kapasitas damper yang akan digunakan harus sesuai dengan kebutuhan gaya-gaya bresing. Kapasitas damper yang tersedia di pasar juga bermacam-macam. Pada umumnya tersedia mulai dari yang berkapasitas 250 kN hingga 8000 kN.

Besar kecilnya gaya redaman yang dihasilkan *fluid viscous damper (FVD)* berdasarkan kecepatan gerak dari bagian alat tersebut. Persamaan dari gaya redaman atau damping secara umum dapat ditulis seperti berikut :

$$F_D = CV^\alpha \quad (2.1)$$

Dimana :

F_D = gaya damping

C = konstanta damping

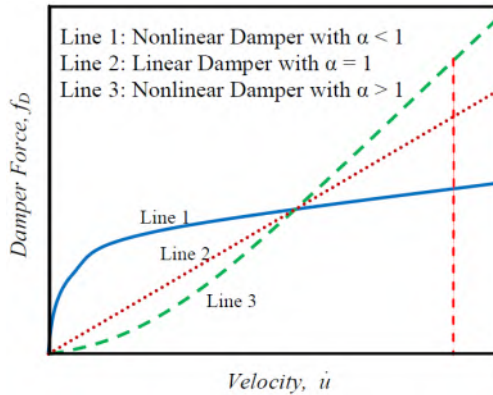
V = kecepatan

α = eksponen antara 0,3 dan 1,0 (umumnya dipakai 1,0)

2.2.3 Hubungan Gaya Damping dengan Kecepatan

Fluid viscous damper dengan $\alpha = 1$ termasuk *fluid viscous damper* linier, dimana gaya damping sebanding dengan kecepatan. Sedangkan jika $\alpha < 1$ atau $\alpha > 1$ disebut dengan *fluid viscous damper* nonlinier.

Gambar 2.4 menunjukkan hubungan antara besar gaya damping yang dihasilkan dengan kecepatan gerakan piston. Sedangkan kecepatan Gerakan piston dipengaruhi oleh kekentalan cairan dan besar kecilnya lubang yang dilalui cairan.



Gambar 2 5 Grafik Hubungan Antara Gaya Damping dan Kecepatan
 Sumber : Narkhede and Sinha 2012

2.2.4 Kekakuan *Fluid Viscoud Damper*

Nilai kekakuan dari *fluid viscous damper* yang disarankan oleh pabrik adalah sebagai berikut

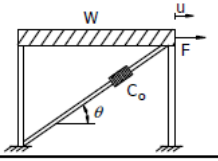
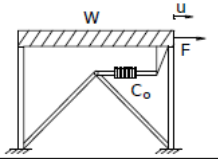
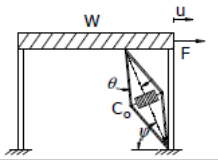
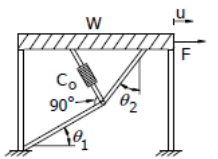
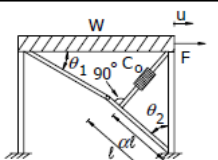
Tabel 2 1 Rekomendasi Nilai Kekakuan *Fluid Viscous Damper*
 Sumber : *Taylor Devices Inc. 2020*

Taylor Devices Model Number	Rated Force (kip)	Stroke (in)	FVD Series Spring, K (kip/in)
17120	55	± 3	625
17130	110	± 4	940
17140	165	± 4	1400
17150	220	± 4	1875
17160	330	± 4	2800
17170	440	± 5	3000
17180	715	± 5	4800
17190	900	± 5	6000
17200	1450	± 5	9750
17210	1800	± 5	12000

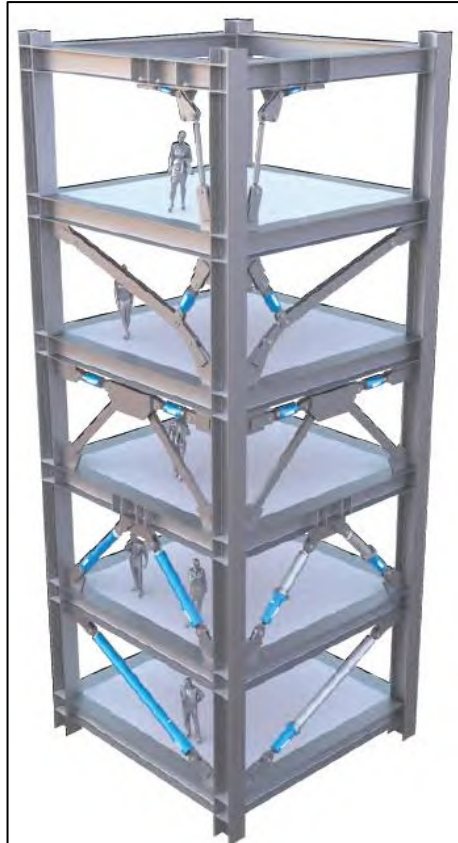
2.2.5 Pemasangan *Fluid Viscous Damper*

Fluid viscous damper dapat dipasang dengan beberapa cara. Diantaranya adalah dengan cara diagonal, *chevron*, *scissor-jack*, *upper toggle* dan *reverse toggle*.

Pada saat pemasangan *fluid viscous damper* umumnya disambung dengan bracing baja. Karena panjang dari *fluid viscous damper* hanya sekitar 1 meter.

Diagonal		$f = \cos \theta$	$\theta = 37^\circ$ $f = 0.80$ $\beta = 0.03$
Chevron		$f = 1.00$	$f = 1.00$ $\beta = 0.05$
Scissor-Jack		$f = \frac{\cos \psi}{\tan \theta}$	$\theta = 9^\circ, \psi = 70^\circ$ $f = 2.16$ $\beta = 0.23$
Upper Toggle		$f = \frac{\sin \theta_2}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} + \sin \theta_1$	$\theta_1 = 31.9^\circ, \theta_2 = 43.2^\circ$ $f = 3.191$ $\beta = 0.509$
Reverse Toggle		$f = \frac{\alpha \cos \theta_1}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} - \cos \theta_2$	$\theta_1 = 30^\circ, \theta_2 = 49^\circ$ $\alpha = 0.7$ $f = 2.521$ $\beta = 0.318$

Gambar 2 6 Model Pemasangan *Fluid Viscous Damper*
Sumber : Sigaher-Boyle and Constantinou 2004



Gambar 2 7 Ilustrasi Model Pemasangan Fluid Viscous Damper
Sumber : *Taylor Devices Inc. 2020*

2.2.6 Kelebihan *Fluid Viscous Damper*

Adapun kelebihan dari menggunakan *fluid viscous damper* adalah sebagai berikut :

- Dapat mereduksi gerakan struktur akibat gempa, dengan mengubah energi kinetik menjadi energi panas, selanjutnya panas yang terjadi menghilang di udara (atmosfir)
- Dapat mereduksi simpangan antar lantai

- Dapat mereduksi periode fundamental struktur
- Dapat mereduksi *base shear*
- Dapat mereduksi tegangan dan defleksi struktur secara bersamaan saat gempa. Karena gaya yang dihasilkan FVD yang bekerja sebanding dengan perubahan kecepatan stroke-nya (*stroking velocity*)
- Fleksibel dalam pemilihan lokasi penempatan, konfigurasi, dan ukuran
- Tahan lama dan minim perawatan

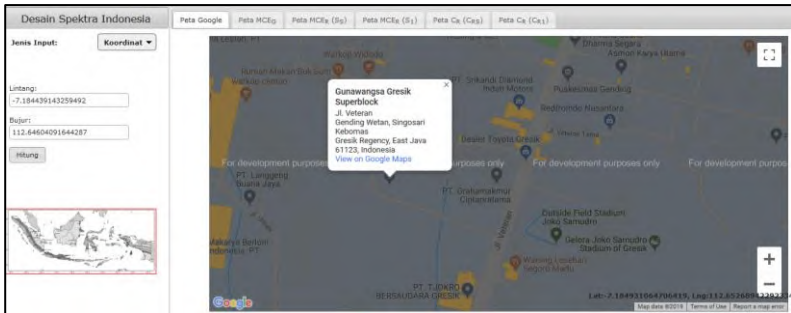
2.2.7 Kekurangan Menggunakan *Fluid Viscous Damper*

- *Fluid Viscous Damper* pada umumnya dipasang pada struktur atas gedung. Sehingga, keberadaannya dapat mengurangi nilai arsitektural dan memakan ruang.
- FVD yang tersedia di pasaran panjangnya hanya sekitar 1 meter. Sehingga, diperlukan bracing sebagai penyambung pada saat pemasangannya.

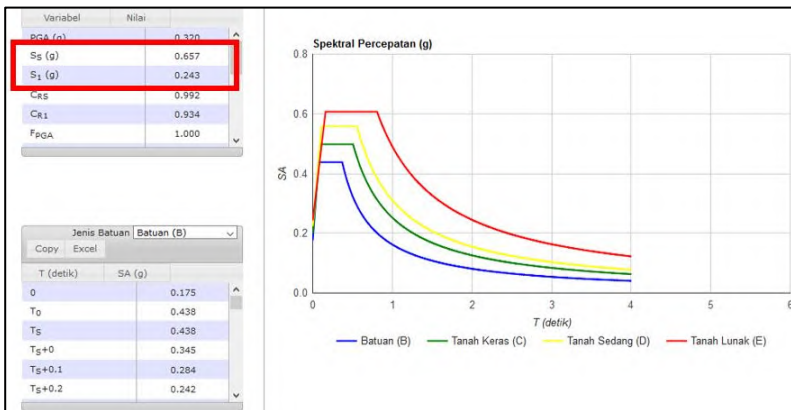
2.3 Sistem Struktur Gedung

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) digunakan untuk meminimalisir kegagalan konstruksi bangunan akibat beban, termasuk saat terjadi beban gempa. Ada 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang didasarkan pada Kategori Desain Seismik (KDS) dari gedung. Antara lain sebagai berikut :

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



Gambar 2 8 Input Koordinat Apartemen Gunawangsa Gresik
 Sumber : PUSKIM 2020



Gambar 2 9 Nilai S_s dan S_1 Lokasi Apartemen
 Sumber : PUSKIM

Tabel 2 2 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek
Sumber : SNI 1726 2012

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

Tabel 2 3 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik
Sumber : SNI 1726 2012

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

Berdasarkan perhitungan percepatan spektral desain lokasi Apartemen Gunawangsa Gresik, diperoleh KDS D, sehingga sistem yang tepat untuk Apartemen Gunawangsa Gresik adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Tetapi dalam perencanaan *Fluid Viscous Damper (FVD)* menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dengan pertimbangan gaya gempa yang terjadi diredam oleh *Fluid Viscous Damper (FVD)*, dan setelah terjadi gempa struktur masih bisa digunakan kembali.

2.4 Penetapan Beban-Beban

Perencanaan pembebanan dihitung mengacu pada SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan ASCE 7-16. Untuk beban gempa mengacu pada SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan

Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

2.4.1 Beban Mati

Beban mati mencakup berat semua bagian dari struktur yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan seperti utilitas, finishing, serta peralatan tetap yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari struktur tersebut. Besaran beban mati menggunakan ASCE 7-16, dimana beban mati sebagai berikut:

1. Beban Mechanical Electrical (ME) = 0,19 kN/m²
2. Beban lapisan waterproofing = 0,05 kN/m²

Berat beban mati yang lain dapat disesuaikan berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.2. Beban mati yang digunakan harus sesuai dengan berat sesungguhnya maka digunakan brosur sebagai panduan.

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup mencakup semua beban yang terjadi akibat dari pemakaian dan penghunian suatu bangunan, termasuk dalam barang yang ada didalamnya walau tidak permanen (PPIUG,1983. Bab I Pasal 1 ayat 2). Beban hidup diperhitungkan sesuai dengan fungsi bangunan Beban hidup dapat didefinisikan sesuai SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1 sebagai berikut:

1. Beban apartemen = 1,92 kN/m²
2. Beban bordes dan tangga = 4,79 kN/m²
3. Beban atap datar = 0,96 kN/m²

a) Kategori Resiko Bangunan

Kategori risiko bangunan gedung dibedakan sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti: tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi

menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai Tabel 2 SNI 1726-2012.

Tabel 2 4 Kategori Risiko Bangunan

Sumber : SNI 1726:2012

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Penjara ➤ Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non-gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pusat pembangkit listrik biasa ➤ Fasilitas penanganan air ➤ Fasilitas penanganan limbah ➤ Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non-gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting,, 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 ➤ Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya ➤ Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat ➤ Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat ➤ Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, 	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>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</p> <p>Gedung dan non-gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

b) Faktor Keutamaan Gempa

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

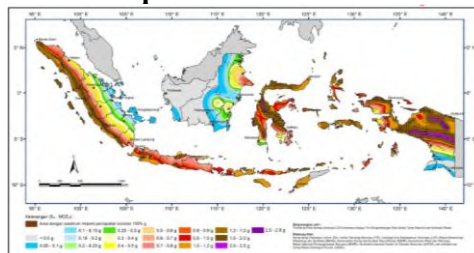
Tabel 2 5 Faktor Keutamaan Gempa

Sumber : SNI 1726:2012

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

c) Wilayah Gempa dan Struktur Respons

1. Parameter Percepatan



Gambar 2 10 Peta Persebaran Ss di Indonesia

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 2 6 Klasifikasi Situs Tanah

Sumber : 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 – 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	>50	≥ 100
SD (Tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
SE (Tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Indeks plastisitas, $PI > 20$, ➤ Kadar air, $w \geq 40\%$ ➤ 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 sensitif, tanah tersementasi lemah ➤ Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebatan $H > 3$m) ➤ Lempung berplastisitas sangat tinggi Lempung berplastisitas sangat tinggi plastisitas $PI > 75$ ➤ Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa 		

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

Percepatan respons spektrum MCE untuk periode singkat (SM_s) dan pada periode 1 detik (SM_1) dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 pers. 11.4-1 dan pers. 11.4-2, yakni sebagai berikut:

$$SM_s = F_a \times S_s \quad (2.2)$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 \quad (2.3)$$

Keterangan:

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

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 0.1 detik

Koefisien situs F_a dan F_v mengikuti SNI 1726-2012 Tabel 4 dan 5

Tabel 2 7 Koefisien F_a
Sumber : SNI 1726:2012

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0.2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	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				

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan intepolasi linier

(b) S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik lihat SNI 1726-2012 ps. 6.10.1

Tabel 2 8 Koefisien F_v
 Sumber : SNI 1726:2012

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

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) S_1 = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik lihat SNI 1726-2012 Pasal 6.10.1

4. 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.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.5)$$

5. Kategori Desain Seismik

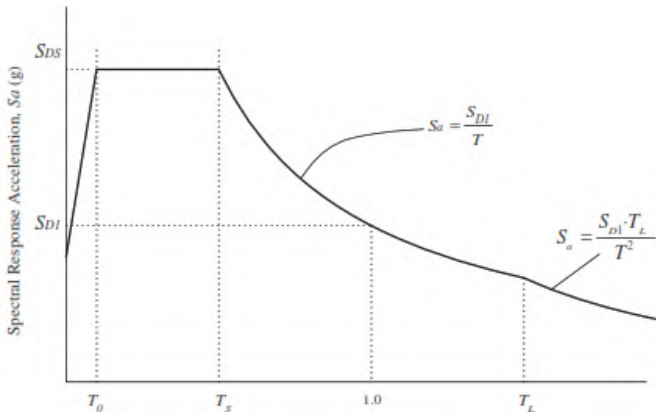
Kategori desain seismik dari struktur yang ditinjau diambil berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 6, dimana diambil berdasarkan nilai S_{DS} dan kategori risiko bangunan yang ditinjau.

Tabel 2 9 Kategori Desain Seismik
 Sumber : SNI 1726:2012

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	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
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

6. Spektrum Respon Desain

Bila spektrum respons diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu SNI 1726-2012 Gambar 1 dan mengikuti ketentuan berikut:



Gambar 2 12 Spektrum Respon Desain
 (Sumber : SNI 1726:2012)

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

$$S_a = S_{DS} \cdot \left(0.4 + 0.6 \cdot \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.6)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.7)$$

Dimana:

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

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

T = Perioda getar fundamental struktur

T_0 = $0.2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

T_s = $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

T_L = Perioda panjang lihat gambar 2.10

2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban untuk perhitungan beton bertulang struktur atas menggunakan beban beban terfaktor menurut SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2, sebagai berikut:

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

Sedangkan kombinasi untuk perhitungan beton bertulang struktur bawah sesuai SNI 1726:2012 Pasal 4.2.3, yaitu :

1. D
2. D + L
3. D + R
4. D + 0,75 R + 0,75 L
5. D + 0,7 E
6. D + 0,75 (0,7E) + 0,75 L + 0,75 R
7. 0,6 D + 0,6 W
8. 0,6 D + 0,6 E

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

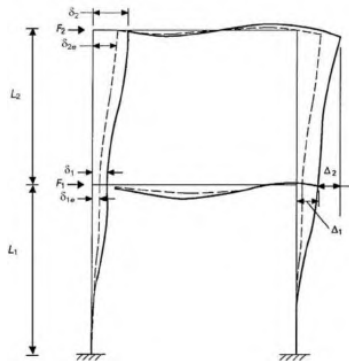
R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Pengaruh beban gempa

2.6 Analisa Struktur

2.6.1 Kontrol Simpangan Antar Lantai



Gambar 2 13 Ilustrasi Simpangan antar Lantai

Sumber : SNI 1726:2012

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.6.

$$\Delta_i \leq \Delta_a \quad (2.8)$$

Dimana:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

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

Δ_a = Batas simpangan

$$\Delta_a = 0,02h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian antar lantai

2.6.2 Kontrol Periode Fundamental

Sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2 dijelaskan bahwa analisa untuk menentukan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a .

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

Dimana

h_n = ketinggian struktur

C_t dan x = koefisien yang didapat dari Tabel 15 SNI 1726-2012. Untuk gedung dengan sistem ganda digunakan sistem struktur lainnya.

2.6.3 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 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.

2.6.4 Kontrol Skala Gaya Geser Dasar

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4. nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 100% nilai respons statik.

$$V \leq V_t \quad (2.10)$$

Rumus gaya geser statik didapat pada pasal 12.8 adalah:

$$V = C_s \cdot W_t \quad (2.11)$$

Dimana:

C_s = koefisien respon seismik

W_t = berat struktur

Perhitungan nilai C_s

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \quad (2.12)$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari:

$$C_{s_{min}} = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \quad (2.13)$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

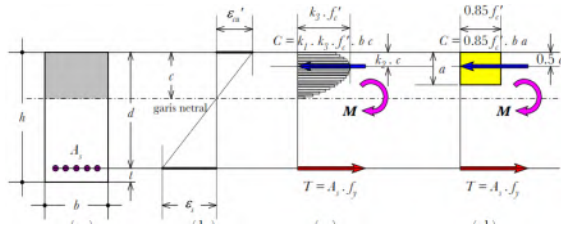
$$C_{s_{max}} = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I_e}} \quad (2.14)$$

2.7 Perhitungan Struktur

2.7.1 Balok

Dalam merencanakan elemen struktur balok harus memenuhi persyaratan di SNI 2847-2013 pasal 21.3.4 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan kebutuhan Tulangan Longitudinal



Gambar 2 14 Ilustrasi Perhitungan Lentur Balok

Sumber : Buku Siswa 03 – ITS

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

Adapun langkah-langkah perancangan tulangan rangkap sebagai berikut:

- Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu ETABS

- Menghitung M_n

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.15)$$

- Menghitung nilai m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad (2.16)$$

- Menghitung nilai R_n

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} \quad (2.17)$$

- Menghitung rasio tulangan terhadap luas permukaan balok

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.18)$$

f. Menghitung kebutuhan tulangan Tarik

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times bd \quad (2.19)$$

g. Menghitung kebutuhan tulangan tekan

$$A_{s'_{perlu}} = 0,5 A_s \quad (2.20)$$

2. Perhitungan Momen Kapasitas

Momen kapasitas adalah momen-momen ujung (M_{pr}) yang berdasarkan tegangan tarik baja. Kedua momen pada ujung ditinjau dalam kedua arah (searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam).

Langkah-langkah perhitungan momen kapasitas pada tumpuan balok:

a. Menghitung nilai a

$$a = \frac{A_s(1,25f_y)}{0,85bf_c'} \quad (2.21)$$

b. Menghitung nilai M_{kap}

$$M_{kap} = A_s(1,25f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.22)$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal

Gaya geser desain (V_u) harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka-muka joint. Adapun cara menghitung V_u adalah sebagai berikut:

a. Menghitung q_u

$$q_u = 1,2 DL + 1,0 LL \quad (2.23)$$

b. Menghitung V_u

$$V_u = \frac{M_{kap,kiri} + M_{kap,kanan}}{l_n} + \frac{q_u \cdot l_n}{2} \quad (2.24)$$

c. Menghitung V_s

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.25)$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2, $V_c = 0$ jika:

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

d. Menghitung A_v

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} \quad (2.26)$$

4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Penyaluran tulangan kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2, 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 2 10 Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

(Sumber : SNI 2847:2013)

	Batang tulangan atau kawat ulir D19 dan yang lebih kecil.	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar.
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2.1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$	$\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}}$

	Batang tulangan atau kawat ulir D19 dan yang lebih kecil.	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar.
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 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 2 11 Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan Tarik

Sumber : SNI 2847:2013

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	1.5

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
	epoksi dengan selimut kurang dari 3db, atau spasi bersih kurang dari 6db.	
	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
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.

$$\left(\frac{0.24 \cdot \Psi_r \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (2.27)$$

$$(0.043 \cdot f_y) \cdot d_b \quad (2.28)$$

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 2 12 Faktor Modifikasi Penyaluran Tulangan Tekan
Sumber : SNI 2847:2013

Faktor Modifikasi	Kondisi	Nilai
Lightweight λ	Beton ringan .	0.75
	Beton normal.	1.0
Tulangan Sengkang Ψ_r	<ul style="list-style-type: none"> • 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 pengeangan 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:

$$\left(\frac{0.24 \cdot \Psi_c \cdot \Psi_e \cdot \Psi_r \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \tag{2.29}$$

$$8d_b \tag{2.30}$$

$$150 \text{ mm} \tag{2.31}$$

Tabel 2 13 Faktor Modifikasi Kait Tulangan Tarik
(Sumber : SNI 2847:2013)

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, berspasi tidak lebih besar dari $3d_b$ sepanjang ℓ_{dh} atau dilingkupi dalam pengikat atau sengkang paralel terhadap barang yang disalurkan, berspasi tidak lebih besar dari $3d_b$ sepanjang panjang perpanjangan ekor kait ditambah bengkokan	0.8
	Untuk kait 180° derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil yang dilingkupi dalam pengikat atau sengkang tegaklurus terhadap batang tulangan yang disalurkan, berspasi tidak lebih besar dari $3d_b$ sepanjang	
	Untuk kondisi lainnya.	1.0

5. Persyaratan Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

a. Persyaratan geometri

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$, dimana A_g adalah luas penampang komponen struktur.
- Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari **4d**.
- Lebar komponen, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari **0,3h** dan **250 mm**.

b. Persyaratan tulangan lentur

- Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan, yakni $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$. Rasio untuk tulangan maksimum dibatasi yakni sebesar $\rho_{maks} = 0,025$. Selain itu, pada penampang haruslah terpasang secara menerus minum dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah.
- Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus **lebih besar** atau sama dengan **setengah** kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negatif dan positif pada setiap penampang di sepanjang bentang harus **tidak kurang** dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar pada bentang tersebut.
- Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewat tidak boleh melebihi yang **lebih kecil** dari $d/4$ dan **100 mm**. Sambungan lewat **tidak boleh** digunakan:
 - Dalam joint
 - Dalam jarak $2h$ dari muka joint
 - Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

c. Persyaratan tulangan transversal

- Sengkang tertutup harus dipasang:
 - Pada daerah hingga **2h** diukur dari muka tumpuan.
 - Di sepanjang daerah **2h** pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang **tidak lebih** dari **50 mm** dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup **tidak boleh** melebihi yang terkecil dari:
 - $d/4$
 - 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal.
 - 150 mm

2.7.2 Kolom

1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb} \quad (2.32)$$

Dimana:

$\sum M_{nc}$ = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom. M_n harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai M_n terkecil.

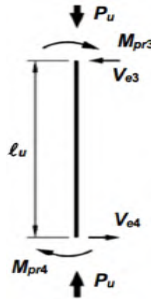
$\sum M_{nb}$ = Jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif plat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n

balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

2. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.1, gaya geser rencana (V_e) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum (M_{pr}) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut:

- Diberikan nilai f_c' , f_y , dan diameter sengkang.
- Hitung momen tumpuan



Gambar 2 15 Gaya Geser Desain untuk Kolom

Sumber : SNI 2847:2012

- Momen tumpuan atas

$$M_{pr3} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.33)$$

Dimana:

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \quad (2.34)$$

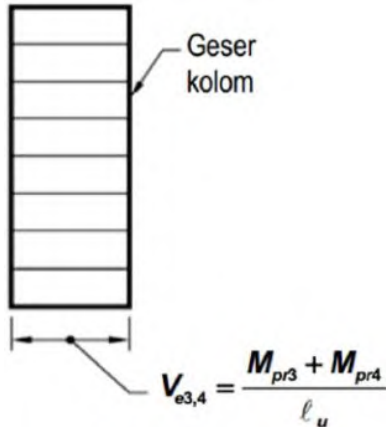
- Momen tumpuan bawah

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.35)$$

Dimana:

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \quad (2.36)$$

c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



Gambar 2 16 Gaya Geser Desain untuk Kolom

Sumber : SNI 2847:2012

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u} \quad (2.37)$$

Dimana:

l_u = panjang bentang bersih kolom

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.38)$$

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \quad (2.39)$$

Dimana:

A_v = luas tulangan sengkang (mm^2)

- f. Cek penampang total tulangan sengkang persegi (A_{sh})
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, nilai A_{sh} diambil dari yang terkecil yakni sebagai berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (2.40)$$

$$A_{sh} = 0,09 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \quad (2.41)$$

Dimana:

S = jarak antar tulangan geser

b_c = lebar penampang inti beton yang terkekang

A_g = luas bersih kolom

A_{ch} = luas penampang inti beton, dihitung dari serat terluar sengkang ke serat

3. Kontrol Tulangan Lentur Kolom

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb} \quad (2.42)$$

Dimana:

$\sum M_{nc}$ = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom. M_n harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai M_n terkecil.

$\sum M_{nb}$ = Jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif plat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur terluar sengkang di sisi lainnya.

4. Persyaratan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

a. Persyaratan Tulangan Lentur

- Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang 0.01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0.06.
- Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada di tengah dan direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik serta harus diikat sesuai ketentuan tulangan transversal kolom.
- Sambungan mekanis tipe 1 (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) untuk penyambungan lentur tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2 (yaitu sambungan mekanis dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik batang tulangan yang disambung).

b. 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. Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur
 3. 450 mm
- Spasi tulangan transversal sepanjang s_o tidak lebih dari yang terkecil:
 1. $6d$ dari tulangan sengkang terkecil
 2. $1/4$ dimensi minimum kolom
 3. S_o persamaan berikut:

$$S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad (2.43)$$

Dimana:

Nilai S_o diambil $100 \text{ mm} \leq S_o \leq 150$

2.7.3 Hubungan Balok Kolom

1. Persyaratan gaya dan geometri

- a. Pada perencanaan hubungan balok-kolom, gaya pada tulangan lentur muka hubungan balok-kolom dapat ditentukan berdasarkan tegangan $1,25 \cdot f_y$.
- b. Pada beton normal, dimensi kolom pada hubungan balok kolom dalam arah sejajar tulangan balok **minimal 20 kali diameter tulangan balok longitudinal terbesar**.

2. Persyaratan tulangan transversal

- a. Apabila balok-balok dengan lebar minimal **3/4 lebar kolom** merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom maka tulangan transversal yang harus dipasang di daerah joint hanyalah **1/2 dari yang dipasang dari daerah sendi plastis kolom**. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150mm.
- b. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, persamaan kuat geser hubungan balok kolom dapat dihitung sebagai berikut:

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka

$$1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J \quad (2.44)$$

- Untuk joint yang terkekang oleh balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan

$$1,2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J \quad (2.45)$$

- Untuk kasus-kasus lainnya

$$1,0 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J \quad (2.46)$$

Dimana:

A_J = luas bersih hubungan balok kolom

- Lebar joint efektif tidak boleh melebihi dari yang paling kecil dari:
 - Lebar balok ditambah tinggi joint.
 - 2x jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom

3. Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam Kondisi Tarik

- Untuk ukuran batang tulangan diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran, l_{db} , untuk batang tulangan dengan kait 90° standar pada beton normal tidak boleh kurang dari:
 - $8 \cdot d_b$
 - 150 mm

$$l_{dh}^- = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_{c'}}} \quad (2.47)$$

- Bila digunakan tulangan tanpa kait, untuk diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik minimal adalah:
 - **2,5x** panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300mm.
 - **3,5x** panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300mm.

2.7.4 Pelat Lantai

Pelat lantai adalah elemen struktur yang memikul beban gravitasi dan geser.

- Penentuan momen pada pelat lantai

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

- Perhitungan momen nominal pelat lantai

Rumus perhitungan momen nominal pelat sebagai berikut

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.48)$$

- Perhitungan penulangan pelat

Perhitungan penulangan pelat menggunakan rumus rasio perbandingan tulangan dan beton

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (2.49)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.50)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b \quad (2.51)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} \quad (2.52)$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \times d^2} \quad (2.53)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (2.54)$$

$$s = \rho_{perlu} \times b \times d \quad (2.55)$$

- Kontrol spasi antar tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.6.4 spasi antar tulangan tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau 2h di area kritis dan 3h di area yang lain.

- Kontrol luas minimum tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 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 2 14 Luas Minimum Tulangan

Sumber : SNI 1726:2012

		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

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.2 spasi antar tulangan susut tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau lima kali ketebalan pelat, dipilih nilai yang lebih kecil dari keduanya.

➤ Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 spasi tulangan terdekat ke muka tarik tidak boleh melebihi yang diberikan oleh

$$S = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5C_c \quad (2.56)$$

Tetapi tidak boleh melebihi

$$S = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) \quad (2.57)$$

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

2.7.5 Pondasi

1. Perhitungan Daya Dukung Tanah

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

$$R_a = \frac{1}{n}R_u = \frac{1}{n}(R_p + R_f) \quad (2.58)$$

(Kazuto Nakazawa, 2000:99 pers. 6.4)

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,

$$R_a = \frac{1}{n}R_u \quad (2.56)$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \quad (2.60)$$

Dimana,

q_d : Daya dukung terpusat tiang (ton)

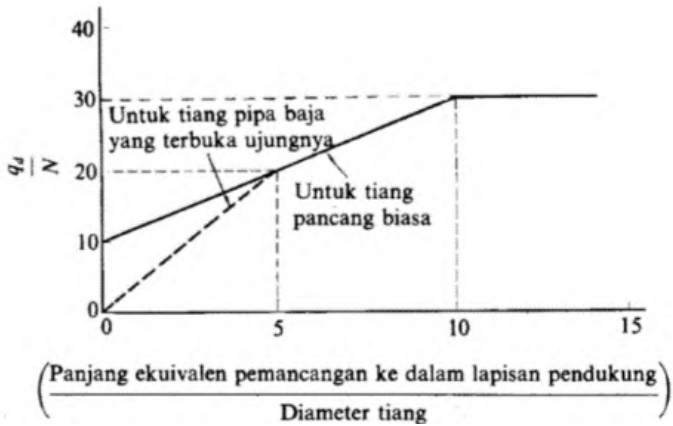
A : Luas ujung tiang (m^2)

U : Panjang keliling tiang

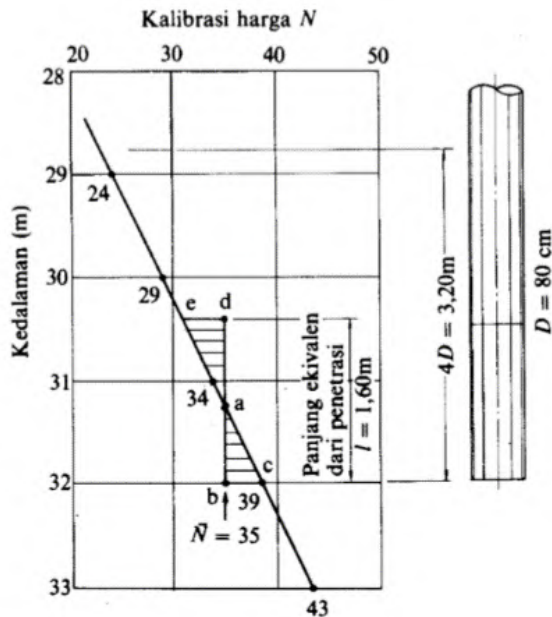
l_i : Tebal lapisan tanah

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

Daya dukung terpusat q_d , diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N pada Gambar 6.8



Gambar 2 17 Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang
 Sumber : Kazuto Nakazawa, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi



Gambar 2 18 Penentuan Panjang Ekuivalen
 Sumber : Kazuto Nakazawa, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi

L adalah panjang ekuivalen 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:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} \quad (\bar{N} \leq 40) \quad (2.61)$$

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*), q_0 diambil diperkiraan dari besarnya gaya geser maksimum dinding f_r diperkiraan dari Tabel 6.2 sesuai dengan macam tiang dan sifat tanah pondasi

Tabel 2 15 Intensitas Gaya Gesek Dinding Tiang

Sumber : Kazuto Nakazawa, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	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 2 16 Faktor Keamanan

Sumber : Kazuto Nakazawa, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi

	Jembatan jalan raya		Jembatan kereta api	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

2.7.6 Breising

Elemen breising adalah baja dengan profil WF, HSS atau BRB (*buckling restrained brace*) adalah elemen yang mengalami gaya aksial saja akibat gaya lateral yang dialami oleh struktur tersebut.

Pemilihan elemen breising menggunakan profil baja PSB (Profil Struktur Berongga) atau HSS (*Hollow Steel Structure*) karena profil PSB memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Penampang lebih stabil karena bentuknya lebih simetris daripada profil WF.
- Lebih kuat terhadap tekan.
- Momen inersia lebih kecil dari pada profil WF mampu menahan gaya aksial yang sama besarnya.
- Elemen lebih ringan daripada profil WF.

1. Penampang breising menerima tarik

a. Cek kelangsingan penampang

Tidak ada batas kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. Tetapi untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangsingan L/r lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada *rebar* atau ikatan angin penggantung dalam gaya tarik.

b. Kuat Tarik Nominal

Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto.

- Untuk penampang utuh:

$$P_n = A_g \times f_y \quad (2.62)$$

- Untuk penampang bersih:

$$P_n = A_e \times f_u \quad (2.63)$$

Dimana:

A_g = luas penampang utuh (mm^2)

A_e = luas penampang bersih (mm^2)

f_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

f_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)

2. Penampang breising menerima tekan

a. Cek kelangsingan penampang

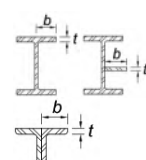
Penampang baja jika menerima tekan aksial akan mengalami tekuk. Tekuk pada baja ada 2 jenis yaitu tekuk lokal dan tekuk global.

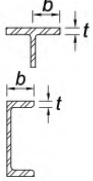
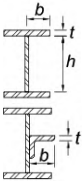
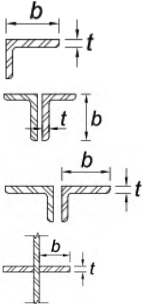
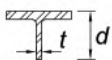
Agar perencanaan batang tekan baja optimal, maka risiko terhadap tekuk lokal harus dihindari. Untuk itu dibuatkan klasifikasi untuk memisahkan penampang tidak langsing dan langsing. Dilakukan dengan mengevaluasi rasio lebar dan tebal tiap-tiap elemen suatu penampang.

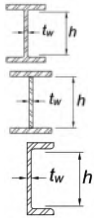

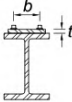


Untuk mengecek tidak langsing dan langsing, ditinjau masing-masing penampang rasio lebar dan tebal tidak melebihi batas kelangsingan pada AISC 360-16 tabel B4.1a

Tabel 2 17 Batas Rasio Kelangsingan Penampang

Sumber : SNI 1729-2015

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
Elemen tanpa	1	Sayap dari Profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri	$\frac{b}{t}$	$0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
		bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T.			
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun.	$\frac{b}{t}$	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{f_y}}$	
	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen takdiperkaku lainnya.	$\frac{b}{t}$	$0.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	4	Stem dari T.	$\frac{b}{t}$	$0.75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
Elemen diperkaku	1	Badan dari profil simetris ganda dan kanal.	$\frac{b}{t}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	6	Dinding persegi dan boks dari ketebalan merata.	$\frac{b}{t}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las.	$\frac{b}{t}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya.	$\frac{b}{t}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	9	PSB bulat.	$\frac{D}{t}$	$0.11 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

b. Kuat Tekan Nominal

Untuk merencanakan kuat tekan nominal penampang breising, maka yang perlu diperhatikan adalah tiga perilaku tekuk pada kolom yang terjadi: tekuk torsi, tekuk lentur, dan tekuk lentur-torsi. Tekuk lokal akan terjadi apabila klasifikasi penampang yang disyaratkan AISC 360-16 tidak memenuhi batasan rasio lebar-tebal atau langsing. Apabila penampang tidak langsing, maka tidak terjadi tekuk lokal.

$$P_n = A_g \times F_{cr} \quad (2.64)$$

Dimana:

A_g = luas penampang utuh

F_{cr} = tegangan kritis akibat beban kritis yang menyebabkan kolom tertekuk lentur

Adapun F_{cr} dibagi dalam dua kondisi: kondisi tekuk inelastis dan kondisi tekuk elastis. Tekuk inelastis merupakan perilaku tekuk pada kolom pendek dan tekuk elastis adalah perilaku tekuk pada kolom panjang. Nilai F_{cr} dapat dihitung berdasarkan syarat sebagai berikut :

- Tekuk inelastis

$$KL/r \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2.65)$$

Atau

$$f_y/f_e \leq 2.25 \quad (2.66)$$

Maka rumus F_{cr} menggunakan:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{f_e} \right) f_y \quad (2.67)$$

- Tekuk elastis

$$KL/r > 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2.68)$$

Atau

$$f_y/f_e > 2.25 \quad (2.69)$$

Maka rumus F_{cr} menggunakan:

$$F_{cr} = 0.877 f_e \quad (2.70)$$

Dimana:

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa).

K = Faktor konversi panjang efektif batang tekan.

L = Panjang *as to as* kolom

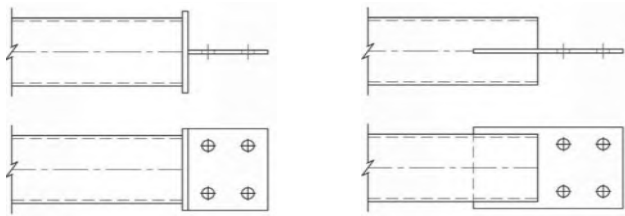
r = radius girasi penampang ($\sqrt{\frac{I}{A}}$)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

2.7.7 Sambungan

Untuk menghubungkan satu elemen ke elemen lain diperlukan suatu perencanaan sambungan. Pada desain breising, breising sering direncanakan menggunakan PSB (profil struktur berongga) agar mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan. Maka elemen PSB harus disambungkan ke elemen struktur beton. Dan desain sambungan sedikit berbeda dari sambungan profil baja WF ke elemen beton.

Desain sambungan aksial tarik tekan menurut *AISC Design Guide 24: HSS Connection* terdiri dari *end tee bolted connection* dan *slotted HSS/gusset bolted connection*.

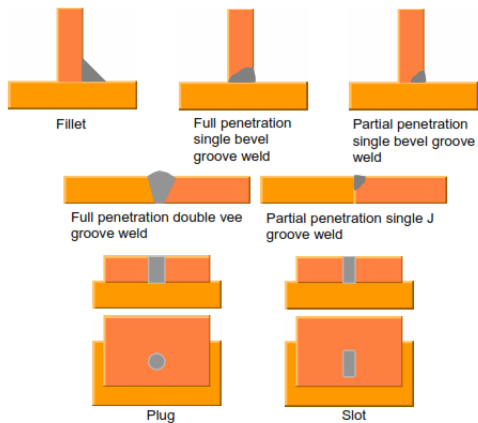


Gambar 2 19 End Tee & Slotted HSS/Gusset Bolted Connection

Sumber : AISC *Design Guide 24*

1. Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan yang bisa dikatakan sambungan relatif sempurna karena dengan pengerjaan yang benar, sambungan ini dapat menjadi satu kesatuan dengan elemen yang disambung. Sambungan las ada 3 tipe, yaitu tipe las sudut (*fillet weld*), tipe las tumpul (*groove weld*) dan tipe las baji dan pasak (*slot and plug weld*), seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2 20 Tipe-Tipe Sambungan Las

Sumber : AISC 360-16

Kuat nominal untuk sambungan las menurut AISC 360-16 pasal J2 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} \times A_{BM} \quad (2.71)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} \times A_{we} \quad (2.72)$$

Dimana:

F_{nw} = Tegangan nominal dari logam las $0.6 F_{EXX}$ (MPa)

F_{nBM} = Tegangan nominal dari logam dasar (MPa)

F_{EXX} = Kuat tarik kawat las (MPa)

$A_{we} = t_e \cdot L$ (mm²)

A_{BM} = Luas penampang logam dasar (mm²)

L = Panjang pengelasan (mm)

2. Sambungan Baut

a. Persyaratan Spasi Baut

Persyaratan jarak baut diatur di AISC 360-16 bab J3. AISC mensyaratkan bahwa spasi (s) yang direkomendasikan untuk semua tipe baut adalah $s \cong 3d$, dimana d = diameter baut nominal. Untuk penempatan lubang baut sebaiknya dibuat simetris letaknya maupun diameternya agar mudah dalam fabrikasi dan pengerjaannya.

b. Persyaratan Lubang Baut

Untuk menghindari banyaknya variasi lubang baut, dibuat standarisasi oleh AISC (2016). Ukuran dan bentuk lubang dibagi 4 kelompok, yaitu; standar; kebesaran (oversized); slot-pendek; slot-panjang, bentuk dan ukuran lubang baut sangat penting dan menentukan kinerja sambungan tipe geser.

c. Kuat Tumpu Baut

Kuat tumpu baut memperhitungkan deformasi yang terjadi. Jika besar deformasi yang terjadi mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus:

$$R_n = 1.2l_c t f_u \leq 2.4 d t f_u \quad (2.73)$$

Apabila besar deformasi yang terjadi tidak mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus:

$$R_n = 1.5 l_c t f_u \leq 3 d t f_u \quad (2.74)$$

Dimana:

l_c = Jarak bersih (mm) searah gaya, dihitung dari tepi lubang ke tepi pelat terluar (untuk baut pinggir) atau jarak bersih antar tepi lubang (untuk baut dalam).

t = Tebal pelat tumpu (mm)

f_u = Kuat tarik minimum pelat baja pelat yang ditinjau (MPa)

d = Diameter baut (mm)

d. Kuat Geser Baut

Jika pelat mengalami tumpu dan geser, maka pada baut juga demikian. Tetapi karena baut sudah tertentu maka kerusakan yang terjadi terlebih dahulu adalah geser baut. Apabila terjadi kerusakan geser satu baut saja, maka seluruh sambungan akan rusak. Perilaku kerusakan ini sifatnya tiba-tiba, mendadak, dan non-daktail. Untuk itu harus di evaluasi bahwa kuat geser baut lebih besar dari mekanisme yang lain.

Rumus kuat geser baut per satu bidang geser dapat dihitung dengan rumus:

$$R_n = F_{nv} \times A_b \quad (2.75)$$

Dimana:

F_{nv} = Tegangan geser nominal baut sesuai tabel J3.2 AISC 360-16 (MPa)

A_b = Luas penampang baut (mm²)

e. Kuat Geser Blok

Mekanisme keruntuhan yang terakhir pada baut adalah geser blok. Geser blok terjadi karena kumpulan-kumpulan baut yang menyumbangkan kekuatan menyebabkan terjadi keruntuhan blok dalam satu kesatuan. Pada potongan blok terlihat ada bagian potongan yang tertarik (tegangan tarik) dan ada bagian potongan yang tergeser (tegangan geser).

$$R_n = 0.6f_u A_{nv} + U_{bs}f_u A_{nt} \leq 0.6f_y A_{gv} + U_{bs}f_u A_{nt} \quad (2.76)$$

Dimana:

f_u = Kuat tarik minimum pelat baja pelat yang ditinjau (MPa)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (MPa)

A_{nv} =Luas netto penampang yang mengalami gaya geser (mm²)

A_{gv} =Luas utuh penampang yang mengalami gaya geser (mm²)

A_{nt} =Luas netto penampang yang mengalami gaya tarik (mm²)

U_{bs} =Untuk tegangan tarik merata, nilai $U_{bs} = 1$. Untuk tegangan tarik tidak merata, nilai $U_{bs} = 0.5$

3. Pelat Landasan

Pada umumnya struktur baja mempunyai sambungan ke elemen beton. Untuk menghubungkan kedua elemen tersebut membutuhkan sambungan yaitu pelat landasan.

Pada prinsipnya pelat landasan dirancang untuk mentransfer gaya aksial (P), geser (V) dan momen (M) ke elemen beton yang lebih lemah tanpa menimbulkan kerusakan yang terjadi. Karena mencakup 2 bahan, maka perencanaanya mengacu AISC untuk baja dan ACI untuk beton.

a. Kuat Tumpu Beton

Gaya aksial tekan diteruskan pelat landasan ke beton sesuai kriteria AISC 360-16 J1.8 atau ACI (2011). Kuat tumpu rencana

yaitu $\phi_c P_p$ dengan $\phi_c = 0.65$. Adapun kuat tumpu nominal P_p tergantung dari luasan beton tumpuan yang tersedia, sebagai berikut:

- Luasan beton tumpuan \cong luas pelat landasan, maka:

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \quad (2.77)$$

Atau dalam format tegangan tumpu nominal maka

$$f_{p(max)} = \phi_c \cdot 0.85 \cdot f'_c \quad (2.78)$$

2.7.8 Sambungan End Plate

Sambungan mengacu pada *AISC Design Guide 24* pasal 5.4, desain sambungan untuk breising *Hollow Structural Section (HSS) Circle* yang disambung pada *end plate*. Dalam menentukan ketebalan pelat, tp , jumlah baut, n , dan tebal las, w . mengacu persamaan dari (Packer dan Henderson, 1997)

Sebagai berikut.

1. Tebal minimum *end plate*

$$tp \geq \sqrt{\frac{2Pt}{c F_{yp} \pi f_3}} \quad (2.79)$$

2. Jumlah baut

$$n \geq \frac{Pt}{Rc} \left[1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln(r_1/r_2)} \right] \quad (2.80)$$

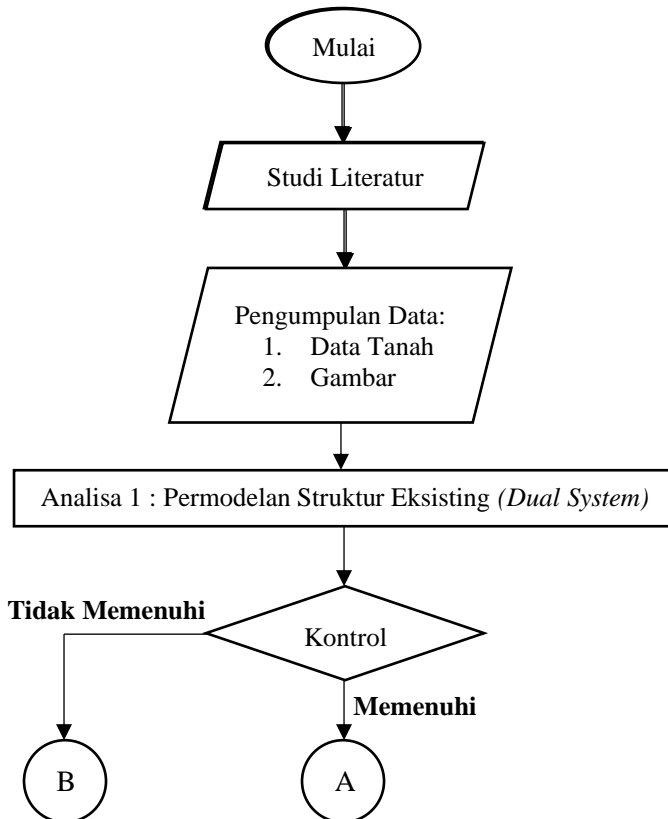
3. Tebal las minimum

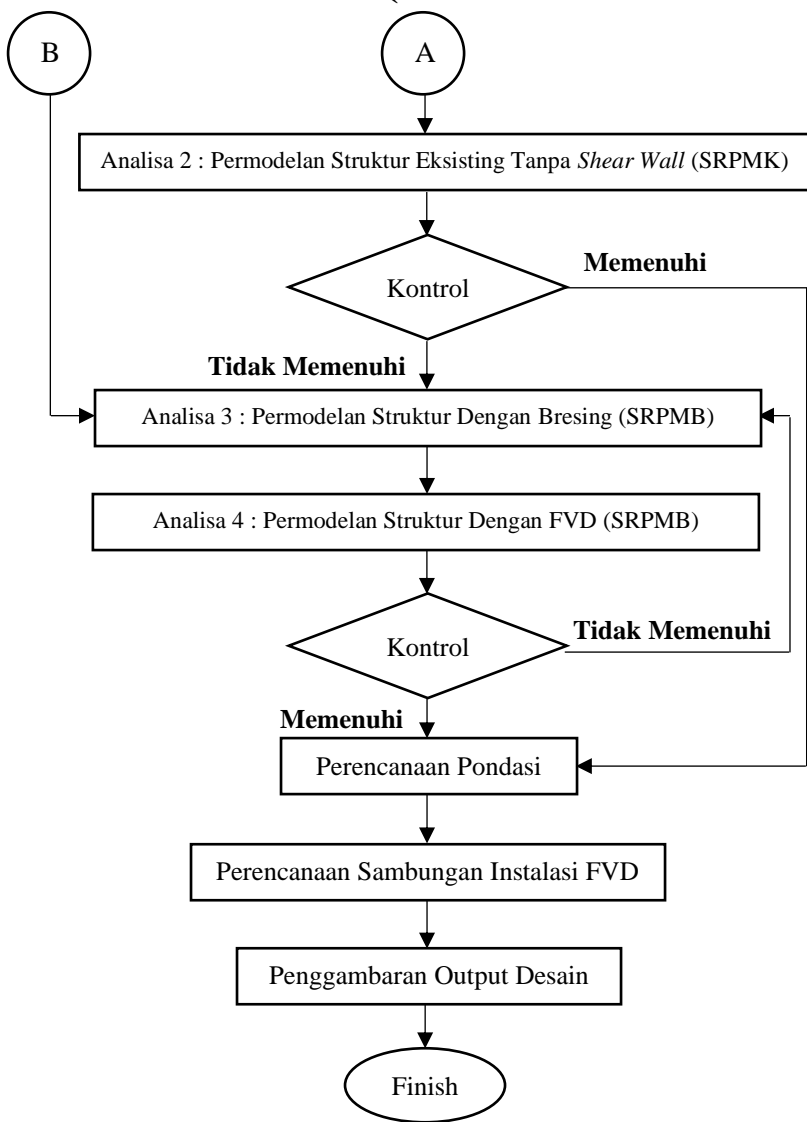
$$w \geq \frac{Pt\sqrt{2}}{F_{wt} \pi D} \quad (2.81)$$

BAB III METODOLOGI

Membuat alternatif desain struktur Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik yang awalnya memakai *shear wall* dirubah menggunakan *fluid viscous damper (FVD)* diperlukan langkah-langkah yang sistematis, sehingga perlu dibuat sebuah diagram yang memperlihatkan secara umum mengenai tahapan-tahapan pengerjaan dari awal mulai sampai dengan akhir.

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir





Gambar 3 1 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Tahapan analisis dibagi menjadi empat, yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Tahap 1 – analisis pada struktur eksisting SRPMK dengan *shearwall (dual system)*, diperiksa pada persyaratan *strength* (tulangan-tulangan balok, kolom, HBK & *shearwall*) dan simpangan.
2. Analisis Tahap 2 - analisis pada SRPMK rangka utama bangunan dengan *shearwall* yang digantikan dengan rangka untuk *core shaft*. Kemudian periksa pada persyaratan *strength* (tulangan2 balok, kolom & HBK) dan simpangan.
3. Analisis Tahap 3 - analisis pada SRPMB rangka utama bangunan dengan rangka untuk *core shaft*. Dihitung gaya-gaya M, N & D pada balok-balok dan kolom-kolom SRPM dan gaya-gaya diagonal pada bracing-bracing dimana *fluid viscous damper* akan dipasang nantinya. Periksa kecukupan dimensi-dimensi penampang balok dan kolom, beserta kebutuhan penulangannya. Kemudian ditentukan tipe *fluid viscous damper* yang sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Pemeriksaan bukan saja pada besar gaya (*force*), melainkan juga pada elongasi-nya (perpanjangan & perpendekannya). Sehingga pada tahap ini akan dihasilkan ringkasan gaya-gaya batang SRPM (berikut hasil penulangannya) dan bracing-bracing (berikut dimensi batang-batang bracing dan tipe *fluid viscous damper*-nya).
4. Analisis Tahap 4 - analisis struktur lengkap pada SRPMB dari rangka bangunan yang diperoleh dari Tahap 3 di atas, lengkap dengan seluruh *fluid viscous damper* yang terpasang padanya yang dimodelkan sebagai *Link*. Kemudian dilakukan analisis dengan pembebanan lengkap, termasuk kombinasi beban gempa secara elastik. Periksa dengan fasilitas *stress check*, apakah semua *strength* dari balok, kolom dan *fluid viscous damper* mencukupi. Selain itu juga diperiksa apakah *drift* bangunan tidak melampaui batas-batas yang diijinkan.

3.2 Studi Literatur

Peraturan-peraturan yang diacu dalam alternatif desain ini adalah sebagai berikut.

1. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).
2. Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures (ASCE 7-16).
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012).
4. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
5. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 1729-2015).
6. Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-16)

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data eksisting dilakukan untuk menunjang penyusunan studi Tugas Akhir ini. Diantaranya adalah Data umum bangunan, spesifikasi material, data tanah dan gambar.

1. Data Umum Bangunan
 - Nama Gedung : Apartemen Gunawangsa Tower A Gresik
 - Lokasi : Jl. Veteran, Kabupaten Gresik, Jawa Timur
 - Fungsi : Hunian
 - Jumlah lantai : 15
 - Tinggi Gedung : 50,1 m
 - Luas Bangunan : $\pm 477,02 \text{ m}^2$
 - Sistem Struktur : Sistem Ganda
 - Jenis Tanah : Tanah Sedang
2. Spesifikasi Material
 - a. Mutu Beton

Plat, balok, sloof, poer : K-350 / $f_c' = 29,05$ MPa
Kolom : K-400 / $f_c' = 33,20$ MPa

b. Mutu Baja Tulangan

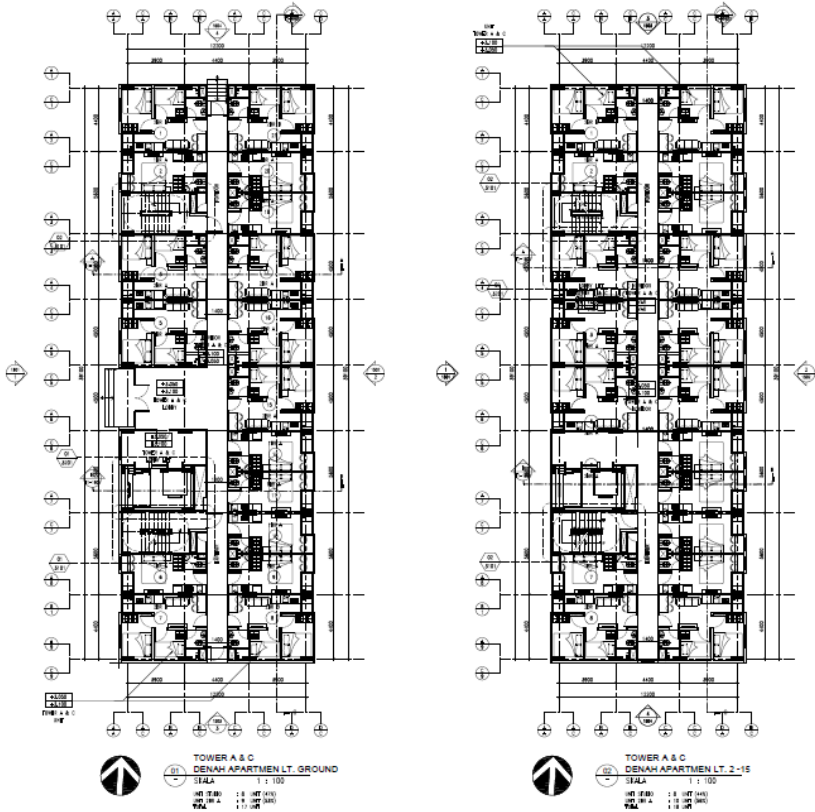
Baja tulangan dengan diameter > 12 mm digunakan baja ulir dengan mutu BjTD U40 / BjTD U50

c. Tebal Selimut Beton

Poer : 5 cm (khusus bagian bawah 7 cm)
Sloof : 4 cm
Plat : 2 cm
Balok, Kolom : 4 cm

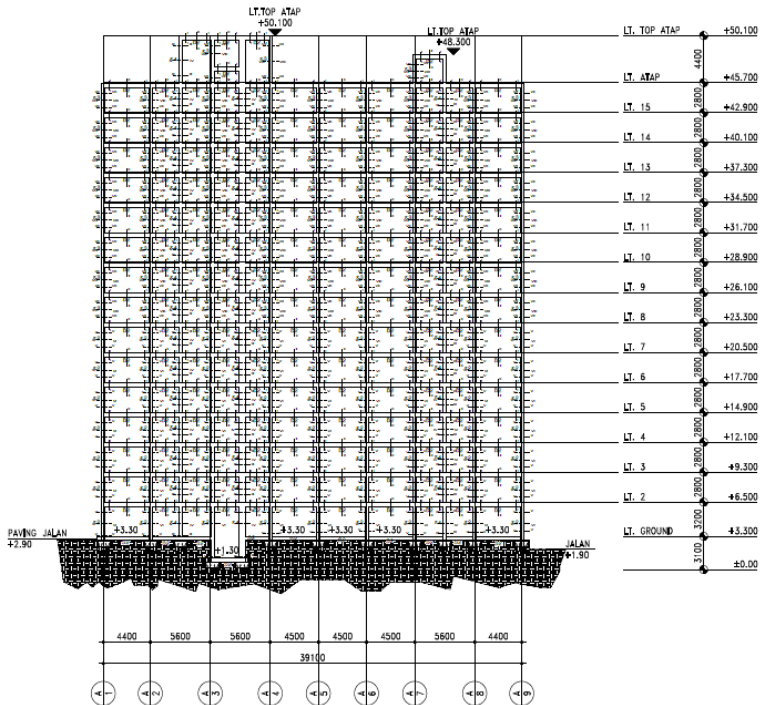
3. Data gambar


Data gambar yang digunakan adalah antara lain gambar struktur dan arsitektur.



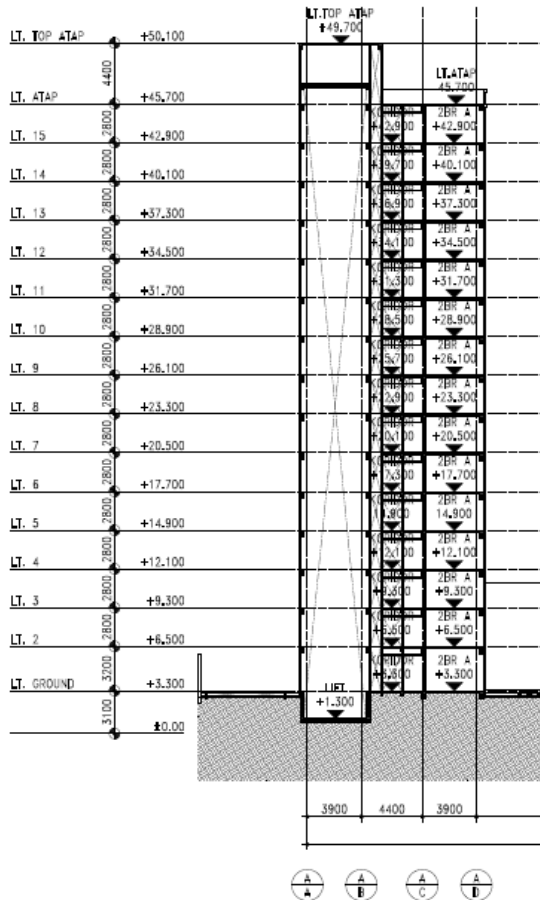
Gambar 3 2 Denah Gedung Apartemen Gunawangsa
Tower A

Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik




TOWER A,B,C POTONGAN
 skala 1:125

Gambar 3 3 Potongan Memanjang Gedung Apartemen
 Gunawangsa Tower A
 Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik



GUNAWANGSA GRESEK (TAHAP 1)

POTONGAN B-B

02

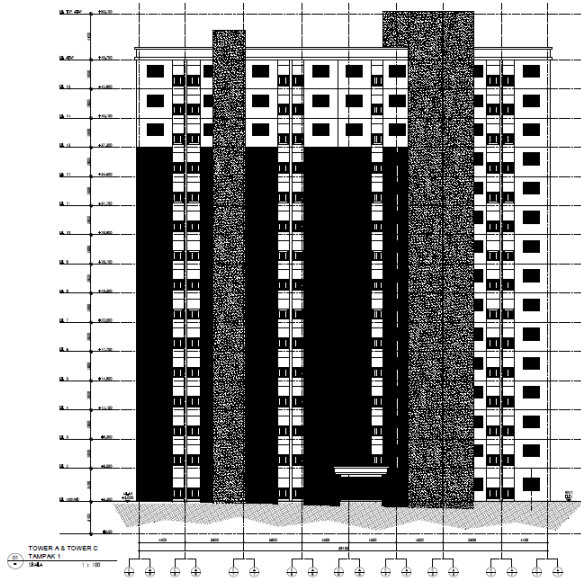
SKALA

1 : 250

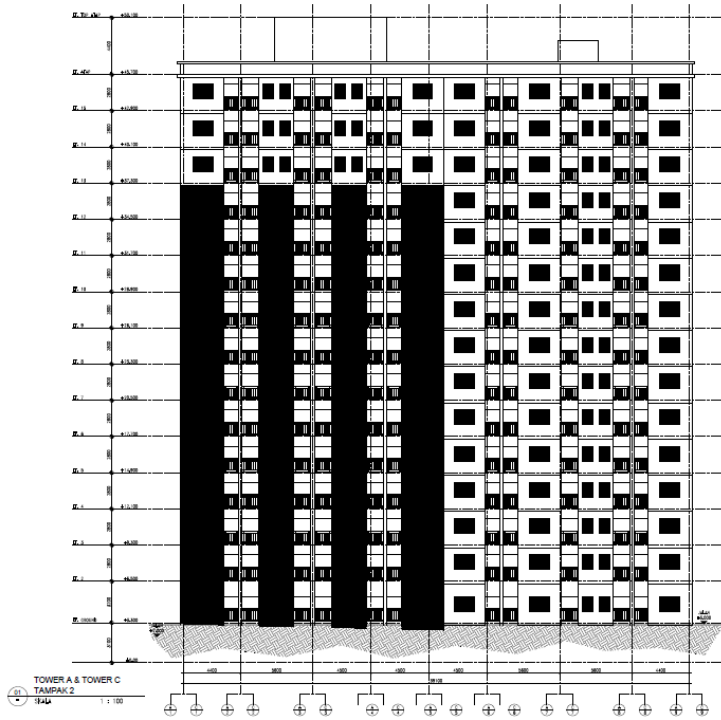
Gambar 3 4 Potongan Melintang Gedung Apartemen

Gunawangsa Tower A

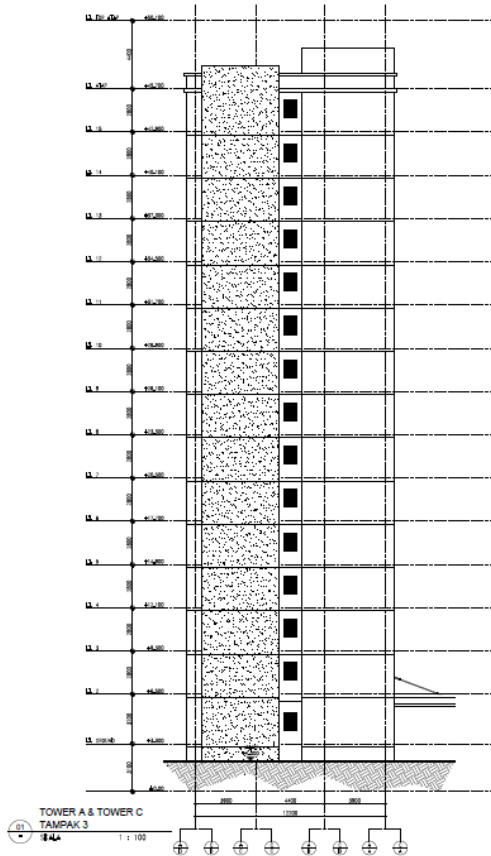
Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik



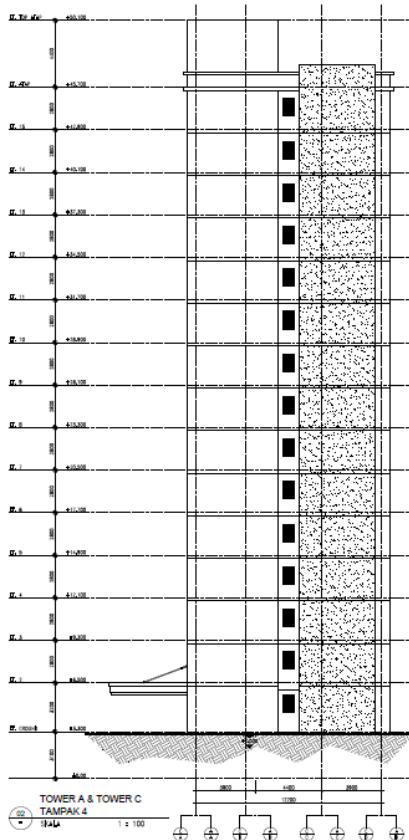
Gambar 3 5 Tampak Timur Gedung Apartemen
Gunawangsa Tower A
Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik



Gambar 3 6 Tampak Barat Gedung Apartemen
Gunawangsa Tower A
Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik



Gambar 3 7 Tampak Utara Gedung Apartemen
Gunawangsa Tower A
Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik



Gambar 3 8 Tampak Selatan Gedung Apartemen
Gunawangsa Tower A
Sumber : PT. PP Gunawangsa Gresik

4. Data tanah

Data tanah yang digunakan berupa data SPT. Data ini digunakan untuk mengetahui jenis tanah di lokasi studi dimana nantinya akan menjadi faktor pengaruh gempa terhadap bangunan yang ditinjau. Berdasarkan hasil tes penyelidikan tanah, tanah di

lokasi Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A merupakan jenis tanah sedang.

3.4 Pembebanan

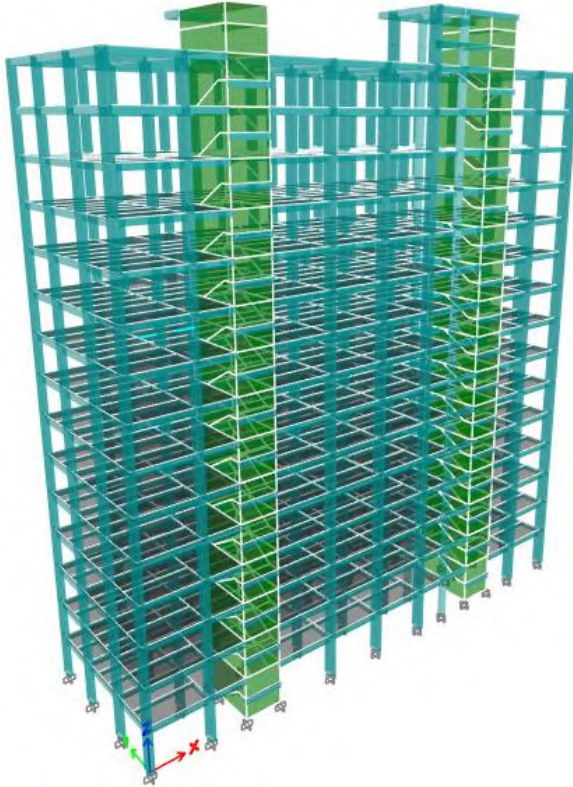
Beban yang direncanakan meliputi beban gravitasi dan lateral. Dimana beban-beban tersebut nantinya akan diimplementasikan pada permodelan gedung apartemen dengan menggunakan program bantu analisis struktur.

Pembebanan pada struktur ini menggunakan SNI 1727:2013 (Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain) dan ASCE 7-16 untuk pembebanannya. Pembebanan gempa menggunakan SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

3.5 Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program ETABS 18 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi. Beban-beban selanjutnya dimasukkan (diinput) kedalam elemen struktur yang direncanakan.

Selanjutnya, hasil/ output dari permodelan struktur akan didapatkan gaya dalam struktur berupa momen, gaya normal, dan gaya lintang. Dari gaya dalam yang didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan tulangan yang dibutuhkan pada elemen struktur yang ditinjau.



Gambar 3 9 Permodelan Struktur Apartemen Gunawangsa Tower A

3.6 Analisa Struktur

Analisa yang dilakukan pada program bantu ETABS 18 akan dilakukan kontrol struktur untuk memperoleh struktur yang ideal. Kontrol yang dilakukan sebagai berikut:

1. Kontrol rasio partisipasi massa
2. Kontrol periode fundamental
3. Kontrol simpangan antar lantai
4. Kontrol skala gaya geser dasar

3.7 Penggambaran Output Desain

Penggambaran teknik untuk hasil perhitungan struktur Gedung Apartemen Gunawangsa Tower A menggunakan *software* AutoCAD. Daftar gambar sebagai berikut:

1. Gambar arsitektural:
 - a. Gambar denah
 - b. Gambar tampak
 - c. Gambar potongan memanjang
 - d. Gambar potongan melintang

2. Gambar struktural:
 - a. Gambar sloof
 - b. Gambar denah pelat
 - c. Gambar denah balok
 - d. Gambar denah kolom
 - e. Gambar pelat tangga dan bordes
 - f. Gambar potongan portal memanjang
 - g. Gambar potongan portal melintang

3. Gambar detail penulangan:
 - a. Gambar detail penulangan pelat
 - b. Gambar detail penulangan balok
 - c. Gambar detail penulangan kolom
 - d. Gambar detail penulangan sloof
 - e. Gambar detail penulangan pelat tangga dan bordes
 - f. Gambar detail penulangan pondasi

4. Gambar detail sambungan:
 - a. Gambar detail sambungan balok-kolom
 - b. Gambar detail angkur

BAB IV PERMODELAN DAN PERHITUNGAN STRUKTUR

4.1 Beban Mati

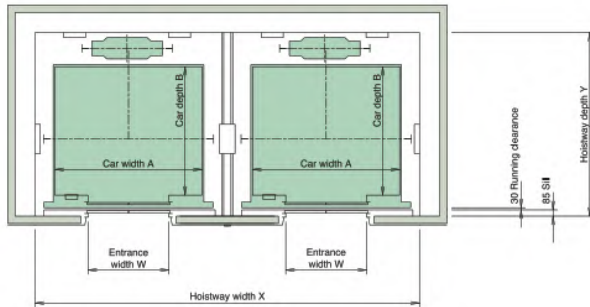
Beban mati adalah beban ditimbulkan oleh elemen struktural dan nonstruktural dari bangunan itu sendiri. Pembebanan pada strktur Gedung mengacu pada SNI 1727-2013, ASCE7-16, dan brosur untuk beban mati tambahan sesuai yang terlapir di lampiran. Rincian beban mati adalah sebagai berikut :

- Beban beton bertulang = 23.6 kN/m³
- Beban keramik + Spesi = 1.10 kN/m²
- Beban *Mechanical Electrical* (ME) = 0.19 kN/m²
- Beban waterproofing = 0.05 kN/m²
- Beban plafond dan penggantung = 0.10 kN/m²
- Beban bata ringan dan acian = 1.32 kN/m
- Beban *lift*

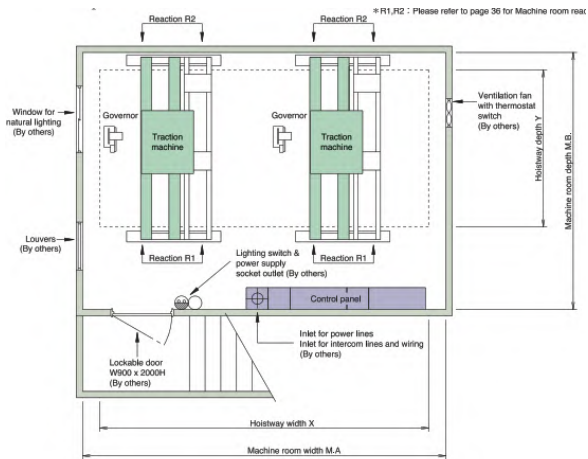
Lift yang digunakan adalah merk *Toshiba* tipe *New ELBRIGHT* dengan spesifikasi yang tersedia di brosur sebagai berikut:

Tabel 4 1 Spesifikasi Elevator

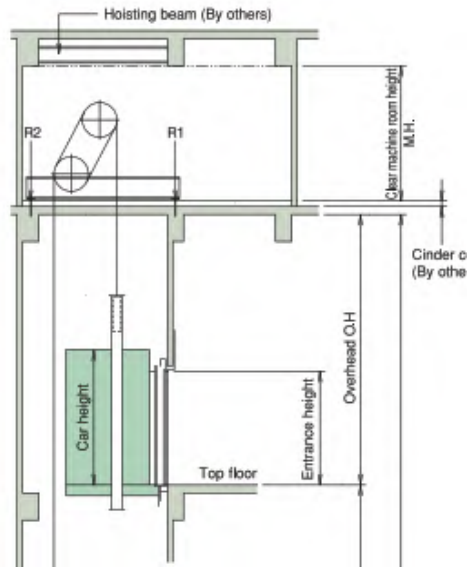
Kapasitas	18	Orang
Kecepatan	300	m/min
Kapasitas beban	1350	Kg
Dimensi pintu masuk	1100 × 2100	Mm
Dimensi <i>car</i>	2000 × 1500	mm
Dimensi ruang mesin	5600 × 3800	mm
Ruang <i>hoistway</i>	5150 × 2325	Mm
R1 ruang mesin	78	kN
R2 ruang mesin	132.16	kN
R1	168.5	kN
R2	148.1	kN



Gambar 4 1 Denah Hoistway



Gambar 4 2 Denah Ruang Mesin



Gambar 4 3 Potongan Hoistway

Panjang balok penggantung lift = 2.7 m

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.6.3 dimana beban impak akibat mesin timbal balik, maka beban harus dikalikan sebesar 50%.

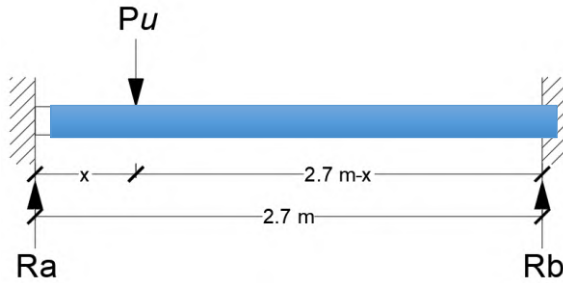
$$Ra = R1 \times 1.5 = 168.5 \text{ kN} \times 1.5 = 252.75 \text{ kN}$$

$$Rb = R2 \times 1.5 = 148.1 \text{ kN} \times 1.5 = 222.15 \text{ kN}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 2.7\text{m} \times 252.75 \text{ kN} - P_u \times x$$

$$P_u = \frac{682.425 \text{ kN.m}}{x}$$



Gambar 4 4 Pembebanan Balok Elevator

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = 2.7\text{ m} \times 222.15\text{ kN} - P_u \times (2.7\text{ m} - x)$$

$$0 = 599.805\text{ kN.m} - \frac{682.425\text{ kN.m}}{x} \times (2.7\text{ m} - x)$$

$$0 = 599.8\text{ kN.m} - \frac{1842.6\text{ kN.m}^2 + 682.4x\text{ kN.m}}{x}$$

$$0 = 1282.23\text{ kN.m} - \frac{1842.548\text{ kN.m}^2}{x}$$

$$x = \frac{1842.548\text{ kN.m}^2}{1282.548\text{ kN.m}}$$

$$x = 1.43\text{ m}$$

$$P_u = \frac{682.4\text{ kN.m}}{x} = \frac{682.4\text{ kN.m}}{1.43} = 474.9\text{ kN}$$

4.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban akibat pemakaian gedung sesuai dengan fungsi ruang. Beban hidup mencakup semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk

barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen atau seperti beban dari air hujan pada atap

Besaran beban hidup mengacu pada SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1, dimana beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Beban apartemen = 1,92 kN/ m²
2. Beban bordes dan tangga = 4,79 kN/ m²
3. Beban atap datar = 0,96 kN/ m²

4.3 Beban Hujan (R)

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

$$R = 0.0098 \cdot (d_s + d_h)$$

d_s = tinggi statis

d_h = tinggi hidrolis

Diasumsikan,

tinggi statis (d_s) = 10 mm

tinggi hidrolis (d_h) = 20 mm

Sehingga,

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

$$R = 0,294 \text{ kN/m}^2$$

4.4 Beban Angin (W)

Beban angin bekerja pada struktur gedung dianggap sebagai 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 berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26 dan 27. Tekanan angin minimum adalah 0,77 kN/m² dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan 0,38 kN/m² dikalikan dengan luas atap bangunan gedung.

a. Kategori Risiko Bangunan

Berdasarkan tabel SNI 1727:2013 Tabel 1.5-1, gedung Apartemen Gunawangsa Gresik termasuk ke dalam kategori risiko II.

b. Kecepatan Angin Dasar

Kecepatan angin dasar, V , yang digunakan dalam menentukan beban angin rencana di bangunan Gedung harus ditentukan dari instansi yang berwenang. Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.7 melihat kondisi Gedung Apartemen Gunawangsa di daerah Gresik, kategori eksposur yang digunakan dalam perhitungan beban angin adalah Kategori Eksposur B.

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

$$V = 30 \text{ km/jam} = 8.33 \text{ m/s.}$$

c. Faktor Arah Angin

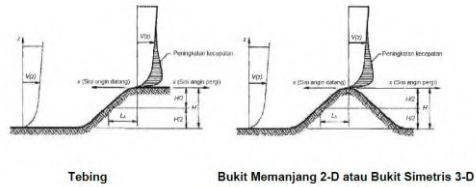
Faktor Arah Angin, K_d , harus ditentukan berdasarkan SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1. Melihat kondisi Gedung Apartemen Gunawangsa didapatkan nilai faktor arah angin yaitu sebesar $K_d = 0.85$.

d. Nilai Koefisien Eksposur

Menentukan Nilai Koefisien Eksposur, K_z diperlukan nilai α dan Z_g . Berdasarkan SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1 ekposur B didapatkan nilai $\alpha = 7.0$ dan $Z_g = 365,76 \text{ m}$. Jika ketinggian untuk kolom bangunan, $z = 39,6 \text{ meter}$, maka:

$$K_z = 2.01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{39,6 \text{ m}}{365,76 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{7}} = 1.065$$

e. Faktor Topografi (Kzt) Pasal 26.8



Gambar 4 5 Faktor Topografi

Sumber : SNI 1727:2013

Menurut pasal SNI 1727-2013 26.8, kategori eksposur B dan melihat kondisi lokasi Apartemen Gunawangsa Gresik didapatkan $K_{zt} = 1,3$

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

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

$$q_z = 0,613 \times 1.065 \times 1.3 \times 0,85 \times 8.33^2$$

$$q_z = 0.05 \text{ kN/m}^2$$

g. Faktor Efek Tiupan Angin (SNI 1727:2013 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 Ketertutupan (SNI 1727:2013 Pasal 26.10)

Apartemen Gunawangsa Gresik termasuk dalam kategori *Tertutup*, menurut SNI 1727-2013 pasal 26.10

i. Koefisien Tekanan Internal, (GCpi) SNI 1727:2013 Pasal 26.11

Tabel 4 2 Klasifikasi Ketertutupan
Sumber : SNI 1727:2013

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 $GC_{pi} = +0.18$ dan -0.18 . Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.

j. Koefisien Tekanan Eksternal, (C_p atau C_n) SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1

Tabel 4 3 Koefisien Tekan Dinding
Sumber : SNI 1727:2013

Koefisien tekan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	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

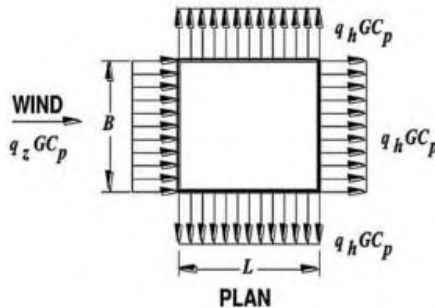
Berdasarkan tabel diatas, didapatkan $C_p = 0.8$ untuk angin tekan, $C_p = -0.5$ untuk angin hisap, dan $C_p = -0.7$ untuk dinding tepi.

k. 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

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

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 6 Ilustrasi Beban Angin yang Bekerja

$$P = (q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi}) \times L$$

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

$$\begin{aligned} q_z &= 0.036 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 0,85 \\ C_p &= 0,8 \text{ (tekan), } -0,5 \text{ (hisap), } -0,7 \text{ (tepi)} \\ GC_{pi} &= 0,18 \text{ (tekan), } -0,18 \text{ (hisap)} \end{aligned}$$

Maka besaran angin datang, tepi dan hisap sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Pada angin datang} &= q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi} \\ &= 0.05 \times 0,85 \times 0,8 - 0,05 \times 0.18 \\ &= 0.025 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pada angin hisap} &= q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi} \\ &= 0.036 \times 0,85 \times -0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -0.012 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Pada angin tepi} &= q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi} \\
 &= 0.036 \times 0,85 \times -0,7 \\
 &= -0,021 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk rekapitulasi beban angin yang terjadi pada setiap lantai pada bangunan apartemen adalah:

Tabel 4 4 Rekapitulasi Beban Angin

Lantai	Tinggi Lantai (z)	Zg	α	Kz	q	Angin Datang	Angin Hisap	Angin Tepi
	m					m	kN/m ²	kN/m ²
1	3.2	365.76	7	0.52	0.02	0.01	-0.01	-0.01
2	6.0	365.76	7	0.62	0.03	0.01	-0.01	-0.01
3	8.8	365.76	7	0.69	0.03	0.02	-0.01	-0.01
4	11.6	365.76	7	0.75	0.04	0.02	-0.01	-0.01
5	14.4	365.76	7	0.80	0.04	0.02	-0.01	-0.02
6	17.2	365.76	7	0.84	0.04	0.02	-0.01	-0.02
7	20.0	365.76	7	0.88	0.04	0.02	-0.01	-0.02
8	22.8	365.76	7	0.91	0.04	0.02	-0.01	-0.02
9	25.6	365.76	7	0.94	0.04	0.02	-0.01	-0.02
10	28.4	365.76	7	0.97	0.05	0.02	-0.01	-0.02
11	31.2	365.76	7	0.99	0.05	0.02	-0.01	-0.02
12	34.0	365.76	7	1.02	0.05	0.02	-0.01	-0.02
13	36.8	365.76	7	1.04	0.05	0.02	-0.01	-0.02
14	39.6	365.76	7	1.06	0.05	0.03	-0.01	-0.02
15	42.4	365.76	7	1.09	0.05	0.03	-0.01	-0.02
LM								
R	46.1	365.76	7	1.11	0.05	0.03	-0.01	-0.02

Berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum untuk dinding bangunan adalah 0.77 kN/m^2 , Sedangkan pada atap adalah 0.38 kN/m^2 . Sehingga untuk pembebanan angin yang terjadi adalah:

Tabel 4 5 Rekapitulasi Beban Angin Minimum

Lantai	Tinggi Lantai (z)	Zg	α	Kz	q	Angin Datang	Angin Hisap	Angin Tepi
	m	m				kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2
1	3.2	365.76	7	0.52	0.02	0.77	-0.77	-0.77
2	6.0	365.76	7	0.62	0.03	0.77	-0.77	-0.77
3	8.8	365.76	7	0.69	0.03	0.77	-0.77	-0.77
4	11.6	365.76	7	0.75	0.04	0.77	-0.77	-0.77
5	14.4	365.76	7	0.80	0.04	0.77	-0.77	-0.77
6	17.2	365.76	7	0.84	0.04	0.77	-0.77	-0.77
7	20.0	365.76	7	0.88	0.04	0.77	-0.77	-0.77
8	22.8	365.76	7	0.91	0.04	0.77	-0.77	-0.77
9	25.6	365.76	7	0.94	0.04	0.77	-0.77	-0.77
10	28.4	365.76	7	0.97	0.05	0.77	-0.77	-0.77
11	31.2	365.76	7	0.99	0.05	0.77	-0.77	-0.77
12	34.0	365.76	7	1.02	0.05	0.77	-0.77	-0.77
13	36.8	365.76	7	1.04	0.05	0.77	-0.77	-0.77
14	39.6	365.76	7	1.06	0.05	0.77	-0.77	-0.77
15	42.4	365.76	7	1.09	0.05	0.77	-0.77	-0.77
LM								
R	46.1	365.76	7	1.11	0.05	0.77	-0.77	-0.77

4.5 Beban Gempa (Q)

Beban gempa pada permodelan struktur gedung dilakukan secara analisis dinamis 3 dimensi. Respons spektrum ditetapkan sesuai gempa Kabupaten Gresik.

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 dengan kedalaman 20 m pada tanah lokasi bangunan.

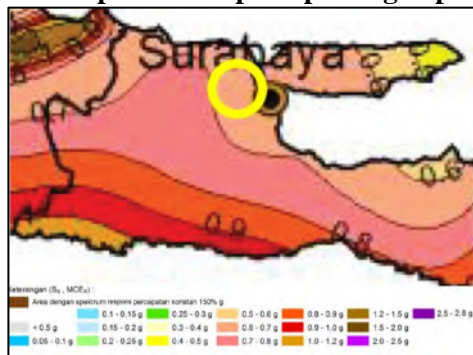
Tabel 4 6 Perhitungan SPT Rata-Rata

Kedalaman m	Jenis Tanah	N	Tebal Lapisan (ti) m	ti/N
0	Sand	0	0	0.00
-1	Sand	8	1	0.13
-2	Sand	30	1	0.03
-3	Sand	50	1	0.02
-4	Sand	47	1	0.02
-5	Sand	43	1	0.02
-6	Sand	45	1	0.02
-7	Sand	50	1	0.02
-8	Sand	41	1	0.02
-9	Sand	32	1	0.03
-10	Sand	40	1	0.03
-11	Sand	50	1	0.02
-12	Sand	50	1	0.02
-13	Sand	50	1	0.02
-14	Sand	50	1	0.02
-15	Sand	50	1	0.02

-16	Sand	35	1	0.03
-17	Sand	25	1	0.04
-18	Sand	35	1	0.03
-19	Sand	50	1	0.02
-20	Sand	50	1	0.02
Tanah Lunak		Σ	20	0.6
		$\Sigma t_i / [t_i/N]$		

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 Tabel 3 tanah tersebut termasuk dalam kategori SD (tanah sedang) dikarenakan $15 \leq N \leq 50$

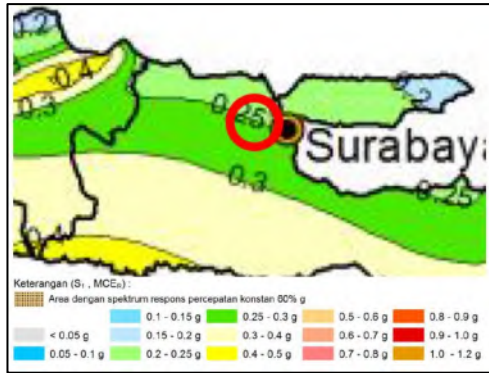
d. Menentukan parameter percepatan gempa



Gambar 4 7 Nilai S_g , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 0.2

Detik

Sumber : SNI 1726:2012



Gambar 4 8 Nilai S_1 , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik
 Sumber : SNI 1726:2012

Nilai parameter percepatan gempa untuk Kabupaten Gresik yang digunakan $S_S = 0.657$ dan $S_1 = 0.243$.

e. Menentukan koefisien situs

Koefisien situs ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012 seperti berikut ini:

Tabel 4 7 Koefisien Situs, F_a
 Sumber : SNI 1726:2012

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0.2$ detik, S_S				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	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 8 Koefisien Situs, F_v
 Sumber : SNI 1726:2012

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

$S_s = 0,657 g$ berada di antara 0,75 dan 0,5 maka dilakukan interpolasi linier. Maka $F_a = 1,1$

$S_1 = 0,243 g$ berada di antara 0,3 dan 0,2 maka dilakukan interpolasi linier. Maka $F_v = 1.9$

f. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

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

$$SM_S = F_a \cdot S_s = 1.1 \cdot 0.657 = 0.837$$

$$SM_1 = F_v \cdot S_1 = 1.9 \cdot 0.243 = 0.465$$

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} SM_S = \frac{2}{3} \times 0.837 = 0.558$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} SM_1 = \frac{2}{3} \times 0.465 = 0.310$$

g. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 6 dan Tabel 7, untuk $0,50 \leq S_{DS}$; $0,20 \leq S_{D1}$ dengan kategori resiko IV didapatkan Kategori Desain Seismik (KDS) D.

h. Menentukan Parameter Gempa

Menurut SNI 1726-2012 tidak disebutkan parameter gempa sistem struktur yang menggunakan *fluid viscous damper*, namun sesuai metodologi struktur direncanakan SRPMB maka ditentukan parameter gempa rencana sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Koefisien modifikasi respons (R)} &= 3 \\ \text{Faktor kuat-lebih sistem } (\Omega_0) &= 2,5 \\ \text{Faktor pembesaran defleksi (Cd)} &= 2,5\end{aligned}$$

i. Analisa Respons Spektrum

Berdasarkan SNI 1726-2013 Pasal 6.4 didapatkan bahwa:

$$\begin{aligned}T_0 &= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.310}{0.558} = 0.111 \\ T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.310}{0.558} = 0.560\end{aligned}$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

a. Untuk $T < T_0$, nilai $S_a = S_{DS} \cdot \left(0.4 + 0.6 \cdot \frac{T}{T_0}\right)$

Maka untuk $T = 0$

$$S_a = 0.558 \cdot \left(0.4 + 0.6 \cdot \frac{0}{0.111}\right) = 0.22$$

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

Maka:

$$\text{Untuk } T = T_0 = 0.111$$

$$\text{Untuk } T = T_s = 0.560$$

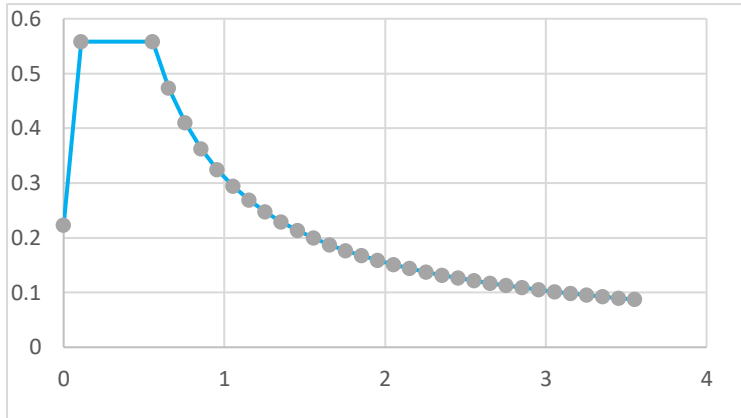
c. Untuk $T > T_s$, nilai $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$

$$\text{Maka Untuk } T = T_s + 0.1 = 0.560 + 0.1 = 0.660$$

$$\text{Maka } S_a = 0.310/0.660 = 0.473$$

Tabel 4 9 Perhitungan Respon Spektrum Desain

T	T	Sa	T	T	Sa
0	0	0.22	Ts + 1,5	2.06	0.151
T0	0.111	0.558	Ts + 1,6	2.16	0.144
Ts	0.56	0.558	Ts + 1,7	2.26	0.137
Ts + 0,1	0.66	0.473	Ts + 1,8	2.36	0.132
Ts + 0,2	0.76	0.410	Ts + 1,9	2.46	0.126
Ts + 0,3	0.86	0.362	Ts + 2	2.56	0.121
Ts + 0,4	0.96	0.325	Ts + 2,1	2.66	0.117
Ts + 0,5	1.06	0.294	Ts + 2,2	2.76	0.113
Ts + 0,6	1.16	0.268	Ts + 2,3	2.86	0.109
Ts + 0,7	1.26	0.247	Ts + 2,4	2.96	0.105
Ts + 0,8	1.36	0.229	Ts + 2,5	3.06	0.101
Ts + 0,9	1.46	0.213	Ts + 2,6	3.16	0.098
Ts + 1	1.56	0.199	Ts + 2,7	3.26	0.095
Ts + 1,1	1.66	0.187	Ts + 2,8	3.36	0.092
Ts + 1,2	1.76	0.177	Ts + 2,9	3.46	0.090
Ts + 1,3	1.86	0.167	Ts + 3	3.56	0.087
Ts + 1,4	1.96	0.159			



Gambar 4.9 Respon Spektrum Desain Kabupaten Gresik

4.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan untuk perencanaan elemen struktur menurut SNI 1726:2012 adalah sebagai berikut:

4.5.1 Kombinasi Perencanaan Struktur Atas

Perencanaan struktur atas menggunakan kombinasi beban ultimit sesuai SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2, 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. $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_x + 0,3 E_y$
7. $1,2 D + 1,0 L + 0,3 E_x + 1,0 E_y$
8. $0,9 D + 1,0 E_x + 0,3 E_y$
9. $0,9 D + 0,3 E_y + 1,0 E_y$

4.5.2 Kombinasi Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah menggunakan kombinasi beban ijin sesuai SNI 1726:2012 Pasal 4.2.3, yaitu :

1. D
2. D + L
3. D + R
4. $D + 0,75 R + 0,75 L$
5. $D + 0,7 E$
6. $D + 0,75 (0,7E) + 0,75 L + 0,75 R$
7. $0,6 D + 0,6 W$
8. $0,6 D + 0,6 E$

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

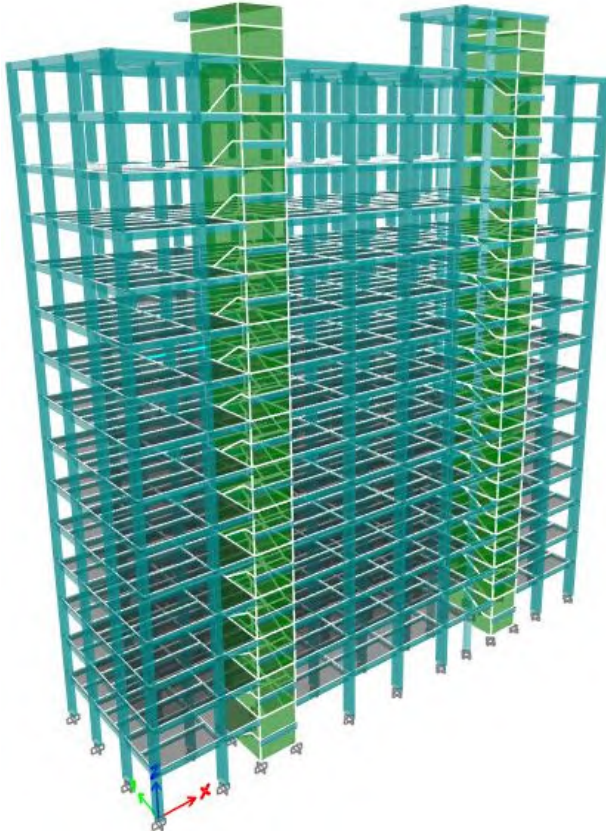
R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Pengaruh beban gempa

4.6 Permodelan Struktur Eksisting

Struktur bangunan eksisting menggunakan *dual system* yang dimodelkan 3 dimensi dengan program bantu ETABS 18 seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4 10 Model 3 Dimensi Struktur Eksisting

4.6.1 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, analisa yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90% dalam setiap arah horizontal ortogonal dari respon yang dipertimbangkan dalam model. Partisipasi ragam dari model struktur eksisting yang dihasilkan oleh program bantu ETABS ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4 10 Rasio Partisipasi Massa Struktur Eksisting dari ETABS 18

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	1.560	0.582	0.004	Modal
Modal	2	1.320	0.593	0.689	Modal
Modal	3	1.151	0.748	0.699	Modal
Modal	4	0.464	0.859	0.699	Modal
Modal	5	0.341	0.860	0.847	Modal
Modal	6	0.311	0.884	0.855	Modal
Modal	7	0.242	0.927	0.855	Modal
Modal	8	0.162	0.951	0.856	Modal
Modal	9	0.155	0.951	0.911	Modal
Modal	10	0.147	0.957	0.916	Modal
Modal	11	0.125	0.966	0.916	Modal
Modal	12	0.111	0.972	0.918	Modal

Pada Mode 9 partisipasi massa telah memenuhi syarat (minimal 90%) seperti yang disyaratkan di SNI 1726-2012.

- a. Partisipasi Massa Arah X = 0.951
- b. Partisipasi Massa Arah Y = 0.911

4.6.2 Kontrol Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2, analisa yang dilakukan untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a , sesuai dengan Pasal 7.8.2.1.

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

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur, C_t dan x adalah koefisien yang didapat dari SNI 1726-2012 Tabel 15.

Tabel 4 11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x
Sumber : SNI 1726:2012

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

Maka digunakan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. Sedangkan tinggi bangunan yaitu 46,1 m, sehingga
 $T_a = 0.0466 \times 46.1^{0.9} = 1,46 \text{ detik}$

Koefisien untuk batas atas pada perioda yang diitung diambil berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 14, seperti berikut:

Tabel 4 12 Koefisien Untuk Batas Atas pada Perioda Dihitung
Sumber : SNI 1726:2012

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Karena nilai $S_{D1} = 0,3 = 0,3$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$
 $T_a \cdot C_u = 1,46 \times 1,4 = 2.05$ detik

Pada permodelan struktur eksisting di ETABS didapatkan periode sebesar:

Tabel 4 13 Perioda Struktur pada Modal di Program ETABS 18

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.56	0.641	4.028	16.223
Modal	2	1.32	0.757	4.759	22.643
Modal	3	1.151	0.869	5.457	29.780
Modal	4	0.464	2.157	13.550	183.600
Modal	5	0,341	2.931	18.418	339.221
Modal	6	0.311	3.214	20.192	407.732
Modal	7	0.242	4.139	26.008	676.401
Modal	8	0.162	6.172	38.777	1503.65
Modal	9	0.155	6.471	40.659	1653.18
Modal	10	0.147	6.793	42.683	1821.82
Modal	11	0.125	8.028	50.440	2544.13
Modal	12	0.111	9.032	56.748	3220.32

$$T_a < T_{struktur} < T_a \cdot C_u$$

$$1,46 < 1,56 < 2.05$$

Karena nilai periode fundamental struktur berada di tengah batasan yang ditetapkan, maka periode fundamental struktur **memenuhi**.

4.6.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1 simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) yang terjadi pada struktur tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) untuk semua tingkat.

$$\Delta \leq \Delta_a$$

Keterangan:

Δ = Simpangan yang terjadi

$$\Delta = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{I_e}$$

Δ_a = Simpangan ijin

$$\Delta_a = 0.020h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian lantai yang ditinjau

Tabel 4 14 Simpangan Ijin Antar Lantai

Sumber : SNI 1726:2012

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	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

a. Simpangan antar lantai arah X

Tabel 4 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

TABLE: Story Response							
Story	Elv.	h_{sx}	δe	δx_e	Δ	Δ_a	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap LMR	46.1	1.1	27.884	0.508	2.794	22	OK
Atap Tangga	45	1.1	28.392	1.482	8.151	22	OK
Balok LMR	43.9	1.1	26.91	6.172	13.946	22	OK
Lt. Atap	42.4	1.5	33.082	1.312	7.216	30	OK
Lt. 15	39.6	2.8	31.77	1.632	8.976	56	OK
Lt. 14	36.8	2.8	30.138	1.857	10.2135	56	OK
Lt. 13	34.0	2.8	28.281	2.05	11.275	56	OK
Lt. 12	31.2	2.8	26.231	2.229	12.2595	56	OK
Lt. 11	28.4	2.8	24.002	2.394	13.167	56	OK
Lt. 10	25.6	2.8	21.608	2.542	13.981	56	OK
Lt. 9	22.8	2.8	19.066	2.673	14.7015	56	OK
Lt. 8	20.0	2.8	16.393	2.711	14.9105	56	OK
Lt. 7	17.2	2.8	13.682	2.765	15.2075	56	OK
Lt. 6	14.4	2.8	10.917	2.702	14.861	56	OK
Lt. 5	11.6	2.8	8.215	2.596	14.278	56	OK
Lt. 4	8.8	2.8	5.619	2.366	13.013	56	OK
Lt. 3	6.0	2.8	3.253	1.964	10.802	56	OK
Lt. 2	3.2	2.8	1.289	1.289	7.0895	56	OK
Lt. 1	0	3.2	0	0	0	64	OK

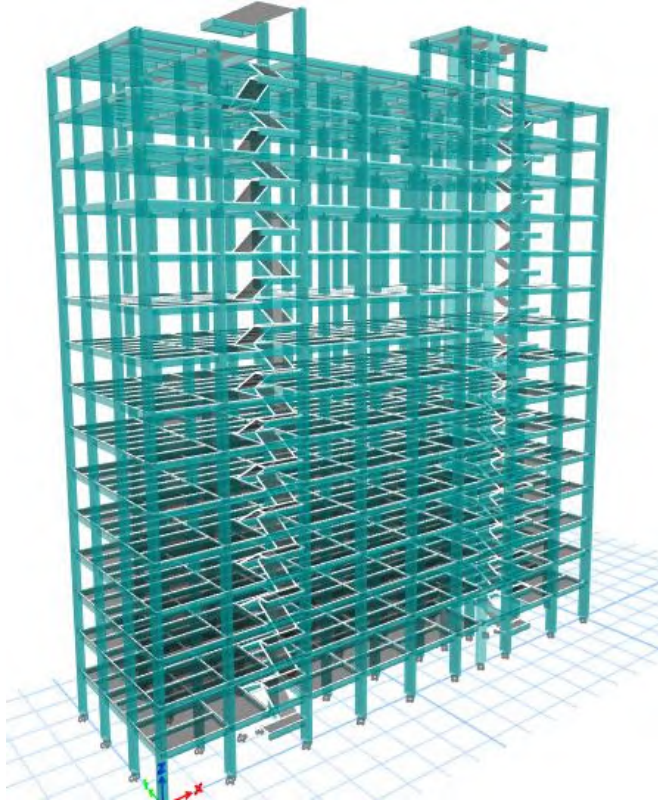
Tabel 4 16 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

TABLE: Story Response							
Story	Elv.	h_{sx}	δ_e	δ_{ye}	Δ	Δ_a	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap LMR	46.1	1.1	30.917	1.767	9.718	22	OK
Atap Tangga	45	1.1	32.684	0.795	4.372	22	OK
Balok LMR	43.9	1.1	31.889	0.061	0.335	22	OK
Lt. Atap	42.4	1.5	31.828	1.934	10.63	30	OK
Lt. 15	39.6	2.8	29.894	2.116	11.63	56	OK
Lt. 14	36.8	2.8	27.778	2.227	12.248	56	OK
Lt. 13	34.0	2.8	25.551	2.323	12.776	56	OK
Lt. 12	31.2	2.8	23.228	2.419	13.304	56	OK
Lt. 11	28.4	2.8	20.809	2.499	13.744	56	OK
Lt. 10	25.6	2.8	18.31	2.555	14.052	56	OK
Lt. 9	22.8	2.8	15.755	2.581	14.195	56	OK
Lt. 8	20.0	2.8	13.174	2.552	14.03	56	OK
Lt. 7	17.2	2.8	10.622	2.479	13.634	56	OK
Lt. 6	14.4	2.8	8.143	2.328	12.80	56	OK
Lt. 5	11.6	2.8	5.815	2.1	11.55	56	OK
Lt. 4	8.8	2.8	3.715	1.765	9.707	56	OK
Lt. 3	6.0	2.8	1.95	1.293	7.111	56	OK
Lt. 2	3.2	2.8	0.657	0.657	3.613	56	OK
Lt. 1	0	3.2	0	0	0	64	OK

Kontrol rasio partisipasi massa, periode struktur dan simpangan antar lantai model struktur eksisting **telah memenuhi** persyaratan yang diizinkan. Sehingga, selanjutnya dilakukan pemodelan struktur tanpa *shearwall*.

4.7 Permodelan Struktur Tanpa *Shear Wall*

Struktur tanpa *shear wall* yang dimodelkan 3 dimensi dengan program bantu ETABS 18 seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4 11 Model 3 Dimensi Struktur Tanpa *Shear Wall*

4.7.1 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, analisa yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90%

dalam setiap arah horizontal ortogonal dari respon yang dipertimbangkan dalam model. Partisipasi ragam dari model struktur tanpa *shear wall* yang dihasilkan oleh program bantu ETABS ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4 17 Rasio Partisipasi Massa Struktur Tanpa *Shear Wall* dari ETABS 18

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	1.775	0.7159	0.0003	Modal
Modal	2	1.678	0.7166	0.7611	Modal
Modal	3	1.569	0.8051	0.762	Modal
Modal	4	0.585	0.9052	0.762	Modal
Modal	5	0.522	0.9052	0.8798	Modal
Modal	6	0.496	0.9105	0.8798	Modal
Modal	7	0.337	0.9452	0.8798	Modal
Modal	8	0.278	0.9452	0.922	Modal
Modal	9	0.268	0.9463	0.9224	Modal
Modal	10	0.235	0.9641	0.9224	Modal
Modal	11	0.181	0.9646	0.9431	Modal
Modal	12	0.179	0.9751	0.9442	Modal

Pada Mode 8 partisipasi massa telah memenuhi syarat (minimal 90%) seperti yang disyaratkan di SNI 1726-2012.

- a. Partisipasi Massa Arah X = 0.945
- b. Partisipasi Massa Arah Y = 0.922

4.7.2 Kontrol Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2, analisa yang dilakukan untuk menentukan periode fundamental struktur, T ,

dijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a , sesuai dengan Pasal 7.8.2.1.

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

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur, C_t dan x adalah koefisien yang didapat dari SNI 1726-2012 Tabel 15.

Tabel 4 18 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x
Sumber : SNI 1726:2012

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

Maka digunakan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. Sedangkan tinggi bangunan yaitu 46,1 m, sehingga
 $T_a = 0.0466 \times 46.1^{0.9} = 1,46 \text{ detik}$

Koefisien untuk batas atas pada perioda yang diitung diambil berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 14, seperti berikut:

Tabel 4 19 Koefisien Untuk Batas Atas pada Perioda Dihitung

Sumber : SNI 1726:2012

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Karena nilai $S_{D1} = 0,3 = 0,3$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$

$T_a \cdot C_u = 1,46 \times 1,4 = 2.05$ detik

Pada permodelan struktur tanpa *shear wall* di ETABS 18 didapatkan periode sebesar:

Tabel 4 20 Perioda Struktur pada Modal di Program ETABS 18

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cvc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.775	0.563	3.5397	12.5296
Modal	2	1.678	0.596	3.7454	14.0279
Modal	3	1.569	0.637	4.0044	16.035
Modal	4	0.585	1.709	10.7362	115.266
Modal	5	0.522	1.917	12.0452	145.087
Modal	6	0.496	2.017	12.6759	160.678
Modal	7	0.337	2.963	18.6173	346.602
Modal	8	0.278	3.602	22.6331	512.259
Modal	9	0.268	3.736	23.4711	550.891
Modal	10	0.235	4.25	26.704	713.101
Modal	11	0.181	5.512	34.6348	1199.56
Modal	12	0.179	5.579	35.0538	1228.76

$$T_a < T_{struktur} < T_a \cdot C_u$$

$$1,46 < 1,775 < 2,05$$

Karena nilai periode fundamental struktur berada di tengah batasan yang ditetapkan, maka periode fundamental struktur **memenuhi**.

4.7.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1 simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) yang terjadi pada struktur tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) untuk semua tingkat.

$$\Delta \leq \Delta_a$$

Keterangan:

Δ = Simpangan yang terjadi

$$\Delta = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{I_e}$$

Δ_a = Simpangan ijin

$$\Delta_a = 0.020h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian lantai yang ditinjau

Tabel 4 21 Simpangan Ijin Antar Lantai

Sumber : SNI 1726:2012

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	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

Tabel 4 22 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

TABLE: Story Response							
Story	Elv.	h_{sx}	δ_e	δ_{xe}	Δ	Δ_a	Ce k
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap LMR	46.1	1.1	21.276	0.393	2.1615	22	ok
Atap Tangga	45	1.1	21.669	1.122	6.171	22	ok
Balok LMR	43.9	1.1	20.547	2.846	15.653	22	not ok
Lt. Atap	42.4	1.5	23.393	0.474	2.607	30	ok
Lt. 15	39.6	2.8	22.919	0.716	3.938	56	ok
Lt. 14	36.8	2.8	22.203	0.943	5.1865	56	ok
Lt. 13	34.0	2.8	21.26	1.145	6.2975	56	ok
Lt. 12	31.2	2.8	20.115	1.323	7.2765	56	ok
Lt. 11	28.4	2.8	18.792	1.482	8.151	56	ok
Lt. 10	25.6	2.8	17.31	1.628	8.954	56	ok
Lt. 9	22.8	2.8	15.682	1.766	9.713	56	ok
Lt. 8	20.0	2.8	13.916	1.839	10.114	56	ok
Lt. 7	17.2	2.8	12.077	1.963	10.796	56	ok
Lt. 6	14.4	2.8	10.114	2.029	11.159	56	ok
Lt. 5	11.6	2.8	8.085	2.124	11.682	56	ok
Lt. 4	8.8	2.8	5.961	2.18	11.99	56	ok
Lt. 3	6.0	2.8	3.781	2.123	11.676	56	ok
Lt. 2	3.2	2.8	1.658	1.658	9.119	56	ok
Lt. 1	0	3.2	0	0	0	64	ok

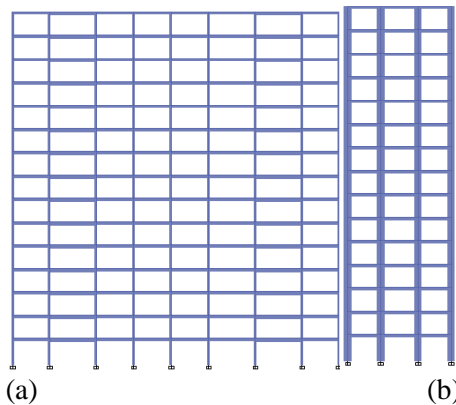
Tabel 4 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

TABLE: Story Response							
Story	Elv.	h_{sx}	δ_e	δ_{ye}	Δ	Δ_a	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap LMR	46.1	1.1	122.6	0.881	4.8455	22	ok
Atap Tangga	45	1.1	123.5	3.843	21.136	22	ok
Balok LMR	43.9	1.1	119.7	0.899	4.9445	22	ok
Lt. Atap	42.4	1.5	120.6	3.936	21.648	30	ok
Lt. 15	39.6	2.8	116.6	4.803	26.416	56	ok
Lt. 14	36.8	2.8	111.8	5.794	31.867	56	ok
Lt. 13	34.0	2.8	106.0	6.793	37.361	56	ok
Lt. 12	31.2	2.8	99.29	7.736	42.548	56	ok
Lt. 11	28.4	2.8	91.55	8.591	47.250	56	ok
Lt. 10	25.6	2.8	82.96	9.336	51.348	56	ok
Lt. 9	22.8	2.8	73.63	9.957	54.763	56	ok
Lt. 8	20.0	2.8	63.67	10.348	56.914	56	not ok
Lt. 7	17.2	2.8	53.32	10.615	58.382	56	not ok
Lt. 6	14.4	2.8	42.71	10.622	58.421	56	not ok
Lt. 5	11.6	2.8	32.08	10.368	57.024	56	not ok
Lt. 4	8.8	2.8	21.72	9.538	52.459	56	ok
Lt. 3	6.0	2.8	12.18	7.731	42.520	56	ok
Lt. 2	3.2	2.8	4.452	4.452	24.486	56	ok
Lt. 1	0	3.2	0	0	0	64	ok

Kontrol simpangan antar lantai struktur tanpa *shear wall* yang dimodelkan **tidak memenuhi** persyaratan yang diizinkan. Sehingga, selanjutnya dilakukan modifikasi struktur menggunakan *fluid viscous damper*.

4.8 Desain Struktur Primer

Desain elemen struktur primer akan ditinjau pada dua portal gedung Apartemen Gunawangsa Tower A. Dua portal tersebut dipilih dari satu portal arah melintang dan satu portal arah memanjang. Dari kedua portal struktur tersebut elemen struktur primer yang akan dihitung berupa balok, kolom, dan hubungan balok kolom. Untuk portal yang ditinjau adalah sebagai berikut:



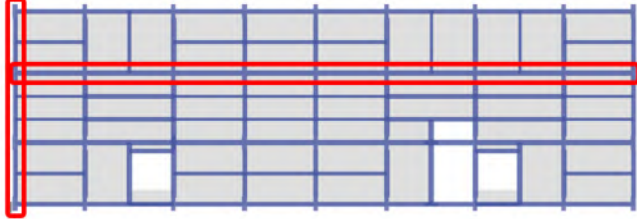
Gambar 4 12 Portal yang ditinjau; (a) Portal pada Bidang x-z; (b) Portal pada Bidang y-z

4.8.1 Desain Struktur Balok

Pada portal-portal yang ditinjau, dilakukan perhitungan penulangan balok-balok induk. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada salah satu balok, sedangkan untuk penulangan balok-balok lainnya akan disajikan dalam tabel rekapitulasi.

a) Perhitungan Balok Induk

Balok yang akan dijadikan percontohan perhitungan penulangannya, yaitu balok 11 di lantai 5.



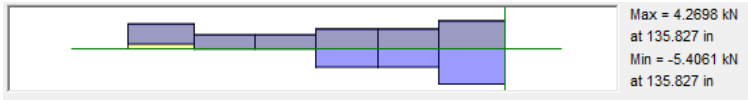
Gambar 4 13 Lokasi Portal yang Ditinjau

b) Data Perencanaan

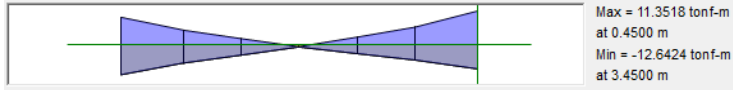
- Mutu beton f_c' = 29.05 Mpa
- Dimensi Balok = 250 x 400 mm
- Bentang Balok = 3900 mm
- Bentang bersih (L_n) = $3900 - 2 \times \frac{900}{2} = 3000$ mm
- Cover (t) = 40 mm
- \varnothing tulangan lentur = 19 mm
- \varnothing tulangan geser = 12 mm
- F_y lentur = 400 Mpa
- F_y geser = 240 Mpa

c) Gaya Dalam yang Terjadi pada Balok

Untuk perhitungan yang kami tunjukkan disini mengacu pada satu balok di portal yang kami tinjau, yaitu balok 11. Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok, nantinya dilihat menggunakan program bantu ETABS 18. Didapatkan gaya-gaya akibat beban kombinasi 1.2D + 1L + 1 EQ sebagai berikut:



Gambar 4 14 Gaya Aksial dari ETABS 18



Gambar 4 15 Gaya Momen dari ETABS 18

Tabel 4 24 Tabel Momen yang Terjadi pada Balok 11

Momen-momen kombinasi		Mu
Mu (ton.m)		(ton.m)
Tumpu kiri	1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ	11,35
Lapangan	1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ	0,92
Tumpu kanan	1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ	12,64

d) Cek Syarat Komponen Struktur Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.5.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal-hal berikut:

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 A_g \cdot f_c'$
 $0,1 A_g \cdot f_c' = 0,1 \times 250\text{mm} \times 400\text{mm} \times 29,05\text{Mpa} = 290,5 \text{ kN}$
 Dari program ETABS 18 didapatkan: $P_u = 5,4 \text{ kN} < 290,5 \text{ kN}$ (**memenuhi**)

- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2)

$$L_n = 3000 \text{ mm}$$

$$d = H_{Balok} - \text{selimut} - \text{senggang} - D_{lentur} / 2$$

$$d = 400 - 40 - 12 - 19 / 2$$

$$d = 338,5 \text{ mm}$$

$$4d = 4 \cdot (338,5 \text{ mm}) = 1354 \text{ mm} < 3000 \text{ mm}$$

$4d < Ld$ (**memenuhi**)

- Lebar komponen tidak boleh kurang dari 0,3 dan 250 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3)

$$b/h = 250 \text{ mm}/400 \text{ mm} = 0,625 > 0,3 \text{ (**memenuhi**)}$$

$$250 \text{ mm} = 250 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

e) Perhitungan Kebutuhan Baja Tulangan Lentur

1. Momen di tumpuan kiri akibat kombinasi beban 1.2D + 1L + 1EQ = 11,35 Ton.m

Momen nominal aktual:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{11,35}{0,9} = 12,61 \text{ Ton.m}$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 29,05} = 16,2$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$R_n = \frac{12,61}{(0,250 \cdot 0,3385)^2} = 4,4$$

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

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{16,2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,2) \cdot (6,13)}{400}} \right) = 0,0122$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\left(\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\left(\frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 29,05}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600+400} \right) \right) = 0,0222$$

Karena $\rho_{maks} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka nilai ρ yang dipakai adalah $\rho_{perlu} = 0,0073$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0122 \times 250 \times 338,5 = 1033,7 \text{ mm}^2$$

$$As'_{perlu} = 0,60 As_{perlu}$$

$$As'_{perlu} = 0,60 \times 1033,7 = 620,2 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$n = \frac{1033,7}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2} = 3,65 \approx 4 \rightarrow \text{kebutuhan tulangan tarik di tumpuan kiri balok.}$$

$$As_{pasang} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2$$

$$As_{pasang} = 4 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 1133,54 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Luas tulangan tarik pasang.}$$

$$n = \frac{620,2}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$n = \frac{620,2}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2} = 2,19 \approx 3 \rightarrow \text{kebutuhan tulangan tekan di tumpuan kiri balok.}$$

$$As'_{pasang} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2$$

$$As'_{pasang} = 3 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 850,16 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Luas tulangan tekan pasang.}$$

2. Momen di lapangan akibat kombinasi 1.2D + 1L + 1EQ = 0,92
Ton.m

Momen nominal aktual:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{0,92}{0,9} = 1,02 \text{ Ton.m}$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 29,05} = 16,2$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$R_n = \frac{0,92}{(0,250 \cdot 0,3385)^2} = 0,36$$

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

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot (2,40)}{400}} \right) = 0,0009$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\left(\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\left(\frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 29,05}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \right) = 0,0222$$

Karena $\rho_{pertu} < \rho_{min}$, maka nilai ρ yang dipakai adalah $\rho_{min} = 0,0035$

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 338,5 = 773,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{perlu}} = 0,60 A_{s_{perlu}}$$

$$A_{s'_{perlu}} = 0,60 \times 773,9 = 464,34 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$n = \frac{773,9}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2} = 2,73 \approx 3 \rightarrow \text{kebutuhan tulangan tarik di lapangan balok.}$$

$$A_{s_{pasang}} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2$$

$$A_{s_{pasang}} = 3 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 850,15 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Luas tulangan tarik pasang.}$$

$$n = \frac{A_{s'_{perlu}}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$n = \frac{464,34}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2} = 1,6 \approx 2 \rightarrow \text{kebutuhan tulangan tekan di lapangan balok.}$$

$$A_{s'_{pasang}} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2$$

$$A_{s'_{pasang}} = 2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 566,77 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Luas tulangan tekan pasang.}$$

3. Momen di tumpuan kanan akibat kombinasi 1.2D + 1L + 1EQ
= 12,64 Ton.m

Momen nominal aktual:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{12,64}{0,9} = 14,04 \text{ Ton.m}$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 29,05} = 16,2$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$R_n = \frac{14,04}{(0,4 \cdot 0,3385)^2} = 4,9$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,4) \cdot (3,52)}{400}} \right) = 0,0138$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\left(\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\left(\frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 29,05}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \right) = 0,0222$$

Karena $\rho_{maks} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka nilai ρ yang dipakai adalah $\rho_{perlu} = 0,0138$

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

$$A_{S_{perlu}} = 0,0138 \times 250 \times 338,5 = 1167,825 \text{ mm}^2$$

$$A_{S'_{perlu}} = 0,60 A_{S_{perlu}}$$

$$A_{S'_{perlu}} = 0,60 \times 1167,825 = 700,695 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{perlu}}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$n = \frac{1167,825}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2} = 4,12 \approx 5 \rightarrow$ kebutuhan tulangan tarik di tumpuan kanan balok.

$$A_{s_{pasang}} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2$$

$A_{s_{pasang}} = 5 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 1416,925 \text{ mm}^2 \rightarrow$ Luas tulangan tarik pasang.

$$n = \frac{A_{s'_{perlu}}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$n = \frac{700,695}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2} = 2,47 \approx 3 \rightarrow$ kebutuhan tulangan tekan di tumpuan kanan balok.

$$A_{s'_{pasang}} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2$$

$A_{s'_{pasang}} = 3 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 850,155 \text{ mm}^2 \rightarrow$ Luas tulangan tekan pasang.

f) Perhitungan Momen Kapasitas

1. Menghitung nilai a dan Momen kapasitas pada tulangan tarik di tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s(1,25 \cdot f_y)}{0,85 \cdot b \cdot f_c'}$$

$$a = \frac{1133,5(1,25 \cdot 400)}{0,85 \cdot 250 \cdot 29,05} = 91,81 \text{ mm}$$

$$M_{kap} = A_s(1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{kap} = 1133,5 (1,25 \cdot 400) \left(338,5 - \frac{91,81}{2} \right) = 349342726,05$$

$$N \cdot \text{mm} = 16,9 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

2. Menghitung nilai a dan Momen kapasitas pada tulangan tekan di tumpuan kiri

$$a = \frac{A_{s'}(1,25 \cdot f_y)}{0,85 \cdot b \cdot f_c'}$$

$$a = \frac{566,7 (1,25 \cdot 400)}{0,85 \cdot 250 \cdot 29,05} = 28,69 \text{ mm}$$

$$M_{kap} = A_s' (1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{kap} = 566,7 (1,25 \cdot 400) \left(338,5 - \frac{28,69}{2} \right) = 91888310,498$$

$$\text{N.mm} = 9,37 \text{ Ton.m}$$

3. Menghitung nilai a dan Momen kapasitas pada tulangan tarik di tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s (1,25 \cdot f_y)}{0,85 \cdot b \cdot f_c'}$$

$$a = \frac{1416,9 (1,25 \cdot 400)}{0,85 \cdot 250 \cdot 29,05} = 71,73 \text{ mm}$$

$$M_{kap} = A_s (1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{kap} = 1416,9 (1,25 \cdot 400) \left(338,5 - \frac{71,73}{2} \right) = 214401765,8$$

$$\text{N.mm} = 21,86 \text{ Ton.m}$$

4. Menghitung nilai a dan Momen kapasitas pada tulangan tekan di tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s' (1,25 \cdot f_y)}{0,85 \cdot b \cdot f_c'}$$

$$a = \frac{566,77 (1,25 \cdot 400)}{0,85 \cdot 250 \cdot 29,05} = 28,69 \text{ mm}$$

$$M_{kap} = A_s' (1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{kap} = 566,77 (1,25 \cdot 400) \left(338,5 - \frac{28,69}{2} \right) = 91860664,68$$

$$\text{N.mm} = 9,37 \text{ Ton.m}$$

g) Perhitungan V_u dan Kebutuhan Tulangan Transversal

1. Menghitung nilai V_u di tumpuan kiri akibat gempa kiri

$$V_u = \frac{M_{kap,kiri} + M_{kap,kanan}}{l_n} \pm \frac{q_u \cdot l_n}{2}$$

$$V_u = \frac{9,37 + 21,86}{3} - \frac{2,3 \cdot 3}{2} = 13,86 \text{ ton}$$

2. Menghitung nilai V_u di tumpuan kiri akibat gempa kanan

$$V_u = \frac{M_{kap,kiri} + M_{kap,kanan}}{l_n} \pm \frac{q_u \cdot l_n}{2}$$

$$V_u = \frac{16,9 + 9,37}{3} + \frac{2,3 \cdot 3}{2} = 12,21 \text{ ton}$$

V_u digunakan 13,86 ton.

3. Menghitung besar V_s dan kebutuhan luas tulangan di tumpuan kiri

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{13,86}{0,75} - 0 = 18,48 \text{ ton}$$

Spasi sengkang tertutup:

- $d/4 = 338,5/4 = 84,63 \text{ mm}$
- $6db = 6 \cdot 19 = 114 \text{ mm}$
- 150 mm

Nilai s yang dipakai adalah 100 mm.

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$A_v = \frac{18,48 \cdot 100}{400 \cdot 338,5} = 219,96 \text{ mm}^2. \text{ Jadi digunakan tulangan transversal } \mathbf{\varnothing 12-100} \text{ dengan 3 kaki.}$$

4. Menghitung nilai V_u di tumpuan kanan akibat gempa kiri

$$V_u = \frac{M_{kap,kiri} + M_{kap,kanan}}{l_n} \pm \frac{q_u \cdot l_n}{2}$$

$$V_u = \frac{9,37 + 21,86}{3} + \frac{2,3 \cdot 3}{2} = 13,86 \text{ ton}$$

5. Menghitung nilai V_u di tumpuan kanan akibat gempa kanan

$$V_u = \frac{M_{kap,kiri} + M_{kap,kanan}}{l_n} \pm \frac{q_u \cdot l_n}{2}$$

$$V_u = \frac{16,9+9,37}{3} - \frac{2,3 \cdot 3}{2} = 12,21 \text{ ton}$$

V_u digunakan 13,86 ton.

6. Menghitung besar V_s dan kebutuhan luas tulangan di tumpuan kanan

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{13,86}{0,75} - 0 = 18,48 \text{ ton}$$

Spasi sengkang tertutup:

- $d/4 = 338,5/4 = 84,625 \text{ mm}$
- $6db = 6 \cdot 19 = 114 \text{ mm}$
- 150 mm

Nilai s yang dipakai adalah 100 mm.

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$A_v = \frac{30,43 \cdot 100}{400 \cdot 338,5} = 246,54 \text{ mm}^2. \text{ Jadi digunakan tulangan transversal } \mathbf{\varnothing 12-100} \text{ dengan 3 kaki.}$$

h) Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran tulangan tarik

$$\ell d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b$$

$$\Psi_t = 1 \qquad \lambda = 1$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{29,05}} \right) 19 = 829,45 \text{ mm}$$

ℓd diambil sebesar 829,45 mm \approx 900 mm

2. Panjang penyaluran tulangan tekan
 ℓd harus diambil sebesar yang terbesar dari:

a. $\left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \right) \cdot d_b \cdot S$

$$\left(\frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{29,05}} \right) \cdot 19 = 338,42 \text{ mm}$$

b. $(0,043 \cdot f_y) \cdot d_b$

$$(0,043 \cdot 400) \cdot 19 = 326,8 \text{ mm}$$

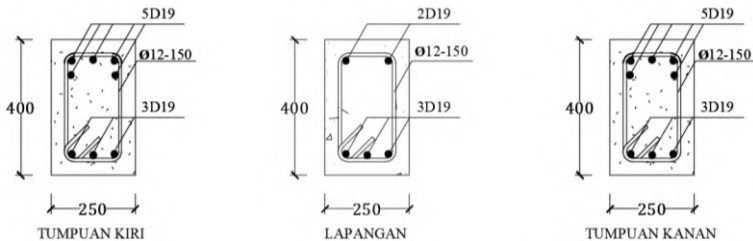
ℓd diambil sebesar 338,42 mm \approx 400 mm

3. Panjang penyaluran tulangan berkait:

$$\ell dh = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell dh = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{29,05}} \right) \cdot 19 = 338,42 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12db = 12 \cdot 19 = 228 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$



Gambar 4 16 Detail Penulangan Balok 11 (B2)

4.8.2 Desain Strukur Kolom

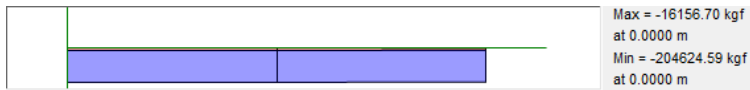
Kolom yang akan dihitung adalah kolom yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil permodelan ETABS 18, dengan gaya aksial paling besar yang terjadi pada kolom terjadi pada kolom C28 Lantai 1.

a) Data perencanaan

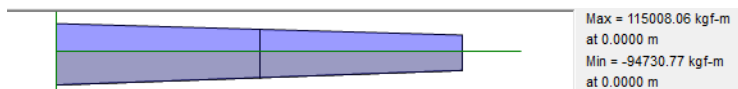
Mutu beton (F_c')	= 41,5 Mpa
Tinggi Kolom	= 3200 mm = 3.2 meter
Dimensi Kolom	= 300 x 900 mm
Selimit Beton (deking)	= 40 mm
Ø tul. memanjang	= 19 mm, $f_y = 400$ Mpa
Ø tul. sengkang	= 12 mm, $f_y = 240$ Mpa

b) Output Gaya pada Kolom

Dari hasil permodelan program ETABS 18, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom kombinasi 1,2D + 1L + 1EQ adalah sebagai berikut:



Gambar 4 17 Gaya Aksial dari ETABS 18
Didapatkan Pu Bawah = 204624,59 kgf



Gambar 4 18 Gaya Momen Arah x dari ETABS 18
Didapatkan Mux = 115008,06 kg.m



Gambar 4 19 Gaya Geser dari ETABS 18
 Didapatkan $V_u = 17809,94 \text{ kg}$

c) Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

1. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $\frac{A_g \cdot F_{c1}}{10}$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

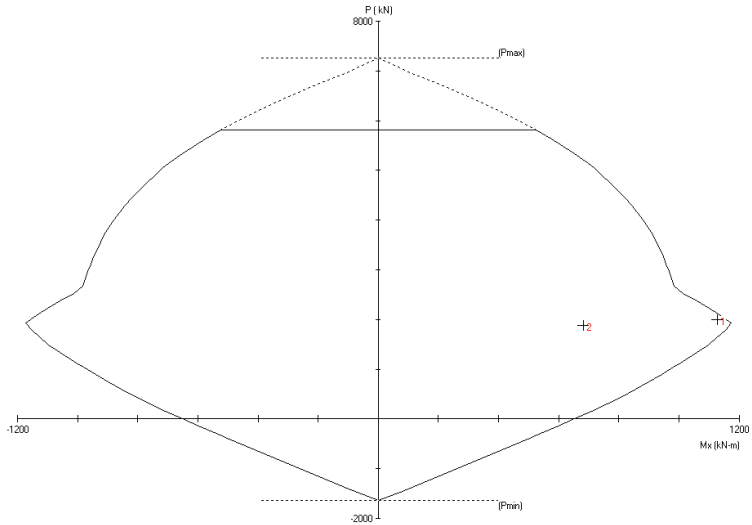
$$\frac{(300 \times 900) \cdot 29,05}{10} = 784350 \text{ N} = 80035,72 \text{ Kg}$$

$$P_u = 204624,59 \text{ kg} > 80035,72 \text{ kg} \text{ (memenuhi)}$$

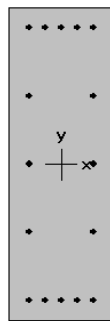
2. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1).
 Sisi terpendek kolom = 300 mm = 300 mm **(memenuhi)**

d) 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 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu pcaColumn dan didapatkan sebagai berikut:



Gambar 4 20 Diagram Interaksi Kolom Hasil SPColoumn



300 × 900 mm
1.68% reinf.

Gambar 4 21 Model Penulangan Kolom pada SPColoumn

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.

e) **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 ϕM_n .

Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan M_{nb}^+ dan M_{nb}^-

$$a^+ = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{566,7 \cdot 400}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 300} = 30,60$$

$$M_{nb}^+ = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nb}^+ = 0,9 \cdot 566,7 \cdot 400 \left(338,5 - \frac{30,60}{2} \right)$$

$$M_{nb}^+ = 65936678,4 \text{ Nmm} = 65,94 \text{ kNm}$$

$$a^- = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,16 \cdot 400}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 300} = 45,90$$

$$M_{nb}^- = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nb}^- = 0,9 \cdot 850,16 \cdot 400 \left(338,5 - \frac{45,90}{2} \right)$$

$$M_{nb}^- = 96576475,68 \text{ Nmm} = 96,58 \text{ kNm}$$

Maka nilai $\sum M_{nb}$: $M_{nb}^+ + M_{nb}^- = 65,94 + 96,58 = 162,52 \text{ kNm}$.

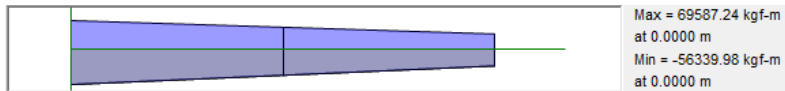
$$1,2 \cdot \sum M_{nb} : 162,52 \text{ kNm.}$$

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 4 22 Gaya Aksial Kolom Atas



Gambar 4 23 Gaya Momen Kolom Atas

Didapatkan $P_{maks} = 192843,52 \text{ Kg} = 1889,87 \text{ kN}$

Dari PCAColoumn diagram interaksi kolom atas dan bawah didapatkan:

No .	P_u kN	M_{ux} kN-m	fM_{nx} kN-m	fM_n/M_u
1	2005.3	1127.1	1154.6	1.024
2	1889.9	682.0	1172.8	1.720

Gambar 4 24 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 coloumn weak beam*” telah terpenuhi.

f) Perhitungan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

1. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1 daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop) . Tulangan

hoop diperlukan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom dengan l_0 merupakan nilai terbesar.

- a. Tinggi elemen kolom h , di joint = 900 mm
- b. 1/6 bentang bersih komponen struktur kolom:
 $1/6 \cdot L_n = 1/6 \cdot (3200 - 200) = 500$ mm
- c. 450 mm

Dari ketiga di atas dipilih $l_0 = 900$ mm.

2. Tentukan spasi maksimum hoop, s_{max} pada daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3:

- a. 1/4 dimensi komponen struktur minimum

$$1/4 \cdot 900 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$$

- b. $6 \times d_b = 6 \cdot 19 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$

- c. Nilai S_0 , dimana $S_0 = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$

$$h_x = (900 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 19 \text{ mm}) / 3 = 260,67 \text{ mm}$$

$$S_0 \leq 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot 260,67}{3} \right) = 173,22$$

$$S_0 \leq 173,22 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_x tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak boleh lebih kecil dari 100 mm Sehingga $S = 100$ mm.

g) Perhitungan Luas Tulangan *Confinement*

$$A_{sh1} = 0,3 \times \left(\frac{sbc \cdot fc}{fyt} \right) \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \text{ dan}$$

$$A_{sh2} = \left(\frac{0,09 \cdot s.bc \cdot fc}{fyt} \right)$$

dengan :

bc = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= b_w - 2x(t + 0,5 \cdot d_b)$$

$$= 300 - 2 \times (40 + 0,5 \cdot 12)$$

$$= 208 \text{ mm}$$

A_{ch} = Luas penampang inti beton

$$\begin{aligned}
&= (b_w - 2 \cdot t) \times (b_w - 2 \cdot t) \\
&= (300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm}) \times (900 \text{ mm} - 2 \cdot 40) \\
&= 180400 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Sehingga:

$$Ash_1 = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot bc \cdot fc'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$Ash_1 = 0,3 \cdot \left(\frac{100 \cdot 208 \cdot 41,5 \text{ mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{300 \text{ mm} \cdot 900 \text{ mm}}{180400 \text{ mm}^2} - 1 \right)$$

$$Ash_1 = 321,55 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang (hoop) **3 kaki Ø12**

$$A_{sh} = 3 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi (12 \text{ mm})^2 \right) = 339,43 \text{ mm}^2 > 321,55 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Sehingga, untuk daerah sejarak l_0 dari muka kolom, menggunakan tulangan hoop 3 kaki Ø12. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_0 di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum yakni:

- $6 \cdot db = 6 \cdot 19 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yakni $s = 114 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$.
Sehingga digunakan **3 kaki Ø12 – 100** untuk daerah diluar l_0 .

h) Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.1, geser komponen struktur tidak perlu lebih besar dari geser yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok:

1. Hitung V_{sway}

$$V_e = \frac{M_{pr_{top}} \cdot DF_{top} + M_{pr_{bot}} \cdot DF_{bot}}{ln}$$

Dengan:

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

Karena kolom di lantai atas dan lantai bawah mempunyai kekakuan yang sama maka: DF atas = DF bawah = 0,5

$M_{pr_{top}}$ dan $M_{pr_{bot}}$ adalah penjumlahan M_{pr} untuk masing-masing balok di lantai atas dan dilantai bawah di muka kolom interior, maka perhitungannya adalah

$$V_e = \frac{(788,57)kN \cdot m \cdot 0,5 + (811,01)kN \cdot m \cdot 0,5}{3 m} = 266,60 \text{ kN}$$

2. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu ETABS 18). Dari program ETABS 18, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:

$$V_u = 17809,94 \text{ kg} = 174,53 \text{ kN}$$

3. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- a. nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$

$$266,60 \text{ kN} > \frac{174,53 \text{ kN}}{2}$$

$$266,60 \text{ kN} > 87,26 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

- b. $P_u < \frac{A_g \cdot F_{ct}}{10}$

$$1485,17 \text{ kN (dari ETABS 18)} > \frac{(300\text{mm} \cdot 900\text{mm}) \cdot 41,5 \text{ Mpa}}{10} =$$

$$1120,5 \text{ kN (tidak memenuhi)}$$

Karena terdapat nilai yang tidak memenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 900 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 19 \text{ mm} / 2 = 838,5 \text{ mm}$$

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

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{41,5 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 838,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 270082,92 \text{ N} = 270,08 \text{ kN}$$

4. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{266,60 \text{ kN}}{0,75} = 355,47 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{270,08 \text{ kN}}{2} = 135,04 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}, \text{ maka perlu tulangan geser.}$$

Pengecekan apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{V_u}{\phi} = 355,47 \text{ kN}$$

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 270,08 \text{ kN} + \frac{300 \text{ mm} \cdot 838,5 \text{ mm}}{3 \cdot 1000}$$

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 353,93 \text{ kN}$$

$\frac{V_u}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$, sehingga hanya diperlukan tulangan geser minimum. Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement **3 kaki D12 – 100**, sehingga:

$$A_{v\text{-min}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

$$A_{v\text{-min}} = \frac{300 \cdot 100}{3 \cdot 240} = 41,67 \text{ mm}^2$$

Sementara A_{sh} untuk 3 kaki D12 – 100 = 339,43 mm²

$A_{sh} > A_{v\text{-min}}$ (**memenuhi**)

Untuk daerah di luar l_0 , SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja, yakni:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dari hasil analisis menggunakan SAP2000, didapatkan nilai $P_u = 1485,17 \text{ kN} = 1485170 \text{ N}$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{1485170}{300 \text{ mm} \cdot 900 \text{ mm}} = 5,5 \text{ N/mm}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{5,5}{14}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{41,5} \cdot 300 \cdot 838,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 383710,66 \text{ N} = 383,71 \text{ kN} > 355,47 \text{ kN}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} < V_c$, maka untuk bentang kolom di luar l_0 tulangan sengkang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk *confinement*.

i) Perhitungan sambungan lewatan

Untuk panjang Panjang Penyaluran pada kolom dihitung berdasarkan SNI pasal 12.17.2.1 hal 112 menyatakan bahwa panjang l_d tidak boleh kurang dari 300 mm dan untuk perhitungan l_d adalah berdasarkan tabel pasal 12.17.2.1 untuk persamaan yang digunakan adalah

$$\left(\frac{F_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

yang mana persamaan diatas dipakai bila tulangan yang dipakai lebih besar dari D25 dan selimut bersih tidak kurang dari db . Untuk nilai Ψ_t , Ψ_e dan λ adalah 1. Untuk perhitungan l_d kolom adalah

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{41,5}} \right) \cdot 19 = 793,97 \text{ mm} \text{ (diambil 800 mm)}$$

4.8.3 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)

a) Cek Syarat Panjang Joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3)

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$20 \cdot db = 20 \cdot 19 \text{ mm} = 380 \text{ mm} < 900 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

b) Tentukan luas efektif joint (Aj)

Aj merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1:

Lebar balok, $b = 300 \text{ mm}$

Tinggi kolom, $h = 900 \text{ mm}$

$x = (900\text{mm} - 300\text{mm})/2 = 300 \text{ mm}$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 900 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

1. $b + h = 300 \text{ mm} + 900 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$

2. $b + 2x = 300 + 2.300 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$

Maka lebar efektif joint dipakai sebesar $= b = 900 \text{ mm}$

Maka $A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint}$

$$= 900\text{mm} \times 900\text{mm} = 810.000 \text{ mm}^2$$

c) Tulangan Transversal untuk Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2, spasi vertikal tulangan confinement diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{Ash}{s} \text{ joint} = 0,5 \frac{Ash}{s} \text{ Kolom}$$

$$\frac{Ash}{s} \text{ joint} = 0,5 \frac{339,43 \text{ mm}^2}{100\text{mm}} \text{ Kolom}$$

$$\frac{Ash}{s} = 1,70 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$Ash = 1,70 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot s = 1,70\text{mm}^2 / \text{mm} \cdot 100\text{mm}$$

$$Ash = 170 \text{ mm}^2$$

Maka luas sengkang yang dibutuhkan sesuai pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4 25 Kebutuhan Sengkang Joint

Ø	A(mm ²)	n	Ash pkai	Ash min
12	113.14	2	226,29	170

Jadi, digunakan sengkang **2 kaki D12 jarak 100 mm.**

d) Hitung gaya geser pada joint

1. Hitung M_e

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr+} = 25,61 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr-} = 35,62 \text{ kN.m}$$

Karena kekakuan antara kolom atas dengan bawah sama, maka nilai DF adalah sama yakni $DF = 0,5$. Sehingga:

$$M_e = 0,5 \times (25,61 \text{ kN.m} + 35,62 \text{ kN.m})$$

$$M_e = 30,615 \text{ kN.m}$$

2. Hitung geser pada kolom atas

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_e + M_e}{\ell u} = \frac{30,615 \text{ kN.m} + 30,615 \text{ kN.m}}{3 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sway}} = 20,41 \text{ kN}$$

3. Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

a. Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

$$\text{Jika terdapat tul. tarik } 9D19 = A_s = 2550,5 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2550,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 1275250 \text{ N} = 1275,25 \text{ kN}$$

b. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1275,25 \text{ kN}$$

- c. Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan
 Jika terdapat tul. tarik 8D19 = $A_s = 2267,1 \text{ mm}^2$
 $T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2267,1 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$
 $T_2 = 1133550 \text{ N} = 1133,55 \text{ kN}$
- d. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan
 $C_2 = T_2 = 1133,55 \text{ kN}$

4. Menghitung gaya geser pada joint

$$V_J = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_J = 20,41 \text{ kN} - 1275,25 \text{ kN} - 1133,55 \text{ kN} = 2388,39 \text{ kN (ke kiri)}$$

6. Cek kuat geser joint

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, untuk kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{41,5} \times 810000$$

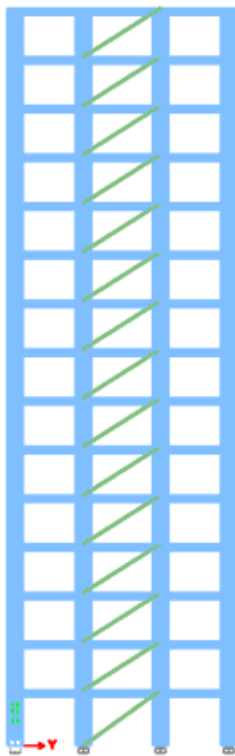
$$V_n = 8870,70 \text{ kN} > 2388,39 \text{ kN (memenuhi)}$$

4.9 Permodelan Struktur Dengan Bresing Sebelum Dipasang *Fluid Viscous Damper*

Sebelum memilih kapasitas *fluid viscous damper* yang akan digunakan perlu dilakukan peninjauan dengan memodelkan struktur primer yang sudah dihitung sebelumnya ditambah dengan bresing. Pemilihan kapasitas *fluid viscous damper* dilakukan berdasarkan kebutuhan gaya-gaya bresing.

Permodelan struktur dengan bresing dilakukan dengan beberapa alternatif pemasangan bresing. Bresing yang akan dimodelkan yaitu profil *Hollow Structural Section* (HSS) yang nantinya juga akan digunakan sebagai penyambung FVD saat

pemasangan. Bresing dipasang di sumbu lemah dari struktur dengan cara pemasangan, seperti berikut:



Gambar 4 25 Model Pemasangan Bresing

Dari permodelan dengan bresing didapatkan gaya dalam akibat kombinasi 1,2D + 1L + 1EQ sebagai berikut :

Tabel 4 26 Rekapitulasi Gaya Bresing

Bresing Lantai	Gaya Tekan Max	Gaya Tarik Max
	kN	kN
1	1866.19	1686.66
2	2607.01	2540.96
3	2669.96	2630.68
4	2544.62	2526.04
5	2339.07	2338.57
6	2126.60	2129.47
7	1873.40	1891.82
8	1653.29	1670.74
9	1392.21	1421.86
10	1133.31	1172.44
11	862.82	910.87
12	577.25	633.83
13	293.18	360.77
14	171.77	251.41
15	423.18	489.81

4.10 Menentukan Kapasitas *Fluid Viscous Damper*

Terdapat beberapa kapasitas *fluid viscous damper* yang tersedia di Taylor Devices Inc., seperti yang tertera pada berikut:

Tabel 4 27 Spesifikasi FVD
Sumber : *Taylor Devices Inc. 2020*

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)
250	17120	38.10	867	+75	43	33	102	83	114	41
500	17130	50.80	1067	+100	55	44	127	102	150	82
750	17140	57.15	1194	+100	59	50	152	129	184	136
1000	17150	69.85	1238	+100	71	61	184	150	210	193
1500	17160	76.20	1314	+100	77	67	203	162	241	250
2000	17170	88.90	1575	+125	91	78	235	191	285	408
3000	17180	101.60	1575	+125	117/111*	89	286/324*	228/210*	350	701
4000	17190	127.00	1880	+125	142	111	324	210	425	1225
6500	17200	152.40	2134	+125	152	121	350	305	515	1810
8000	17210	177.80	2293	+125	178	135	415	343	565	2495

Tabel 4 28 Rekomendasi Nilai Kekakuan *Fluid Viscous Damper*
 Sumber : *Taylor Devices Inc. 2020*

Taylor Devices Model Number	Rated Force (kip)	Stroke (in)	FVD Series Spring, K (kip/in)
17120	55	±3	625
17130	110	±4	940
17140	165	±4	1400
17150	220	±4	1875
17160	330	±4	2800
17170	440	±5	3000
17180	715	±5	4800
17190	900	±5	6000
17200	1450	±5	9750
17210	1800	±5	12000

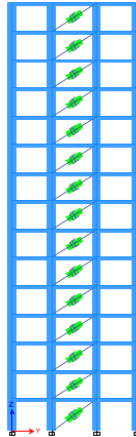
Pemilihan kapasitas *fluid viscous damper* yang akan digunakan berdasarkan gaya terbesar dari bresing di setiap lantai. Berikut adalah rekapitulasinya:

Tabel 4 29 Rekapitulasi Kapasitas FVD Rencana

FVD Lantai	Damping	Stiffness
	kN	kN/m
1	3000	840566.9
2	3000	840566.9
3	3000	840566.9
4	3000	840566.9
5	3000	840566.9
6	3000	840566.9
7	2000	525354.3
8	2000	525354.3
9	2000	525354.3
10	2000	525354.3
11	1000	328346.4
12	750	245165.3
13	500	164611
14	500	164611
15	500	164611

4.11 Permodelan Struktur Ditambah FVD

Fluid Viscous Damper dengan besar kapasitas yang telah disebutkan diatas, akan diletakkan di sumbu lemah gedung menggantikan posisi bresing. Seperti berikut model pemasangan FVD:



Gambar 4 26 Model Pemasangan FVD

Setelah dilakukan permodelan, kemudian dilakukan pengecekan terhadap struktur sebagai berikut:

a) Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1 simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) yang terjadi pada struktur tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) untuk semua tingkat.

$$\Delta \leq \Delta_a$$

Keterangan:

Δ = Simpangan yang terjadi

$$\Delta = \frac{c_d \times \delta_{ei}}{1e}$$

Δ_a = Simpangan ijin

$$\Delta_a = 0.020h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian lantai yang ditinjau

Tabel 4 30 Simpangan Ijin Antar Lantai

Sumber : SNI 1726:2012

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	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

Tabel 4 31 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X
Struktur Ditambah FVD

TABLE: Story Response							
Story	Elv.	h_{sx}	δe	$\delta x e$	Δ	Δ_a	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap LMR	46.1	1.1	54.55	0.631	1.57	22	ok
Atap Tangga	45	1.1	55.18	1.864	4.66	22	ok
Balok LMR	43.9	1.1	53.31	2.562	6.405	22	ok
Lt. Atap	42.4	1.5	55.87	1.122	2.805	30	ok
Lt. 15	39.6	2.8	54.75	1.72	4.3	56	ok
Lt. 14	36.8	2.8	53.03	2.267	5.66	56	ok
Lt. 13	34	2.8	50.77	2.751	6.87	56	ok
Lt. 12	31.2	2.8	48.01	3.178	7.94	56	ok
Lt. 11	28.4	2.8	44.84	3.558	8.89	56	ok

Lt. 10	25.6	2.8	41.28	3.903	9.75	56	ok
Lt. 9	22.8	2.8	37.38	4.227	10.56	56	ok
Lt. 8	20	2.8	33.15	4.339	10.84	56	ok
Lt. 7	17.2	2.8	28.81	4.611	11.52	56	ok
Lt. 6	14.4	2.8	24.20	4.706	11.765	56	ok
Lt. 5	11.6	2.8	19.49	4.92	12.3	56	ok
Lt. 4	8.8	2.8	14.57	5.075	12.687	56	ok
Lt. 3	6	2.8	9.502	5.068	12.67	56	ok
Lt. 2	3.2	2.8	4.434	4.434	11.08	56	ok
Lt. 1	0	3.2	0	0	0	64	ok

Tabel 4 32 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y
Struktur Ditambah FVD

TABLE: Story Response							
Story	Elv.	h_{sx}	δ_e	δ_{ye}	Δ	Δ_a	Cek
	m	m	mm	mm	mm	mm	
Atap LMR	46.1	1.1	49.01	0.374	0.935	22	ok
Atap Tangga	45	1.1	48.636	1.118	2.795	22	ok
Balok LMR	43.9	1.1	47.518	0.61	1.525	22	ok
Lt. Atap	42.4	1.5	46.908	1.963	4.907	30	ok
Lt. 15	39.6	2.8	44.945	2.333	5.832	56	ok
Lt. 14	36.8	2.8	42.612	2.692	6.73	56	ok
Lt. 13	34	2.8	39.92	3.014	7.535	56	ok
Lt. 12	31.2	2.8	36.906	3.263	8.157	56	ok
Lt. 11	28.4	2.8	33.643	3.427	8.567	56	ok
Lt. 10	25.6	2.8	30.216	3.624	9.06	56	ok
Lt. 9	22.8	2.8	26.592	3.786	9.465	56	ok
Lt. 8	20	2.8	22.806	3.811	9.527	56	ok

Lt. 7	17.2	2.8	18.995	3.756	9.39	56	ok
Lt. 6	14.4	2.8	15.239	3.675	9.1875	56	ok
Lt. 5	11.6	2.8	11.564	3.548	8.87	56	ok
Lt. 4	8.8	2.8	8.016	3.282	8.205	56	ok
Lt. 3	6	2.8	4.734	2.811	7.0275	56	ok
Lt. 2	3.2	2.8	1.923	1.923	4.8075	56	ok
Lt. 1	0	3.2	0	0	0	64	ok

Berdasarkan hasil yang disajikan dalam tabel diatas, dapat disimpulkan jika struktur yang ditambah FVD telah **memenuhi syarat** simpangan antar lantai.

b) Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, analisa yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90% dalam setiap arah horizontal ortogonal dari respon yang dipertimbangkan dalam model. Partisipasi ragam dari model struktur yang telah ditambah FVD yang dihasilkan oleh program bantu ETABS ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4 33 Rasio Partisipasi Massa Struktur ditambah FVD dari ETABS 18

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	1.593	0.8031	3.02E-06	Modal
Modal	2	1.317	0.8031	0.746	Modal
Modal	3	1.075	0.8083	0.746	Modal
Modal	4	0.532	0.9146	0.746	Modal
Modal	5	0.407	0.9146	0.8802	Modal

Modal	6	0.332	0.9162	0.8802	Modal
Modal	7	0.309	0.9502	0.8802	Modal
Modal	8	0.221	0.9502	0.9258	Modal
Modal	9	0.217	0.968	0.9258	Modal
Modal	10	0.18	0.968	0.926	Modal
Modal	11	0.167	0.9781	0.926	Modal
Modal	12	0.151	0.9781	0.947	Modal

Pada Mode 8 partisipasi massa telah memenuhi syarat (minimal 90%) seperti yang disyaratkan di SNI 1726-2012.

Partisipasi Massa Arah X = 0.9502

Partisipasi Massa Arah Y = 0.9258

c) Kontrol Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2, analisa yang dilakukan untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a , sesuai dengan Pasal 7.8.2.1.

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

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur, C_t dan x adalah koefisien yang didapat dari SNI 1726-2012 Tabel 15.

Tabel 4 34 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x
Sumber : SNI 1726:2012

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

Maka digunakan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. Sedangkan tinggi bangunan yaitu 46,1 m, sehingga
 $T_a = 0.0466 \times 46.1^{0.9} = 1,46$ detik

Koefisien untuk batas atas pada perioda yang diitung diambil berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 14, seperti berikut:

Tabel 4 35 Koefisien Untuk Batas Atas pada Perioda Dihitung
 Sumber : SNI 1726:2012

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Karena nilai $S_{D1} = 0,3 = 0,3$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$
 $T_a \cdot C_u = 1,46 \times 1,4 = 2.05$ detik

Pada permodelan struktur eksisting di ETABS didapatkan periode sebesar:

Tabel 4 36 Perioda Struktur pada Modal di Program ETABS 18

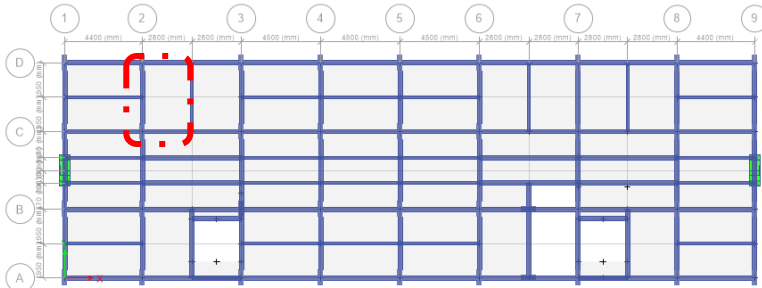
TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.593	0.628	3.9438	15.5534
Modal	2	1.317	0.759	4.7718	22.7697
Modal	3	1.075	0.93	5.8452	34.1669
Modal	4	0.532	1.881	11.819	139.687
Modal	5	0.407	2.454	15.4215	237.822
Modal	6	0.332	3.014	18.9349	358.529
Modal	7	0.309	3.241	20.3641	414.695
Modal	8	0.221	4.517	28.3821	805.544
Modal	9	0.217	4.605	28.933	837.120
Modal	10	0.18	5.541	34.8142	1212.02
Modal	11	0.167	5.991	37.6401	1416.77
Modal	12	0.151	6.641	41.7239	1740.88

$$T_a < T_{struktur} < T_a \cdot C_u$$
$$1,46 < 1,593 < 2,05$$

Karena nilai periode fundamental struktur berada di tengah batasan yang ditetapkan, maka periode fundamental struktur **memenuhi**.

4.12 Desain Struktur Sekunder (Pelat Lantai)

Pada analisa perhitungan plat, pelat yang ditinjau adalah pada plat lantai 1 dengan ukuran 3,9 x 2,8 m d. Selebihnya akan direkap dalam tabel.



Gambar 4 27 Plat yang Ditinjau

a) Data Pembebanan

1.) Beban mati plat yang bekerja

Berat pelat (12 cm)	= 2,83 kN/ m ²
Berat keramik + spesi	= 1,10 kN/ m ²
Berat <i>Mechanical Electrical</i>	= 0,19 kN/ m ²
<u>Berat plafond + penggantung</u>	= 0,10 kN/ m ² +
Total beban mati pelat (q DL)	= 4,22 kN/ m ²

2.) Beban hidup yang bekerja :

Beban hidup Apartemen	= 1,92 kN/ m ²
-----------------------	---------------------------

3.) Beban ultimate rencana

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ultimate}} &= 1,2 q_{\text{D total}} + 1,6 q_{\text{L}} \\
 &= \left(1,2 \cdot 4,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) + \left(1,6 \cdot \frac{1,92 \text{ kg}}{\text{m}^2}\right) \\
 &= 8,138 \text{ kN/ m}^2
 \end{aligned}$$

b) Data Perencanaan

- L_x = 2,8 m
- L_y = 3,9 m
- B Balok induk = 25 cm
- B Balok anak = 25 cm
- L_n = 3,65 m
- S_n = 2,55 m

➤ f_c'	= 29,05 Mpa	
➤ f_y	= 240 Mpa	
➤ β_1	= 0,8	(SNI 2847, pasal 10.2.7.3)
➤ b	= 1000 mm	= 1 m
➤ h	= 120 mm	= 0,12 m
➤ ρ_{susut}	= 0,0018	(SNI 2847, Pasal 7.12.2.1)
➤ $\emptyset_{tul. lentur}$	= 10 mm	= 0,01 m
➤ $\emptyset_{tul. susut}$	= 8 mm	= 0,008 m
➤ $decking$	= 20 mm	= 0,02 m
➤ d_x	= 95 mm	= 0,095 m
➤ d_y	= 85 mm	= 0,085 m

c) Cek Jenis Pelat

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

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

$$\frac{3,65 \text{ m}}{2,55 \text{ m}} < 2$$

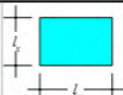
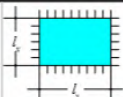
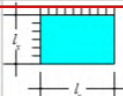
$$1,4 < 2$$

Sehingga termasuk dalam pelat 2 arah

(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)

d) Momen-Momen Pada Pelat

Tabel 4 37 Koefisien Momen Plat
(Sumber : Tabel 13.3.1 PBI 71)

Tipe Pelat	Momen						
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
I	 $M_{l_x} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78
	$M_{l_y} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	45	45	44	44	43
II	 $M_{l_x} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	25	28	31	34	36
	$M_{l_y} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	21	20	19	18	17
	$M_{l_x} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	59	64	69	73	76
	$M_{l_y} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	54	56	57	57	57
III	 $M_{l_x} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	33	38	42	45	48
	$M_{l_y} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	28	28	27	26	25
	$M_{l_x} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	68	77	85	92	98	103
	$M_{l_y} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	68	72	74	76	77	77

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan X} &= 0,001 \times q \times S n^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 8,138 \times 2,55^2 \times 34 \\
 &= 1,799 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan X} &= 0,001 \times q \times S n^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 8,138 \times 2,55^2 \times 73 \\
 &= 3,863 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan Y} &= 0,001 \times q \times L n^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 8,138 \times 3,65^2 \times 57 \\
 &= 6,180 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan Y} &= 0,001 \times q \times L n^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 8,138 \times 3,65^2 \times 18 \\
 &= 1,952 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240 \text{ MPa}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa}} = 9,72$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 29,05 \text{ MPa}}{240 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 240 \text{ MPa}} \right) \\ &= 0,044 \end{aligned}$$

e) **Penulangan Pelat**

1.) **Arah X**

a. **Tumpuan X**

$$Mu = 3,863 \text{ kN.m} = 3863156,058 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3863156,058 \text{ N.mm}}{0,9} = 4292395,62 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd_x^2} = \frac{4292395,62 \text{ N.mm}}{1000\text{mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,476 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{9,72} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,72 \times \left(0,476 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0058 > 0,002 < 0,047 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho = 0,0058$

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

$$A_s \text{ perlu} = 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 551 \text{ mm}^2$$

Dengan $A_s \text{ perlu} = 551 \text{ mm}^2$, sehingga tulangan pakai = $\emptyset 10 - 125$ dengan

$$A_s \text{ pakai} = 628,32 \text{ mm}^2$$

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

$$551 \text{ mm}^2 < 628,32 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

b. Lapangan X

$$M_u = 1,799 \text{ kN.m} = 1799278,2 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1799278,2 \text{ N.mm}}{0,9}$$
$$= 1999197,96 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{1999197,96 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,222 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$
$$= \frac{1}{9,72} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,72 \times \left(0,222 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$
$$= 0,00093$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0058 > 0,00093 < 0,047 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho = 0,0058$

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

$$A_s \text{ perlu} = 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 551 \text{ mm}^2$$

Dengan $A_{s \text{ perlu}} = 551 \text{ mm}^2$, sehingga tulangan pakai = $\emptyset 10 - 125$ dengan

$$A_{s \text{ pakai}} = 628,32 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$551 \text{ mm}^2 < 628,32 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

2.) Arah Y

a. Tumpuan Y

$$M_u = 6,180 \text{ kN.m} = 6180158,538 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6180158,538 \text{ N.mm}}{0,9}$$
$$= 6866842,82 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d_y^2} = \frac{6866842,82 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$= \frac{1}{9,72} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,72 \times \left(0,95 \frac{N}{mm^2} \right)}{240 \frac{N}{mm^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,00403$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0058 > 0,00403 < 0,047 \text{ (*Tidak memenuhi*)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho = 0,0058$

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

$$A_s \text{ perlu} = 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 493 \text{ mm}^2$$

Dengan $A_s \text{ pakai} = 493 \text{ mm}^2$, sehingga tulangan pakai = $\emptyset 10 - 150$ dengan

$$A_s \text{ pakai} = 523,59 \text{ mm}^2$$

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

$$493 \text{ mm}^2 < 523,59 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

b. Lapangan Y

$$M_u = 1,952 \text{ kN.m} = 1951629,012 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1951629,012 \text{ N.mm}}{0,9}$$

$$= 2168476,68 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d_y^2} = \frac{2168476,68 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{9,72} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,72 \times \left(0,3 \frac{N}{mm^2} \right)}{240 \frac{N}{mm^2}} \right)} \right) \\ &= 0,001\end{aligned}$$

Cek persyaratan:

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

$$0,0058 > 0,001 < 0,047 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho = 0,0058$

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

$$A_s \text{ perlu} = 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 493 \text{ mm}^2$$

Dengan $A_{s \text{ perlu}} = 493 \text{ mm}^2$, sehingga tulangan pakai = $\emptyset 10 - 150$ dengan

$$A_{s \text{ pakai}} = 523,59 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$493 \text{ mm}^2 < 523,59 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

f) Tulangan Susut

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 240 dipakai $\rho_{susut} = 0,002$

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

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm (SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)}$$

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

Dipakai tulangan $\emptyset 8\text{mm}$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ susut}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\
 &= 232,59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 232,59 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 251,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$251,2 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 240 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

g) Rekapitulasi Perhitungan Pelat Dua Arah

Tabel 4 38 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah

Arah X		Arah Y	
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Ø10-125	Ø10-125	Ø10-150	Ø10-150

BAB V PERHITUNGAN SRUKTUR BAWAH

5.1 Metode Perhitungan Daya Dukung Tiang

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

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f) \quad (5.1)$$

(Kazuto Nakazawa, 2000:99 pers. 6.4)

Dimana,

- n : Faktor keamanan
- R_u : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)
- R_p : Daya dukung terpusat tiang (ton)
- R_f : Gaya gesek dinding tiang (ton)

Selanjutnya,

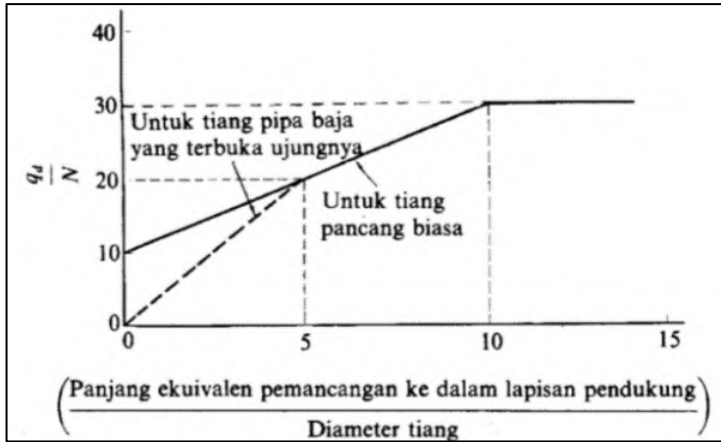
$$R_a = \frac{1}{n} R_u \quad (5.2)$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \quad (5.3)$$

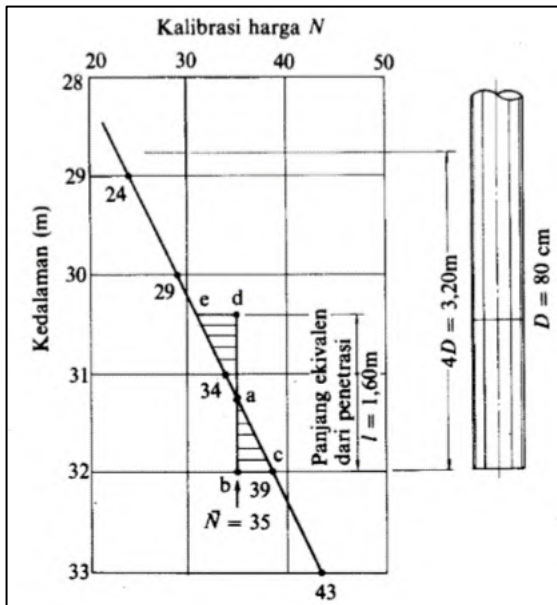
Dimana,

- q_d : 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 q_d , diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N .



Gambar 5 1 Intensitas Daya Dukung Pada Ujung Tiang



Gambar 5 2 Penentuan Panjang Ekuivalen

L adalah panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung dan diperoleh dari Gambar 5.2, D adalah diameter tiang, \bar{N} adalah harga rata-rata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut ini:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} \quad (\bar{N} \leq 40) \quad (5.4)$$

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*), q_0 diambil diperkirakan dari besarnya gaya geser maksimum dinding f_r diperkirakan dari Tabel 5.1 sesuai dengan macam tiang dan sifat tanah pondasi

Tabel 5 1 Intensitas Gaya Gesek Dinding Tiang

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	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 $\frac{N}{2} (\leq 12)$

5.2 Data Tanah

Berikut adalah data tanah dari Testana Engineering yang dilakukan di lokasi Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik Tower A.

Tabel 5 2 Data Tanah Lokasi yang Ditinjau

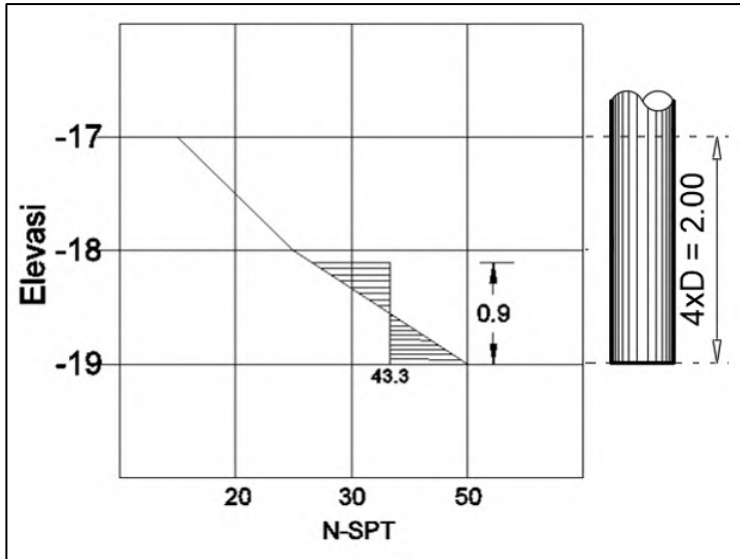
Kedalaman	Tebal Lapisan	Jenis Tanah	Nilai N-SPT
(m)	(m)		
0	0	sand	0
-1	1.00	sand	8
-2	1.00	sand	30
-3	1.00	sand	50
-4	1.00	sand	47
-5	1.00	sand	43
-6	1.00	sand	45
-7	1.00	sand	50
-8	1.00	sand	41
-9	1.00	sand	32
-10	1.00	sand	40
-11	1.00	sand	50
-12	1.00	sand	50
-13	1.00	sand	50
-14	1.00	sand	50
-15	1.00	sand	50
-16	1.00	sand	35
-17	1.00	sand	25
-18	1.00	sand	35
-19	1.00	sand	50
-20	1.00	sand	50

5. 3 Daya Dukung Ijin Tiang

Diameter pile yang akan digunakan adalah 0,5 m.

$$N_1 = 50$$

$4D = 4 \times 0,5 \text{ m} = 2 \text{ m}$, Sehingga diambil nilai N rata-rata 4D dari ujung tiang



Gambar 5 3 Panjang Ekuivalen

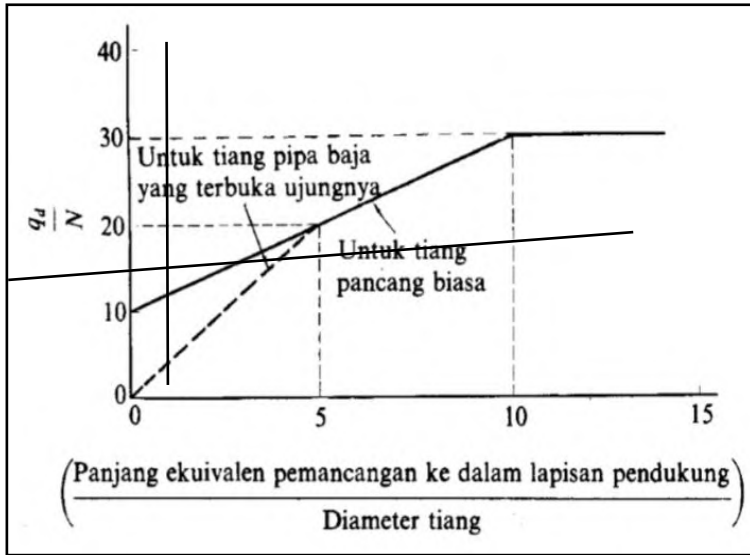
$$\bar{N}_2 = \frac{50 + 35 + 25}{3} = 36,67$$

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} = \frac{50 + 36,67}{2} = 43,33$$

Panjang ekuivalen dari penetrasi (L) adalah 0,9 m, karena tiang merupakan tiang pancang biasa maka didapatkan

$$L/D = \frac{0,9}{0,5} = 1,8$$

Setelah didapatkan L/D dicari nilai qd/N didapat dari diagram intensitas di bawah ini.



Gambar 5 4 Grafik Nilai q_d/N

Dengan nilai $L/D = 1,8$, maka dari grafik pada Gambar 5.4 didapatkan nilai $q_d/N = 13,6$. Sehingga nilai q_d :

$$q_d = 13,6 \times \bar{N} = 13,6 \times 43,33 = 589,288 \text{ ton/m}^2$$

$$R_p = q_d \times A$$

$$= 589,288 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$= 589,288 \text{ ton/m}^2 \times 0,116$$

$$= 68,36 \text{ ton}$$

5. 4 Gaya Gesek Dinding Tiang

Gaya gesek dinding tiang R_f dihitung di tiap lapisan, pada kedalaman 19 m R_f didapatkan :

$$R_f = U \cdot \Sigma(l_i \cdot f_i) = 1,57 \text{ m} \times 216 \text{ t/m} = 339,12 \text{ ton}$$

5.5 Kapasitas Daya Dukung Satu Tiang

Daya Dukung Ultimate (R_u) :

$$\begin{aligned}R_u &= R_p + R_f \\ &= q_d \cdot A + U \sum l_i \cdot f_i \\ &= 68,36 \text{ ton} + 339,12 \text{ ton} \\ &= 407,48 \text{ ton}\end{aligned}$$

Daya Dukung Ijin Satu Tiang (R_a):

$$R_a = \frac{R_u}{SF} - Wp$$

Dimana,

$$SF = 3$$

$$Wp = \text{berat total per tiang} \left(\frac{\text{ton}}{\text{tiang}} \right)$$

$$Wp = \text{Panjang Tiang (m)} \times \text{berat tiang} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}} \right)$$

$$\text{Panjang tiang} = 19 \text{ m}$$

$$\text{Berat tiang} = 0,29 \text{ ton/m (dari brosur)}$$

$$Wp = 19 \times 0,29 = 5,51 \text{ ton/tiang}$$

$$R_a = \frac{407,48}{3} - 5,51 = 130,31 \text{ ton/tiang}$$

Daya Cabut yang diijinkan (R_{cabut}):

$$SF = 2$$

$$R_{cabut} = \frac{R_f}{SF} + Wp = \frac{339,12}{2} + 5,51 = 175,07 \text{ ton}$$

5.6 Perencanaan Tipe Pondasi

Tipe pondasi ditentukan berdasarkan gaya aksial yang terjadi dan kapasitas daya dukung yang dimiliki. Perhitungan

pondasi berikut ini dilakukan pada salah satu tumpuan yang mengalami gaya aksial terbesar, yaitu pada join 23.

a) Data Perencanaan

Diameter pile rencana (D): 0,50 m
 Kedalaman Rencana : 19 m
 Daya dukung ultimate (R_u) : 407,48 ton
 Daya dukung ijin tiang (R_a) : 130,31 ton
 Daya cabut ijin tiang (R_{cabut}) : 175,07 ton
 P ijin tiang bahan :185,3 ton (brosur WIKA)

b) Output Etabs

Point Object	10	Story Level	Base
	1	2	3
Force, tonf	0.1184	-1.1246	242.3073
Moment, tonf-m	2.2585	0.1139	-0.0057

Gambar 5 5 Output Gaya Aksial

Kombinasi : 1D + 1L
 Gaya aksial : 242,30 ton

c) Kebutuhan Jumlah Tiang

Daya dukung ijin tiang (R_a) : 130,31 ton
 $P_{maks} = 242,30$ ton (1D+1L)

$$n = \frac{P_{maks}}{P_{ijin}} = \frac{242,30 \text{ ton}}{130,31 \text{ ton}} = 1,85 \rightarrow 2 \text{ buah}$$

d) Cek Kemampuan Bahan (Pile)

Dipakai *spun pile* WIKA BETON, Ø 0,50 m

Tabel 5 3 Brosur WIKA BETON *Spun Pile*

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)
						Crack* (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.00	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	127.04	6 - 19

P_{ijin} tiang > R_a tanah
 185,3 ton > 102,8 ton (OK)

e) Perencanaan Pile Cap

Data Perencanaan.

b/h kolom : 300/900 mm

D tiang : 500 mm = 50 cm

Perencanaan Dimensi Poer

Pada perhitungan jarak antar tiang pancang (S) menurut *Principles of Foundation Engineering VII* sebagai berikut :

Jarak antar tiang pancang (S)

$$\begin{aligned} 2,5D &\leq S \leq 3D \\ 125 \text{ cm} &\leq S \leq 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai $S = 125 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$\begin{aligned} 1,5D &\leq S' \leq 2D \\ 75 \text{ cm} &\leq S' \leq 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

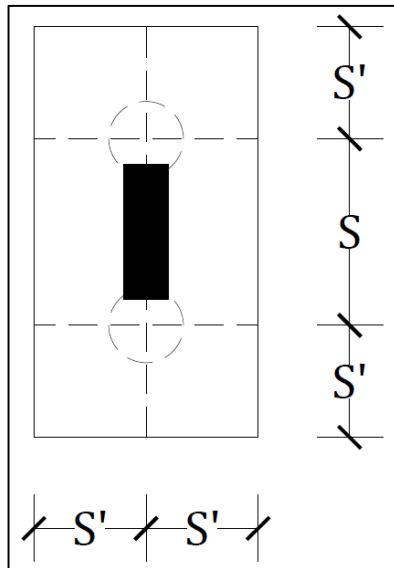
Jadi dipakai $S' = 75 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer yang direncanakan adalah

$$b_{\text{poer}} = 2 \cdot S' + S = 2 \cdot 75 + 125 = 2,75 \text{ meter}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal $90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m}$

Maka didapat dimensi pile cap :



Gambar 5 6 Perencanaan Dimensi Pilecap

$$S = 125 \text{ mm}$$

$$S' = 75 \text{ mm}$$

f) Efisiensi Daya Dukung Tiang Pancang Grup

Gaya yang terjadi pada pondasi tiang pancang grup tidak dapat menerima gaya aksial secara 100%. Sehingga dihitung besaran efisiensi daya dukung pada tiang grup sebagai berikut.

Metode *Converse-Labarre*

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n+(n-1).m}{90.m.n} \right) \right\} \quad (5.5)$$

(Principles of Foundation Engineering VII Table 11.17)

Dimana :

D	= Diameter tiang pancang	= 0,5 m
S	= Jarak antar tiang pancang	= 1,25 m
m	= Jumlah baris tiang dalam grup	= 1
n	= Jumlah kolom tiang dalam grup	= 2

Sehingga,

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{0,5}{1,25} \right) \left(\frac{(1-1) \times 2 + (2-1) \times 1}{90 \times 1 \times 2} \right) \right\} \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{efisiensi} &= \eta \times P_{ijingrup} \\ &= 0,87 \times 2 \times 130,31 \text{ ton} \\ &= 226,74 \text{ ton} \end{aligned}$$

Syarat

Pefisiensi	>	Pmaks
226,74 ton	>	242,30 (OK)

g) Cek perhitungan geser satu arah pada poer akibat kolom

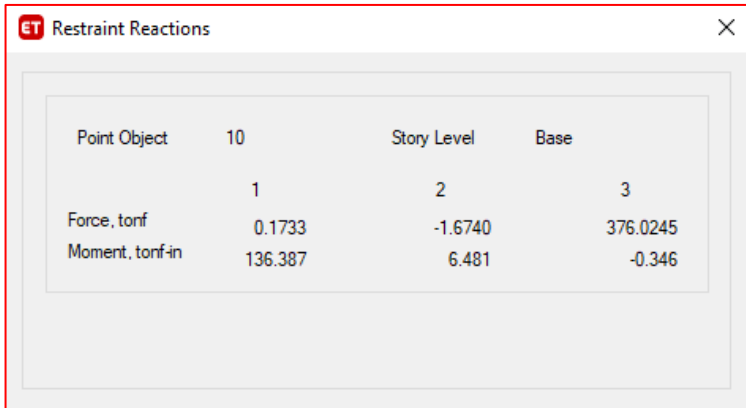
Apabila direncanakan tebal pilecap sebesar 90 mm dan digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t \text{ diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 900 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 22 \text{ mm} / 2$$

$$d = 839 \text{ mm}$$

Beban yang digunakan untuk perhitungan geser satu arah ini merupakan beban terpusat terbesar kolom akibat kombinasi beban terfaktor (1,2D + 1,6L) yang didapatkan dari program Etabs 18:



	Point Object	10	Story Level	2	Base	3
Force, tonf		0.1733		-1.6740		376.0245
Moment, tonf-in		136.387		6.481		-0.346

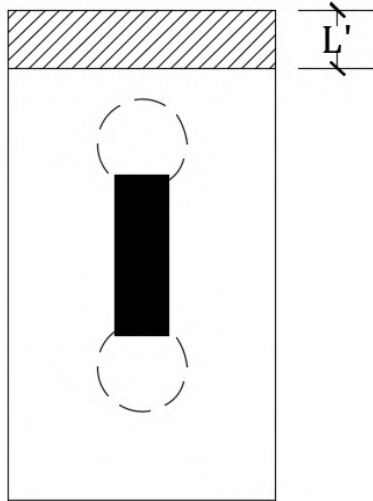
Gambar 5 7 Output Etabs 18 (1,2D + 1,6L)

$$P_u = 376,02 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{376,02}{2,75 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m}} = 91,15 \frac{T}{m^2} = 0,91 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,

$$V_u = Q_u \times b \times L'$$



Gambar 5 8 Bidang Kritis Geser Satu Arah

$$\begin{aligned}
 L' &= (0,5 \cdot h \text{ poer}) - (0,5 \cdot h \text{ kolom}) - d \\
 &= (0,5 \cdot 2750 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 900 \text{ mm}) - 839 \text{ mm} \\
 &= 86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_u = 0,91 \text{ N/mm}^2 \times 1500 \text{ mm} \times 86 \text{ mm} = 117.390 \text{ N}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$V_c = \phi \cdot 0,17 \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

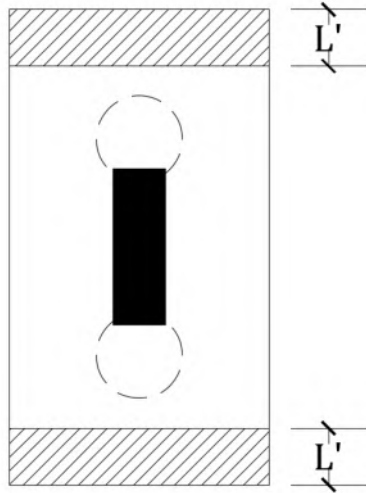
$$V_c = 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{29,05} \cdot 2750 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm} = 1.585.542,57 \text{ N}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$1.585.542,57 \text{ N} > 117.390 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

h) Cek perhitungan geser dua arah pada poer akibat kolom dan tiang pancang

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer akibat kolom, V_u :



Gambar 5 9 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

$$A_t = (h_{\text{poer}} \cdot b_{\text{poer}}) - [(b_{\text{kolom}} + d) \times (h_{\text{kolom}} + d)]$$

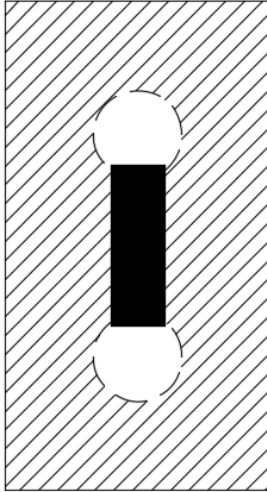
$$A_t = (2750 \text{ mm} \cdot 1500 \text{ mm}) - [(300 \text{ mm} + 839 \text{ mm}) \times (900 \text{ mm} + 839 \text{ mm})] = 2.144.279 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,91 \text{ N/mm}^2 \cdot 2.144.279 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 1.951.293,89 \text{ N} = 195,12 \text{ Ton}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer akibat tiang pancang, V_u :



Gambar 5 10 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

$$A_t = (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - n \times A_{\text{tiang}}$$

$$A_t = (1500 \text{ mm} \cdot 2750 \text{ mm}) - 2 \times (1/4 \times 22/7 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm})$$

$$A_t = 3.732.142,857 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$V_u = 0,91 \text{ N/mm}^2 \cdot 3.732.142,857 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 3.396.250 \text{ N} = 339 \text{ Ton}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah yang terbesar diantara V_u akibat kolom dan V_u akibat tiang pancang, diambil V_u sebesar = 339 Ton

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 900 \text{ mm} / 300 \text{ mm} = 3$$

bo = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 \cdot d$$

$$= 2 \cdot (300 \text{ mm} + 900 \text{ mm}) + 4 \cdot 839 \text{ mm}$$

$$= 5756 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{3}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 5756 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm}$$

$$V_c = 7.374.854,99 \text{ N} = 737,48 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{bo} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d$

Dimana

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka:

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 839 \text{ mm}}{5756 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 5756 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm}$$

$$V_c = 16.916.867,63 \text{ N} = 1.691,7 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 5756 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm}$$

$$V_c = 8.589.563,99 \text{ N} = 858,95 \text{ Ton}$$

Dari ketiga persamaan diatas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil, $V_c = 737,48 \text{ Ton}$

$$V_u = 339 \text{ Ton} < V_c = 737,48 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

i) Perencanaan Tulangan Lentur

Pada perencanaan ini, pilecap dibagi menjadi 2 jenis. P1 adalah pilecap yang terdiri dari 2 tiang pancang. Sedangkan P2 adalah pilecap yang terdiri dari hanya 1 tiang pancang.

Diketahui P1:

b_{poer}	= 1500 mm
h_{poer}	= 2750 mm
t_{poer}	= 900 mm
Selimum	= 50 mm
D tul. lentur	= 22 mm
f_y	= 400 MPa
f_c'	= 29,05 MPa
Selimum	= 50 mm
d	= 839 mm

• Pilecap P1 Tulangan Bawah Arah x

$$Mu = 41,81 \text{ ton.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{41,81}{0,9} = 46,46 \text{ ton.m}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa}} = 16,20$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{46,46 \times 10^7 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 839^2} = 0,66 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 29,05 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right) \\ &= 0,0222 \end{aligned}$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,2 \times 0,66}{400}} \right) = 0,00167$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka dipakai $\rho = 0,0035$

Maka luas tulangan perlu:

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

$$A_{Spertu} = 0,0035 \times 1000 \times 839 = 2936,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan:

$$\mathbf{D22-100} \rightarrow A_{Spakai} = 3.801 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

• Pilecap P1 Tulangan Atas Arah x

$$Mu = 15,55 \text{ ton.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{15,55}{0,9} = 17,28 \text{ ton.m}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa}} = 16,20$$

$$Rn = \frac{Mn}{\varnothing \times b \times dx^2} = \frac{17,28 \times 10^7 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 839^2} = 0,245 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times 29,05 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 0,0222$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,2 \times 0,245}{400}} \right) = 0,00062$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka dipakai $\rho = 0,0035$

Maka luas tulangan perlu:

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 839 = 2936,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan:

$$\mathbf{D22-100} \rightarrow A_{s_{pakai}} = 3.801 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Pilecap P1 Tulangan Bawah Arah y**

$$Mu = 104,26 \text{ ton.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{104,26}{0,9} = 115,84 \text{ ton.m}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa}} = 16,20$$

$$Rn = \frac{Mn}{\varnothing \times b \times dx^2} = \frac{115,84 \times 10^7 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 839^2} = 1,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{fy} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 29,05 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 0,0222$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,2 \times 165}{400}} \right) = 0,00426$$

Karena $\rho_{min} < \rho$, maka dipakai $\rho = 0,00426$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,00426 \times 1000 \times 839 = 3575,26 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan:

$$\mathbf{D22-100} \rightarrow As_{pakai} = 3.801 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Pilecap P1 Tulangan Atas Arah y**

$$Mu = 22,11 \text{ ton.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{22,11}{0,9} = 24,57 \text{ ton.m}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa}} = 16,20$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{24,57 \times 10^7 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 839^2} = 0,349 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{fy} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 29,05 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 0,0222$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,2 \times 0,349}{400}} \right) = 0,0008$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka dipakai $\rho = 0,0035$

Maka luas tulangan perlu:

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 839 = 2936,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan:

$$\mathbf{D22-100} \rightarrow A_{s_{pakai}} = 3.801 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Diketahui P2:

$$b_{poer} = 1500 \text{ mm}$$

$$h_{poer} = 1500 \text{ mm}$$

$$t_{poer} = 900 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} = 50 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul. lentur} = 22 \text{ mm}$$

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

$$f_{c'} = 29,05 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut} = 50 \text{ mm}$$

$$d = 839 \text{ mm}$$

- **Pilecap P2 Tulangan Atas Bawah**

$$Mu = 1,087 \text{ ton.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{41,81}{0,9} = 1,21 \text{ ton.m}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa}} = 16,20$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{1,21 \times 10^7 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 839^2} = 0,017 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{fy} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_{c'} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)}{fy}$$

$$\rho_{max} = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 29,05 \text{ MPa} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)}{400 \text{ MPa}} = 0,0222$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,2 \times 0,017}{400}} \right) = 0,00004$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka dipakai $\rho = 0,0035$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 1000 \times 839 = 2936,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan:

$$\text{D22-100} \rightarrow As_{pakai} = 3.801 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

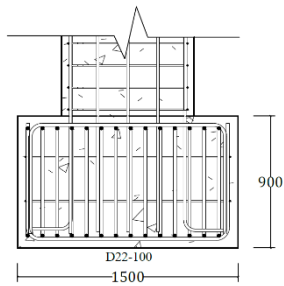
j) Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap

Tabel 5 4 Rekapitulasi Tulangan Pilecap P1

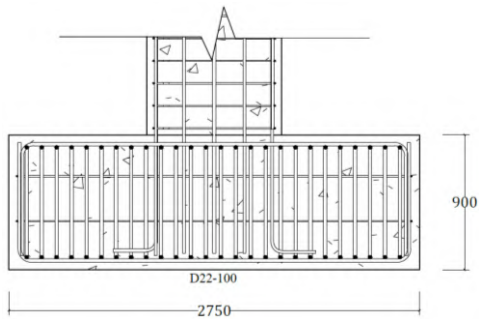
	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
Tulangan Atas	D22-100	D22-100
Tulangan Bawah	D22-100	D22-100

Tabel 5 5 Rekapitulasi Tulangan Pilecap P2

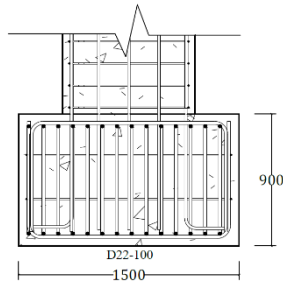
Tulangan Atas	D22-100
Tulangan Bawah	D22-100



Gambar 5 11 Detail Pilecap P1 Arah x



Gambar 5 12 Detail Pilecap P1 Arah y



Gambar 5 13 Detail Pilecap P2

5.7 Perhitungan Sloof

Balok pengikat sloof direjnanakan untuk menahan gaya aksial, lentur serta geser, gaya aksial yang dikenal pada balok pengikat adalah gaya lateral yang terjadi pada struktur. Momen lentur dan geser direncanakan berasal dari beban berat sendiri balok sea berat dinding dan beban hidup diatasnya.

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 Pasal 2.2., untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial Tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum.

Dalam rancangan sloof ini ambil contoh perhitungan sloof dengan gaya terbesar yang diperoleh dari kolom.

1. Data Perencanaan

Lebar Sloof (b)	= 300 mm
Tinggi Sloof (h)	= 400 mm
Bentang (l)	= 5600 mm
Fc'	= 29,05 MPa
Fy	= 400 MPa

Diameter Tulangan = 19 mm
 Diameter Sengkok = 12 mm
 Es = 200000 MPa
 Selimut Beton = 4 mm
 Gaya Aksial Kolom (Pu) = 441,73 Ton = 4417300 N

2. Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.12.3.2 balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara poer harus diproposikan sedemikian hingga penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar arak antar kolom yang disambung dibagi menjadi 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm penulangan sloof didasarkan pada kondisi dimana beban aksial dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom.

Beban yang diterima oleh sloof

- Berat sendiri = $0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$
= 288 kg/m

- Berat dinding

Bata Ringan

Tebal = 0,075 m

$\rho = 600 \text{ kg/m}^3$

Tinggi = 3,2 m x

= 144 kg/m

Acian

$\rho = 3 \text{ kg/m}^2$

Tinggi = 3,2 m x

= 9,6 kg/m

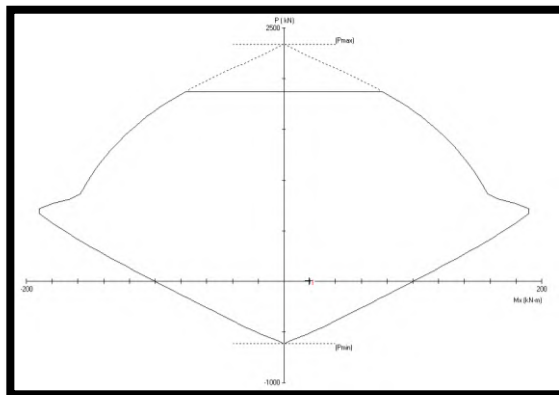
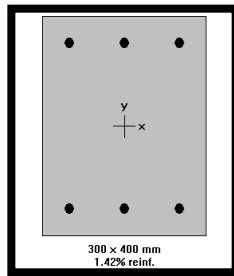
- Berat Total = 288 kg/m + 144 kg/m + 9,6 kg/m
= 441,6 kg/m

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya adalah

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,4Q_d \\ &= 1,4 \times 441,6 \text{ kg/m} \\ &= 618,24 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/10 \times Q_u \times l^2 \\ &= 1/10 \times 618,24 \text{ kg/m} \times (5,6 \text{ m})^2 \\ &= 1938,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 3 D19 lalu dicek menggunakan program bantu PCA Col



Gambar 5 14 Interaksi Aksial dan Momen Sloof

3. Penulangan Geser Sloof

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{1}{2} \times Q_u \times l \\ &= \frac{1}{2} \times 618,24 \text{ kg/m} \times (5,6 \text{ m})^2 \\ &= 1731,03 \text{ kg} \\ &= 17311 \text{ N}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial akan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$\begin{aligned}A_g &= b \times h \\ &= 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \\ &= 120000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

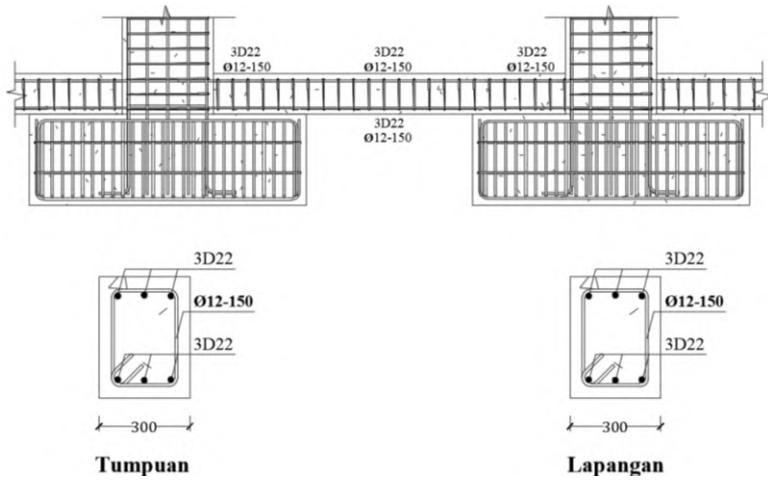
$$\begin{aligned}d &= h - \text{selimut} - D. \text{ Sengkang} - (D. \text{Tulangan}/2) \\ &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ m} - \frac{19 \text{ mm}}{2} \\ &= 338,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{4417300 \text{ N}}{14 \cdot 120000 \text{ mm}^2} \right) 1 \times \sqrt{29,05} \times 400 \text{ mm} \\ &\quad \times 338,5 \text{ mm} \\ V_c &= 337699,33 \text{ N} > V_u \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Karena $\phi V_c > V_u$ maka dipasang tulangan geser maksimum berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21. 12. 3 dengan jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned}d/2 &= 338,5 \text{ mm} \\ &= 169 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan sengkang sloof Ø12-150



Gambar 5 15 Detail Penulangan Sloof

BAB VI BREISING, SAMBUNGAN, & ANGKUR

6.1 Perhitungan Breising HSS Untuk Ekstensi Damper

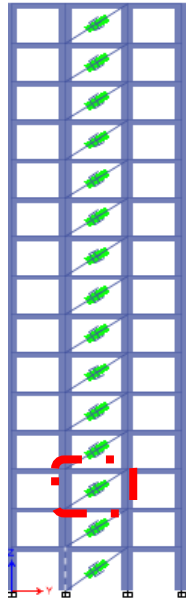
Pada instalasi *Fluid Viscous Damper* (FVD) ke elemen struktur, damper bersifat sebagai breising, Karena panjang damper hanya ± 1 m, maka damper diekstensi menggunakan frame *Hollow Structural Section* (HSS) guna mencapai panjang diagonal. Desain profil direncanakan mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan, Maka harus diperhitungkan gaya-gaya yang bekerja sesuai SNI 1729-2015,

Pada perhitungan kapasitas penampang struktur breising, breising yang dihitung secara manual adalah elemen yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil analisa program bantu ETABS 18.

6.2 Perhitungan Breising FVD Lantai 3

a) Data Perencanaan

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| ➤ Profil baja | = HSS Circle (GRP) |
| ➤ Diameter (D) | = 304,8 mm |
| ➤ Tebal (t) | = 12,7 mm |
| ➤ Luas penampang (A_g) | = 114,65 cm ² |
| ➤ Material Profil Baja | = A500GrB42 |
| ➤ Tegangan leleh tarik (f_y) | = 300 Mpa |
| ➤ Tegangan putus tarik (f_u) | = 400 Mpa |
| ➤ Panjang breising (L) | = 0.161 m |
| ➤ Momen inersia (I) | = 7026,47 cm ⁴ |
| ➤ Modulus penampang (S) | = 553,265 cm ³ |
| ➤ Radius girasi (r) | = 85,4 mm |
| ➤ Modulus plastis (Z) | = 740,15 cm ³ |



Gambar 6 1 Posisi FVD yang Ditinjau

b) Analisa Struktur Gaya Dalam Breising

Didapatkan gaya dalam akibat kombinasi $1,2D + 1L +$

$1EQ$:

Gaya aksial tekan maksimum = 2904,74 kN

Gaya aksial tarik maksimum = 2998,23 kN

c) Perhitungan Kapasitas Tarik Penampang

Kekuatan tarik desain, ϕN_n , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto,

1. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang tekuk, $k = 1,0$ (sendi-sendi)

$$L_k = k, L = 1,0 \times 161 = 161 \text{ mm}$$

$$\frac{kL}{r} = \frac{161}{85,4} = 1.88 < 300 \text{ (OK)}$$

(SNI 1729:2015 ps. D1)

2. Kekuatan tarik nominal terfaktor batang (leleh menentukan)

$$A_g = 11465.28 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$N_n = f_y \times A_g$$

(SNI 1729:2015 pers. D2-1)

$$= 300 \times 12254,58 = 3439584 \text{ N}$$

$$\varphi N_n = 0,9 \times 3439584 = 3095625 \text{ N}$$

Maka untuk kuat tarik nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$\varphi N_n = 3095,55 \text{ kN}$$

$$N_u = 2998,23 \text{ kN}$$

$$\varphi N_n \geq N_u \rightarrow 3095,55 \text{ kN} > 2998,23 \text{ kN} \quad \text{(OK)}$$

d) Perhitungan Kapasitas Tekan Penampang

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{304,8}{12,7} = 24$$

$$\lambda_r = 0,11 \frac{E}{f_y} = 0,11 \times \frac{200000}{300} = 73,33$$

$$\lambda_r > \lambda \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 1729-2015 pasal B4,1, jika nilai $\lambda_r > \lambda$ maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 1729-2015 pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing),

1. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang tekuk, $k = 1,0$ (sendi-sendii)

$Lk = k \cdot L = 1,0 \cdot 161 \text{ mm} = 161 \text{ mm}$

$$\lambda = \frac{KL}{r} = \frac{161}{85,4} = 1,88 < 200 \text{ (OK)}$$

(SNI 1729:2015 ps. E2)

2. Kekuatan nominal tekan terfaktor batang

$$4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000}{300}} = 121,61$$

Karena nilai $\frac{KL}{r} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$, maka untuk nilai f_{cr} dipakai:

$$f_{cr} = \left[0,658 \sqrt{\frac{f_y}{f_e}} \right] f_y$$

(SNI 1729:2015 pers. E3-2)

$$\text{Dimana nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(8,2)^2} = 29403,49 \text{ MPa}$$

Sehingga:

$$f_{cr} = \left[0,658 \sqrt{\frac{300}{29403,49}} \right] \cdot 300 = 298,72 \text{ MPa}$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

(SNI 1729:2015 pers. E3-1)

$$= 298,72 \times 11465,28 = 3424843 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 3424843 = 3082358,7 \text{ N}$$

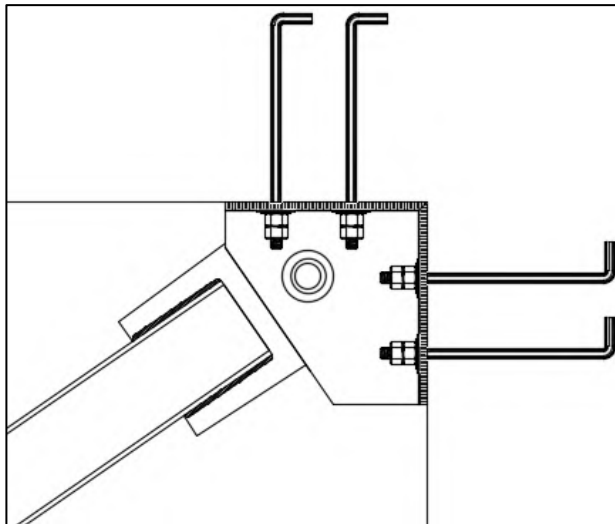
$$\phi P_n = 3082,36 \text{ kN}$$

$$P_u = 2904,74 \text{ kN}$$

$$\phi P_n \geq P_u \rightarrow 3082,36 \text{ N} > 2904,74 \text{ kN (OK)}$$

6.3 Perhitungan Sambungan *Gusset Plate*

Desain sambungan direncanakan mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan, Maka harus diperhitungkan gaya-gaya yang bekerja, Desain sambungan aksial tarik tekan mengacu *AISC Design Guide 24 Hollow Structural Sections Connection*.



Gambar 6 2 Sketsa Sambungan HSS-*Gusset Plate*

a) Analisa Gaya Dalam pada Sambungan

Untuk sistem struktur portal tahan gempa maka kekuatan sambungan tidak boleh lebih lemah dari batang yang disambungannya (Wiryanto Dewobroto,2016:594), Maka semua

gaya yang bekerja diambil dari kapasitas gaya nominal yang mampu dipikul breising HSS,

Gaya P_u maupun N_u diganti dengan gaya nominal yang telah dihitung pada sub bab sebelumnya (breising),

$$\text{Gaya tekan nominal } \phi P_n = 3095,55 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya tarik nominal } \phi N_n = 3094,85 \text{ kN}$$

Gaya aksial pada plat landas :

Gaya tekan maksimum pelat landasan P'_u

$$\begin{aligned} N'_u &= N_u \cos \alpha \\ &= 3095,55 \text{ kN} \times \cos 35^\circ \\ &= 2797,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tarik maksimum pelat landasan N'_u

$$\begin{aligned} P'_u &= P_u \cos \alpha \\ &= 3094,85 \times \cos 35^\circ \\ &= 2796,79 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser pada plat landas :

Gaya geser dari proyeksi tekan

$$\begin{aligned} V_u &= P_u \sin \alpha \\ &= 3095,55 \times \sin 35^\circ \\ &= 1325,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser dari proyeksi tarik

$$\begin{aligned} V'_u &= N_u \sin \alpha \\ &= 3094,85 \times \sin 35^\circ \\ &= 1325,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

b) Data Perencanaan Sambungan

- Profil baja = CHS
- Diameter (D) = 304,8 mm
- Tebal (t) = 12,7 mm
- Luas penampang (Ag) = 114, cm²
- Material Profil Baja = A500GradeB42
- Tegangan leleh tarik (fy) = 300 Mpa

- Tegangan putus tarik (f_u) = 400 Mpa
- Profil sambungan = Pelat baja
- Dimensi Kepala Pelat = 300/300 mm
- Tebal kepala pelat (t_p) = 25 mm
- Tebal pelat penyambung (t_p) = 25 mm
- Tebal pelat buhul (t_{pg}) = 25 mm
- Material Profil Baja = A36
- Tegangan leleh tarik (f_{yp}) = 240 Mpa
- Tegangan putus tarik (f_{up}) = 400 Mpa
- Material Baut = A325
- Diameter Lubang Baut = M27
- Kuat Tarik Baut = 620 MPa
- Kuat Geser Baut = 372 MPa
- Material Las = E70xx
- Tegangan leleh tarik las (f_y) = 490 Mpa

c) Kuat Las yang Tersedia Pelat ke HSS

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w \quad (\text{SNI 1729:2015 pers. J2-3})$$

Karena gaya tidak berada dalam bidang pengelompokan, Persamaan J2-5 dari Spesifikasi AISC 360-16 tidak berlaku,

$$f_w = 0,60f_{EXX} = 0,60 \times 490 \text{ MPa} = 294 \text{ MPa}$$

Mengacu tabel SNI 1729:2015 J2.2b Ukuran Las Sudut tebal las sudut w diambil 23 mm

$$w = 23 \text{ mm}$$

$$l = \pi D = \pi \times 304,8 = 957,94 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 957,94 \times \frac{23}{\sqrt{2}} = 15579,46 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 294 \times 15579,46 = 4580362 \text{ N} = 4580,362 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,8 \times 4580,362 = 3664,289 \text{ kN}$$

d) Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan HSS ke Kepala Pelat

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

(SNI 1729:2015 pers. J2-3)

$$f_w = 0,60 f_{EXX} = 0,60 \times 490 \text{ MPa} = 294 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang kepala pelat, di kedua sisi batang, Karenanya:

$$l = 2 \times 300 = 600 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 600 \times \frac{23}{\sqrt{2}} = 9758,074 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 294 \times 9758,074 = 2868874 \text{ N} = 2868,874 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,8 \times 2868,874 = 2295,099 \text{ kN}$$

e) Kuat Geser Leleh Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.2, kekuatan geser leleh nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 0,6 \times f_y \times A_g \quad (\text{SNI 1729:2015 pers. J4-3})$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

Perhatikan bahwa luas geser total adalah dua kali panjang kepala pelat dikali ketebalan kepala pelat, Setengah dari beban dilawan pada setiap bidang geser yang berdekatan dengan las, Total area geser adalah:

$$A_g = 2 \times L \times t_p = 2 \times 300 \times 25 = 15000 \text{ mm}^2$$

Maka

$$\phi R_n = 0,6 \times 240 \times 15000 = 2160000 \text{ N} = 2160 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 2160 \text{ kN}$$

f) Kuat Geser Fraktur Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.2, kekuatan geser fraktur nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 0,6 \times f_u \times A_{nv}$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 400 \text{ MPa}$$

$$A_{nv} = A_g = 15000 \text{ mm}^2$$

Maka

$$R_n = 0,6 \times 400 \times 15000 = 3600000 \text{ N} = 3600 \text{ kN}$$

g) Kuat Tarik Leleh Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat buhul adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 630 \times 25 = 15750 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 0,9 \times 240 \times 15750 = 3402000 \text{ N} = 3402 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 3402 \text{ kN}$$

h) Kuat Tarik Fraktur Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 400 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$U = 1,0$ Dari AISC Specification tabel D3,1,

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0,85A_g$$

$$A_n = 7500 - 2(33) \times 25 \leq 0,85 \times 7500$$

$$A_n = 5850 \leq 6375$$

Maka area efektif adalah

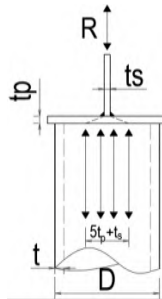
$$A_n = 5850 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0,9 \times 400 \times 5850 = 2406000 \text{ N} = 2406 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 2406 \text{ kN}$$

i) Keadaan Batas Leleh Lokal dari Beban Aksial CHS

Menurut AISC 360-16 tabel K1,1, kuat tekan nominal berdasarkan kondisi batas dinding HSS melumpuhkan, untuk satu dinding, adalah:



Gambar 6 3 Penyebaran Gaya Melalui Kepala Pelat

$$R_n = 2 \times f_y \times t(5t_p + t_s) \leq f_y \times A_g \text{ HSS}$$

$$R_n = 2 \times 300 \times 12,7(5 \times 25 + 25) \leq 300 \times 9267,44$$

$$R_n = 2 \times 300 \times 12,7(5 \times 25 + 25) \leq 300 \times 9267,44$$

$$R_n = 1143000 \text{ N} \leq 2780232 \text{ N (OK)}$$

Maka:

$$\phi R_n = 1,0 \times 1143 = 1143 \text{ kN}$$

6.4 Perhitungan Baut Angkur

a) Data Perencanaan Angkur

Perhitungan baut angkur terhadap tarik dan geser mengacu pada ACI 318-14M pasal 17 sesuai pada Tabel ,

Tabel 6 1 Kuat Baut Angkur Berdasarkan Pola Keruntuhan
(ACI 318M-14 Chapter 17)

Failure mode	Single anchor	Anchor group ^[1]	
		Individual anchor in a group	Anchors as a group
Steel strength in tension (17.4.1)	$\phi N_{sa} \geq N_{ua}$	$\phi N_{sa} \geq N_{ua,i}$	
Concrete breakout strength in tension (17.4.2)	$\phi N_{cb} \geq N_{ua}$		$\phi N_{cbg} \geq N_{ua,g}$
Pullout strength in tension (17.4.3)	$\phi N_{ps} \geq N_{ua}$	$\phi N_{ps} \geq N_{ua,i}$	
Concrete side-face blowout strength in tension (17.4.4)	$\phi N_{sb} \geq N_{ua}$		$\phi N_{sbg} \geq N_{ua,g}$
Bond strength of adhesive anchor in tension (17.4.5)	$\phi N_a \geq N_{ua}$		$\phi N_{ag} \geq N_{ua,g}$
Steel strength in shear (17.5.1)	$\phi V_{sa} \geq V_{ua}$	$\phi V_{sa} \geq V_{ua,i}$	
Concrete breakout strength in shear (17.5.2)	$\phi V_{cb} \geq V_{ua}$		$\phi V_{cbg} \geq V_{ua,g}$
Concrete pryout strength in shear (17.5.3)	$\phi V_{sp} \geq V_{ua}$		$\phi V_{spg} \geq V_{ua,g}$

Direncanakan angkur dengan spesifikasi berikut,

- Diameter (\emptyset) = M33
- Panjang benam (hef) = 500 mm
- Material angkur = A36
- Tegangan leleh tarik (f_y) = 250 Mpa
- Tegangan putus tarik (f_u) = 400 Mpa
- Jarak horizontal angkur (S_1) = 150 mm
- Jarak vertikal angkur (S_2) = 150 mm
- Jarak angkur ke tepi kolom (C_1) = 175 mm
- Dimensi plat landas (b/h) = 300/950 mm
- Mutu beton tumpu (f_c') = 29,05 MPa

b) Kuat Baut Angkur Terhadap Tarik

Direncanakan baut angkur M33 dengan pitch untuk M30

$$P = 3,5 \frac{mm}{ulir}$$

$$\text{Maka } n_t = \frac{1}{P} = \frac{0,285ulir}{mm}$$

Kuat angkur baut terhadap tarik

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} (33 - 0,9382 \times n_t)^2 \quad (\text{A-3-6M AISC})$$

$$= \frac{\pi}{4} (33 - 0,9382 \times 0,285)^2 = 841,46 \text{ mm}^2$$

$\phi = 0,75$ (untuk baja daktail A36)

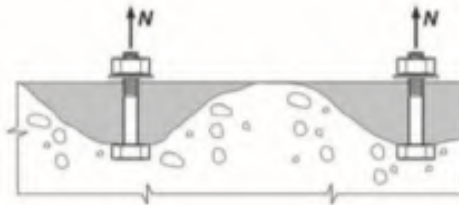
$$\phi N_{sa} = \phi A_{se,N} \cdot f_{uta} = 0,75 \times 841,83 \times 400 = 252549,9 \text{ N}$$

Jika terdapat 12 buah baut angkur

$$\phi N_{sa} = 12 \times 252549,9 = 3030599 \text{ N} = 3030,599 \text{ kN}$$

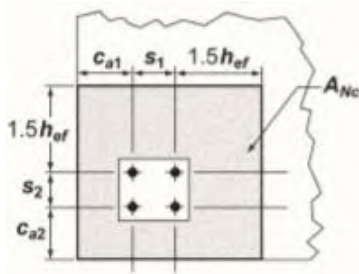
c) Kuat Jebol (Breakout) Beton Akibat Tarik

Posisi angkur tepi $c_{a1} = 175 \text{ mm} < 1,5h_{ef} = 750 \text{ mm}$,
maka pengaruh jebol beton perlu dievaluasi,



Gambar 6 4 Visualisasi Jebol (*Breakout*) Baut Sisi Tepi

$$A_{Nco} = 9h_{ef}^2 = 9 \times 500^2 = 2.250.000 \text{ mm}^2$$



Gambar 6 5 Skema Pengambilan Nilai A_{Nc}

Angkur kelompok

$c_{a1} < 1,5h_{ef}, s_1 < 3h_{ef}, s_2 < 3h_{ef}$ maka:

$$A_{Nc} = (2 \times 1,5h_{ef} + 3 \times s_2) \times (2 \times c_{a1} + s_1)$$

$$A_{Nc} = (2 \times 750 + 3 \times 150) \times (2 \times 175 + 150)$$

$$= 975.000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} = \frac{975.000}{2.250.000}$$

$$\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} = 0,43$$

Untuk $c_{a,min} < 1,5h_{ef}$, maka:

$$\Psi_{ed,N} = 0,7 + 0,3 \frac{c_{a,min}}{1,5h_{ef}} = 0,7 + 0,3 \frac{175}{750} = 0,77$$

(ACI 318M-14 Ch. 17.4.2.5b)

$$\Psi_{c,N} = 1,25 \text{ (angkur cor ditempat)}$$

(ACI 318M-14 Ch. 17.4.2.6(a))

$$\Psi_{cp,N} = 1,0 \text{ (untuk kasus lainnya)}$$

(ACI 318-14M Ch. 17.4.2.7)

$$\lambda_a = 1,0 \text{ (beton normal angkur cor ditempat)}$$

$$N_b = 16\lambda_a \sqrt{f'_c} h_{ef}^{5/3}$$

(ACI 318-14M Ch. 17.4.2.2(b))

$$N_b = 16 \times 1 \times \sqrt{29,05} \times 500^{5/3} = 3872694,82 \text{ N}$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \Psi_{ed,N} \cdot \Psi_{c,N} \cdot \Psi_{cp,N} \cdot N_b$$

(ACI 318-14M Ch. 17.4.2.1(b))

$$N_{cb} = 0,433 \times 0,77 \times 1 \times 1,25 \times 3872694,82 = 1615236 \text{ N}$$

$$\Psi_{ec,N} = 1,0 \text{ (gaya tarik di pusat berat kelompok angkur)}$$

$$N_{cbg} = \Psi_{ec,N} \times 1615236 \text{ N} = 1615,236 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (kondisi beton dengan tulangan)}$$

$$\phi N_{cbg} = 0,9 \times 1615,236 = 1453,71 \text{ kN}$$

d) Kuat Cabut Baut Angkur Dari Beton

Kuat cabut terhadap tarik, N_p baut angkur tipe cor di tempat (baut-L atau baut-J) dapat dihitung sebagai berikut:

$$N_p = 0,9 \times f_c' \times e_h \times d_a$$

(ACI 318-14M Ch. 17.4.3.1)

Dimana:

$$e_h = 4,5d_a = 4,5 \times 33 = 148,5 \text{ mm}$$

$$\Psi_{c,p} = 1,4 \text{ beton dalam kondisi service belum retak}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (kondisi beton dengan tulangan)}$$

Maka:

$$N_p = 0,9 \times 29,05 \times 148,5 \times 33 = 216332,6 \text{ N}$$

$$\phi N_{pn} = 0,75 \times 216332,6 = 162249,4 \text{ N}$$

$$\phi N_{pn} = 162,24 \text{ N}$$

Jika terdapat 12 baut angkur sebagai berikut

$$\phi N_{pn} = 12 \times 162,24 = 1964,99 \text{ N}$$

e) Kuat Ambrol (Blowout) Muka Tepi Beton Akibat Tarik

Karena panjang benam $h_{ef} = 500 \text{ mm} > 2,5C_{a1} = 437,5 \text{ mm}$ maka menurut ACI 318-M Ch.17.4.41 pengaruh ambrol muka tepi beton perlu dievaluasi,

$$N_{sbg} = \left(1 + \frac{s}{6C_{a1}}\right) N_{sb}$$

(ACI 318-14M Ch. 17.4.4.2)

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

$$6C_{a1} = 6 \times 175 = 1050 \text{ mm}$$

$$A_{brg} = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 = \frac{\pi}{4} \times 33^2 = 855,64 \text{ mm}^2$$

$$N_{sb} = 160C_{a1} \sqrt{A_{brg} \lambda_a \sqrt{f'_c}}$$

(ACI 318-14M Ch. 17.4.4.1)

$$= 160 \times 175 \times \sqrt{855,64} \times 1\sqrt{29,05}$$

$$= 4414457,747 \text{ N}$$

$$N_{sbg} = \left(1 + \frac{150}{1050}\right) \times 4414457,747$$

$$N_{sbg} = 5045094,68 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi N_{sbg} &= 0,75 \times \frac{5045094,68}{1000} \\ &= 3783,21 \text{ kN} \end{aligned}$$

f) Kuat Baut Angkur Akibat Geser

Kuat angkur akibat geser direncanakan sebagai berikut:

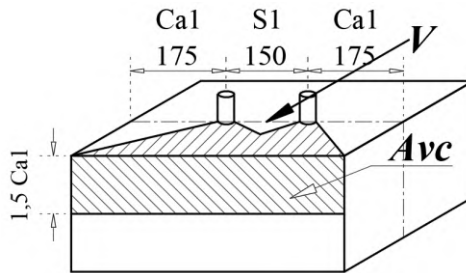
$$A_{se,V} = A_{se,N} = 841,83 \text{ mm}^2$$

$$\phi = 0,65 \text{ (untuk baja daktail terhadap geser A36)}$$

$$\begin{aligned}
 V_{sa} &= 0,6 \times A_{se,V} \times f_{uta} && \text{(ACI 318-14M Ch. 17.5.1.2b)} \\
 &= 0,6 \times 841,83 \times 400 = 202039,94 \text{ N} \\
 \phi V_{sa} &= 0,65 \times 202039,94 = 131326 \text{ N} \\
 n \cdot \phi V_{sa} &= 12 \times 131326 = 1575912 \text{ N} \\
 &= 1575,912 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

g) Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Geser

Karena $s = 150 \text{ mm} < c_{a1,1} = c_{a1} = 175 \text{ mm}$ sehingga semua gaya geser dipikul baut angkur terdepan pada luas bidang proyeksinya,



Gambar 6 6 Skema Penentuan A_{vc}

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= (2 \times c_{a1} + s_2) 1,5c_{a1} \\
 A_{vc} &= (2 \times 175 + 150) \times 262,5 = 131,250 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} &= 4,5c_{a1}^2 = 4,5 \times 175^2 = 137,812,50 \text{ mm}^2 && \text{(ACI 318-14M Ch. 17.5.2.1c)}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{vc}}{A_{vco}} = \frac{131,250}{137,812,50} = 0,95$$

Untuk $c_{a2} \geq 1,5c_{a1}$ maka $\Psi_{ed,V} = 1,0$

$\Psi_{c,V} = 1,4$ beton dalam kondisi service belum retak

$\ell_e = h_{ef} < 8d_a$ maka $\ell_e = 8d_a = 240 \text{ mm}$

$$V_b = 0,6 \left(\frac{l_e}{d_a} \right)^{0,2} \sqrt{d_a} \lambda_a \sqrt{f'_c} C_{a1}^{1,5}$$

(ACI 318-14M Ch. 17.5.2.2a)

$$V_b = 0,6 \left(\frac{240}{33} \right)^{0,2} \times \sqrt{33} \times 1 \times \sqrt{29,05} \times 175^{1,5}$$

$$= 264791,06 \text{ N}$$

$\Psi_{ec,V} = 1,0$ (gaya geser di pusat berat kelompok angkur)

$\Psi_{h,V} = 1,0$ (tidak dibatasi oleh ketebalan beton)

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ec,V} \times \Psi_{ed,V} \times \Psi_{c,V} \times \Psi_{h,V} \times V_b$$

(ACI 318-14M Ch. 17.5.2.1b)

$$V_{cb} = 0,95 \times 1 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 264791,06 = 352172,12 \text{ N}$$

$$\emptyset V_{cb} = 0,75 \times 352172,12 = 264129,09 \text{ N} = 264,129 \text{ kN}$$

$$n, \emptyset V_{cb} = 12 \times 264,129 \text{ kN} = 3169,55 \text{ kN}$$

h) Kuat Rempal (Pryout) Beton Terhadap Geser

$k_{cp} = 2,0$ (untuk $h_{ef} > 65 \text{ mm}$)

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cp}$$

(ACI 318-14M Ch. 17.5.3.1b)

Dimana:

$$N_{cp} = N_{cb} = 1,115,891,36 \text{ N}$$

$$V_{cp} = 2 \times 1,115,891,36 = 2,231,782,71 \text{ N}$$

$$\emptyset V_{cp} = 0,75 \times 2,231,782,71 = 1.785.430 \text{ N} = 1.785,43 \text{ kN}$$

6.5 Perhitungan Sambungan HSS-FVD

Desain sambungan untuk breising *Hollow Structural Section (HSS) Circle* yang disambung pada *end plate* mengacu *AISC Design Guide*

a) Data Perencanaan

➤ Diameter HSS, $D = 304,8 \text{ mm}$

- Tebal HSS, t = 12,7 mm
- Diameter baut, db = M30
- Jarak baut ke tepi, b = 50 mm
- Kuat leleh end plate, F_{yp} = 240 MPa
- Kuat las, F_{Exx} = 490 MPa
- Kuat tarik baut, Rc = 400 MPa
- Faktor reduksi, $(c=\phi)$ = 0,9

b) Variabel yang Dibutuhkan

$$r_1 = \frac{D}{2} + 2b = \frac{254}{2} + 2 \times 50 = 277mm$$

$$r_2 = \frac{D}{2} + b = \frac{254}{2} + 50 = 177mm$$

$$r_3 = \frac{D - t}{2} = \frac{254 - 12,7}{2} = 114,3mm$$

$$k_1 = \ln \frac{r_2}{r_3} = \ln \frac{177}{114} = 0,43$$

$$k_3 = k_1 + 2 = 2,43$$

$$f_3 = \frac{1}{2k_1} \left(k_3 + \sqrt{k_3^3 - 4k_1} \right) = 0,98$$

c) Tebal Minimum End Plate (tp)

$$tp \geq \sqrt{\frac{2Pt}{c F_{yp} \pi f_3}}$$

$$tp \geq \sqrt{\frac{2 \times 1147,57 \text{ kN}}{0,9 \times 240MPa \times \pi \times 0,98}}$$

$$tp \geq 1,85 \text{ mm}$$

Dipasang

$$tp = 20mm \geq 1,85 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

d) Jumlah Baut (n)

$$n \geq \frac{Pt}{Rc} \left[1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln(r_1/r_2)} \right]$$

$$n \geq \frac{1147,57 \text{ kN}}{400 \text{ MPa}} \left[1 - \frac{1}{0,98} + \frac{1}{0,98 \ln(277/177)} \right]$$

$$n \geq 11,70$$

Dipasang

$$n = 12 \text{ bh} \geq 11,70 \quad (\text{OK})$$

e) Tebal Las Minimum (w)

$$w \geq \frac{Pt\sqrt{2}}{F_{wt} \pi D}$$

$$w \geq \frac{1147,57 \text{ kN}\sqrt{2}}{(0,6F_{Exx})\pi 254\text{mm}}$$

$$w \geq 0,004$$

Dipasang

$$w = 10 \text{ mm} \geq 0,004 \quad (\text{OK})$$

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis struktur simpangan antar lantai untuk arah-X dan arah-Y mengalami penurunan setelah *diredesign* yaitu dari sebelumnya pada arah-Y tidak memenuhi syarat simpangan antar lantai, kini pada semua lantai di kedua arah dinyatakan memenuhi syarat simpangan antar lantai ijin SNI 1726:2012.
2. Berdasarkan hasil analisa kapasitas *fluid viscous damper*, didapatkan kapasitas FVD pada lantai 1-6 dengan kapasitas 3000 kN, pada lantai 7-10 dengan kapasitas 2000 kN, lantai 11 dengan kapasitas 1000 kN, lantai 12 dengan kapasitas 750 kN dan pada lantai 13-15 dengan kapasitas 500 kN. Posisi *fluid viscous damper* diletakkan pada sumbu lemah struktur Gedung.

7.2 Saran

Penulisan Tugas Akhir ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk kemajuan penulisan Tugas Akhir berikutnya adalah :

1. Ditambahkan analisis dinamik *nonlinear* agar hasil kinerja bangunan lebih akurat.
2. Proses *running* statik *nonlinear* membutuhkan waktu yang lama, maka diperlukan perangkat yang lebih canggih.
3. Diperlukan literatur yang lebih lengkap dan studi lebih lanjut untuk sistem struktur gedung dengan *fluid viscous damper*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318M-14. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. Michigan: American Concrete Institute.
- ANS. (2016). *AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings* (16.1 ed.). Chicago: American Institute of Steel Construction.
- ASCE/SEI 7-16. (2016). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- BSN. (2012). *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- BSN. (2013). *SNI 1727 Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- BSN. (2013). *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- BSN. (2015). *SNI 1729 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering* (Fourth ed.). Bergen: Pearson.

- Gunjal, K. P., & Sanghai, P. (2019). Seismic Analysis of Building Using Dampers In Shear Walls. *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, 4(VI).
- Harnindra, V. A., Sunardi, B., & Santosa, B. (2017). Implikasi Sesar Kendeng terhadap Bahaya Gempa dan Pemodelan Percepatan Tanah di Permukaan di Wilayah Surabaya. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 6(II).
- Mutiarani, A., Madlazim, & Prastowo, T. (2013). Studi b-Value untuk Pengamatan Seismitas Wilayah Pulau Jawa Periode 1964-2012. *Studi b-Value untuk Pengamatan Seismitas Wilayah Pulau Jawa*, 02(II), 0-5.
- Narkhede, D. I., & Sinha, R. (2012). Shock Vibration Control of Structures using Fluid Viscous Damper. Lisboa: 15 WCEE.
- PUSKIM. (2019, November 19). *Desain Spektra Indonesia*. Dipetik 12 23, 2019, dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
- Samuel, S. P., & Sasidharan, S. (2017). Seismic Analysis of Buildings Using Fluid Viscous Damper. *International Journal of Engineering Science & Research Technology*, 6(IV).
- Taylor Devices India. (2019). *Design and Tender Documentation of Fluid viscous Damper*. Dipetik 12 23, 2019, dari <https://www.taylordevicesindia.com/Services>

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Iphon Robi Kurniadi. Lahir di Bojonegoro pada tanggal 28 April 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Kepatihan Bojonegoro, SMP Negeri 1 Bojonegoro dan SMA Negeri 1 Bojonegoro. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil terdaftar dengan NRP 10111610013034. Penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan. Selain itu, penulis merupakan salah satu anggota tim Perfe-CT yang pernah mendapatkan penghargaan di Kaohsiung International Invention & Design Expo 2018. Penulis dapat dihubungi melalui email : ifonrobi1998@gmail.com

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam kesempatan ini, saya Iphon Robi Kurniadi mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia Nya, sehingga Proyek Akhir ini dapat diselesaikan meskipun hambatan dan rintangan selalu menghampiri.
2. Kedua orang tua, Ibu Ismiyatun dan Bapak Drs. Supono, MM.. Serta Kakak Ipanna Enggar dan Adik Imeliya Afsari yang selalu memberikan doa demi kelancaran pengerjaan proyek akhir ini. Dukungan moril maupun materil juga selalu diberikan selama perjalanan saya menempuh pendidikan Sarjana Terapan Teknik di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini dengan sebaik-baiknya.
4. Yolanda Fany Nabilla yang selalu mendukung dan memberikan semangat selama proses pengerjaan Proyek Akhir ini.
5. Ilham Pradana Kusuma yang selalu membantu apabila ada kesulitan.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun tugas akhir terapan ini.

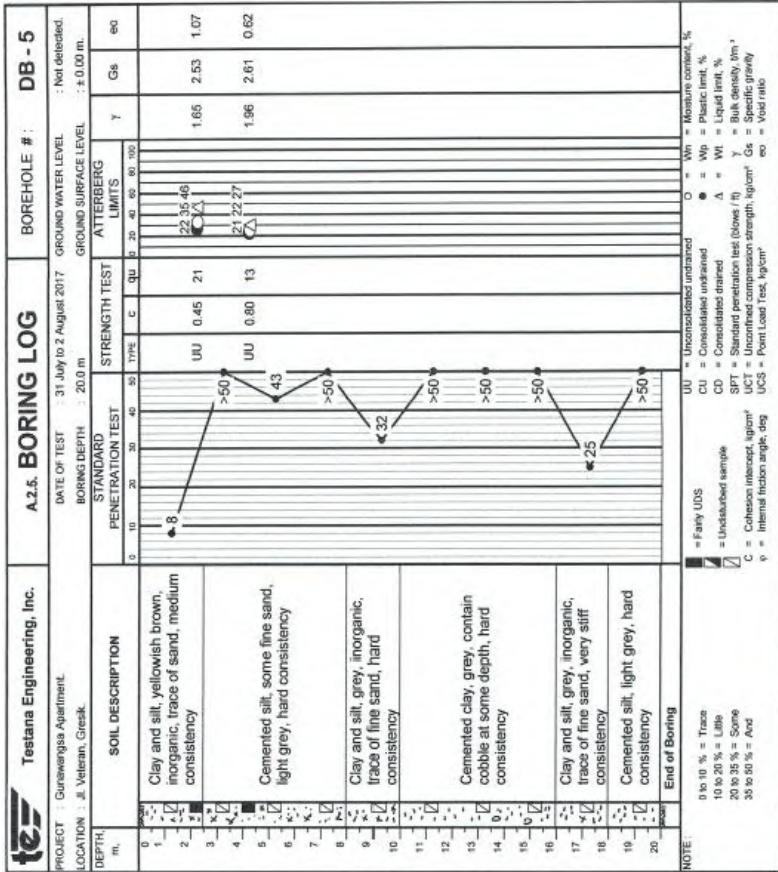
Saya berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapat Ridlo dan balasan dari Allah S.W.T. Saya menyadari bahwa Tugas Akhir Terapan ini masih banyak kekurangan, untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Akhir kata saya berharap semoga Tugas Akhir Terapan ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 24 August 2020

Penulis

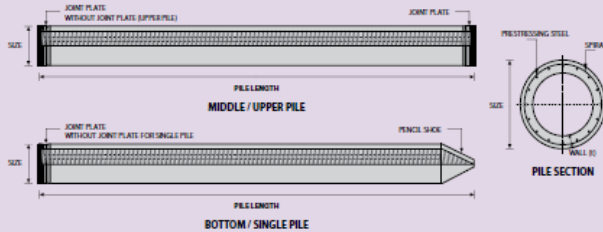
LAMPIRAN

1. Data tanah didapatkan dari PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Apartemen Gunawangsa Gresik.



2. Tiang pancang yang digunakan merupakan produk PT. Wijaya Karya Beton Tbk

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
C	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18					
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19					
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20					

3. Bata ringan dan acian yang digunakan merupakan produk PT. Focon Interlite

LATAR BELAKANG

Focon Interlite adalah anak perusahaan dari PT. Focon Indonesia, dimana produk utamanya acian di bidang industri paving. **Focon Interlite** berdiri pertengahan 2012 dan berlokasi di Japara, Kabupaten Jawa Timur, Indonesia.

Selubungan dengan berkembangnya pembangunan infrastruktur, properti, dan industri di Indonesia yang sangat pesat dalam beberapa tahun ini, yang akhirnya menimbulkan permintaan di pasar untuk bata-bata dan bata paving.

Menanggapi permintaan pasar ini, **Focon Interlite** yang sebelumnya sudah sangat dikenal dengan produk-produk berkualitas di bidang beton, sekarang menawarkan produk baruannya, yaitu **AAC (Autoclaved Aerated Concrete Block)** atau biasa disebut Bata Ringan, yang terbuat dari pasir silika, kapur, gipsum, serbuk aluminium, dan semen.

Kami sangat yakin atas kualitas bata ringan yang ditawarkan **Focon Interlite** akan menjadi pilihan dan nilai tambah masyarakat dalam pembangunan rumah, gedung tinggi, shopping mall, rumah sakit, kompleks perumahan, pabrik, dll.

Bagi kami ketepatan waktu adalah yang paling utama

Focon Interlite didirikan dengan visi untuk menciptakan produk yang sangat berkualitas dan service terbaik bagi customer kami. Dengan berprinsip 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.

Focon Interlite berkomitmen untuk memberikan kualitas AAC Block dengan material terbaik dan memperhatikan standar peduli lingkungan (eco - green friendly) dalam proses produksi.

Harga yang kompetitif di masyarakat, service yang memuaskan, keberadaan stock, dan pengalaman yang on-time adalah kebanggaan dan jaminan kami kepada masyarakat.

MISI KAMI

Adalah menjadi kepercayaan customer dalam segala hal seperti kualitas waktu pelaksanaan dan pengiriman. Karena hal ini adalah problem utama yang seringkali dihadapi kontraktor maupun end-user.

Penjualan kami juga akan memberikan customer support dengan berbagai pengalaman dalam hal penggunaan dan mengaplikasikan produk kami, sehingga akan tercipta kerjasama yang baik dan jangka panjang.

PT. Focon Interlite melayani masyarakat baik dalam bentuk Supply Only / Loco Fabrik.

UKURAN UMUM

Berat jenis	550-650 kg/m ³
Kuat tekan	35-40 kg/cm ²
Kedap suara (Frekuensi 800 Hz)	52.8 db

SPESIFIKASI

Tinggi (L)	Panjang (P)	Tinggi (T)	Bj	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.	Pembandingan	AAC Block	Bata Merah
1	Kualitas	Menghasilkan kualitas dengan standar yang sangat baik dan presisi	Tidak ada kualitas standar
2	Kekuatan	40-45 Kg/cm ²	20-25 Kg/cm ²
3	Konsumsi material semen / mortar	Konsumsi mortar sedikit/ Ukuran kolom dan beton berkurang	Lebih banyak, karena permukaan bata merah tidak presisi. Tidak ada penghematan
4	Tonaga Kerja	Biaya tenaga kerja lebih rendah	Biaya tenaga kerja lebih tinggi
5	Sizes	7.5, 10, 12.5, 15, 20 cm	

4. Plafond dan penggantung yang digunakan merupakan produk Jayaboard




CS-20 Sistem Plafon EasyFrame

Primary Frame
Top Cross Rail PN 250

Secondary Frame
Ceiling Batten PN 251

1 Lapis Papan Gypsum
Jayaboard Sheetrock 9mm
(Staggered)

Suspension System
Susp. Bracket PN 220 / 221
Susp. Rod PN 227 M4
Susp. Clip PN 222



KOMPONEN SISTEM

Primary & Secondary Connectors
PN 250 Ceiling Batten to Top Cross Rail

Primary Section (300mm)
PM 250 30mm
EF TCR 0.35 (BMT)

Secondary Section (300mm)
PM 251 16mm
EF Batten 0.35 (BMT)

Perimeter Sections (300mm)
PM 252 16mm
EF Wall Angle 0.35mm (TCT)

Suspension Bracket
PN 220 (Susp. Rod to Concrete)
PN 221 (Susp. Rod to Timber)

Suspension Clip
PN 222 Top Cross Rail for Threaded Rod

Suspension Rods & Nuts
PN 227M4 3.5mm
Rod threaded two end (1500mm)
PN 227M4 3.5mm
Rod threaded two end (2000mm)

DETAIL & DATA FISIK



1 Lapis papan gypsum Jayaboard Sheetrock 9mm diaplikasikan Staggered

Plasterboard (d)	Material	Max Frame Spacing (mm)
Jayaboard Sheetrock 9mm	Suspension Clip PN 222	a 1000
	Top Cross Rail PN 250	b 1000
	Ceiling Batten PN 251	c 600

Catatan:

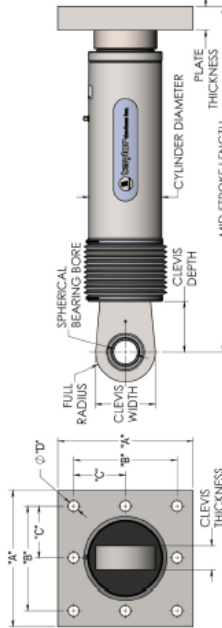
- Pemasangan papan gypsum saling ellang
- Deflection Span L/240
- Dapat diaplikasikan dengan luas area hingga 100 m² atau bentuk bebas hingga 10m
- Untuk detail produk, lihat produk brosur Jayaboard

BERAT SISTEM
± 6.5 Kg/m²

5. Fluid Viscous Damper yang digunakan merupakan produk Taylor Devices Inc.



FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES CLEVIS – BASE PLATE CONFIGURATION, METRIC UNITS



NOTE: VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM 450 TO 4500 mm. FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES THE MID-STROKE LENGTH BY 5 mm PER 41 mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000N±100mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm
1000 KN ± 150 mm STROKE, 190-100-50, 507-5-250
1048±250 ± 1298 mm MID-STROKE LENGTH

BELOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL BUSH AS DESIRED. STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER 4300 mm. AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	PLATE THICKNESS (mm)
250	17120	38.10	787	47.5	43	100	83	33	114	44	178±3	127±25	†	20.6±25	38±76
500	17130	50.80	997	4100	55	127	102	44	150	98	282±3	203±25	†	31.8±25	39±76
750	17140	57.15	1016	4100	59	155	129	50	184	168	343±3	254±25	127±25	28.7±25	61±76
1000	17150	69.85	1048	4100	71	185	150	61	210	254	419±3	316±25	159±25	31.8±25	76±115
1500	17160	76.20	1105	4100	71	205	162	67	241	306	432±3	332±25	165±25	31.8±25	76±115
2000	17170	88.90	1346	4125	91	230	191	76	266	500	457±3	343±25	171±25	38.1±25	102±115
3000	17180	101.60	1441	4125	117	250	203	89	350	800	509±3	406±25	203±25	41.4±25	102±115
4000	17190	127.00	1645	4125	142	328	273	111	450	1098	569±3	456±25	223±25	41.4±25	102±115
4500	17200	152.40	1752	4125	154	350	305	121	515	1530	569±3	456±25	223±25	41.4±25	102±115
5000	17210	177.80	1887	4125	170	415	317	135	565	2625	569±3	456±25	223±25	41.4±25	102±115

† DENOTES 4 HOLE PATTERN, MEANING NO CENTER HOLES.

** CONSULT FACTORY FOR DIMENSIONS.

MADE IN USA

6. Bresing untuk penyambung Fluid Viscous Damper yang digunakan merupakan produk GRP Steel.

Outside Diameter		Thickness																			
mm	mm	4	6	8	9	10	11	12	12.2	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
7	177.8	17.14	23.42	33.30	37.48	41.38	45.25	49.08	52.76	56.39	60.02	63.64	67.26	70.87	74.47	78.07	81.67	85.27	88.87		
8	203.2	18.90	26.54	38.51	43.92	47.64	51.34	55.03	58.69	62.33	65.96	69.58	73.20	76.81	80.41	84.01	87.61	91.21	94.81		
10	254.0	24.66	36.89	48.53	54.88	60.17	65.41	70.61	75.77	80.91	86.04	91.16	96.28	101.39	106.50	111.61	116.71	121.81	126.91		
11	268.9	26.67	40.21	53.35	60.53	67.70	74.85	81.98	89.09	96.18	103.26	110.33	117.40	124.46	131.52	138.58	145.64	152.70	159.76		
14	355.6	34.68	51.79	68.57	76.92	85.22	93.48	101.69	109.86	118.01	126.15	134.28	142.40	150.51	158.61	166.70	174.79	182.87	190.95		
16	406.4	39.69	59.24	78.07	88.20	97.76	107.28	116.75	126.18	135.56	144.90	154.21	163.49	172.75	182.00	191.24	200.47	209.70	218.92		
18	457.2	44.70	66.76	88.62	99.47	110.28	121.04	131.76	142.43	153.07	163.67	174.24	184.78	195.29	205.79	216.27	226.74	237.20	247.65		
20	508	49.71	74.28	98.64	110.75	122.81	134.83	146.78	158.57	170.32	182.04	193.73	205.40	217.06	228.71	240.35	251.98	263.60	275.21		
22	558.8	54.73	81.79	108.69	122.02	135.33	148.60	161.81	174.97	188.09	201.15	214.17	227.17	240.15	253.12	266.08	279.03	291.97	304.90		
24	599.6	59.74	89.23	118.68	133.39	147.86	162.28	176.64	190.94	205.20	219.42	233.60	247.75	261.88	275.99	290.08	304.15	318.21	332.26		
26	660.4	64.75	96.83	128.71	144.57	160.36	176.15	191.87	207.54	223.16	238.73	254.25	269.73	285.17	300.58	315.96	331.32	346.67	362.01		
28	711.2	69.76	104.34	138.79	156.85	172.92	189.54	206.91	224.76	242.80	260.73	278.55	296.27	313.89	331.42	348.95	366.47	383.99	401.50		
30	762	74.77	111.86	144.75	163.12	180.44	200.72	221.84	243.47	265.20	287.24	309.28	331.32	353.36	375.40	397.44	419.47	441.50	463.53		
33	812.8	79.78	119.37	154.92	174.66	193.97	215.88	240.97	266.54	292.68	319.38	346.64	374.46	402.84	431.78	461.28	491.34	521.96	552.14		
34	863.6	84.79	126.89	165.79	188.47	210.50	235.29	262.01	289.69	318.37	347.05	375.73	404.41	433.09	461.77	490.45	519.13	547.81	576.49		
36	914.4	89.80	134.41	174.81	200.84	224.09	249.26	275.91	303.40	331.69	360.38	389.47	418.96	448.85	479.14	509.83	540.92	572.41	604.30		
38	965.2	94.81	141.92	184.84	212.22	238.55	268.84	297.07	326.51	356.34	386.56	417.18	448.19	479.60	511.41	543.62	576.23	609.24	642.65		
40	1016	99.82	149.44	194.89	223.89	252.88	284.98	319.50	355.61	392.31	429.61	467.61	506.40	545.99	586.38	627.57	669.56	712.35	755.94		
42	1066.8	104.83	156.95	204.88	234.77	266.41	299.40	334.92	372.03	409.73	448.12	487.20	527.08	567.75	609.21	651.46	694.51	738.36	783.01		
44	1117.6	109.84	164.47	214.90	246.68	279.13	313.18	349.81	388.11	427.18	467.03	507.66	549.08	591.29	634.30	678.11	722.72	768.13	814.34		
46	1168.4	114.85	171.99	224.92	257.32	291.56	327.17	364.11	402.31	441.87	482.70	524.26	566.57	609.64	653.47	698.07	743.48	789.69	836.70		
48	1219.2	119.87	179.51	234.93	268.30	303.44	340.24	378.69	417.89	457.94	508.84	550.59	593.10	636.37	680.51	725.52	771.40	818.06	865.51		
50	1270	124.88	187.02	244.97	279.87	316.72	354.53	393.27	432.85	473.28	514.56	556.69	599.67	643.51	688.21	733.78	780.23	827.56	875.78		
52	1320.8	129.89	194.54	254.98	291.54	329.14	367.80	407.41	447.97	489.48	531.94	575.26	619.45	664.52	710.47	757.31	805.04	853.66	903.17		
54	1371.6	134.90	202.05	264.97	302.12	340.33	379.60	420.02	461.50	504.04	547.64	592.31	637.95	684.56	732.15	780.73	830.30	880.87	932.44		
56	1422.4	139.91	209.57	274.99	313.88	353.30	393.86	435.57	478.44	522.47	567.66	613.92	661.25	709.65	759.12	809.67	861.31	913.94	967.57		
58	1473.2	144.92	217.08	284.99	324.86	365.33	406.93	449.67	493.57	538.64	584.88	632.28	680.84	730.57	781.37	833.24	886.18	940.19	995.28		
60	1524	149.93	224.60	294.98	336.24	377.35	419.12	462.87	507.79	553.88	601.14	649.57	699.17	749.94	801.88	854.90	908.99	964.16	1020.41		
62	1574.8	154.94	232.12	304.99	347.11	388.88	433.40	478.67	524.52	571.96	620.98	670.67	721.04	773.08	825.80	879.20	933.28	988.05	1043.50		
64	1625.6	159.95	239.64	314.99	357.12	399.51	445.30	491.67	539.62	588.14	637.34	687.22	737.79	789.04	840.97	893.59	946.90	1000.90	1055.59		

Weight (Kg/H) = (OD-T) x 0.2466

Not Available

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity.

OD = Outside Diameter (mm)
T = Thickness (mm)

PROYEK AKHIR - VC 191845

DESAIN ALTERNATIF PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA TOWER A GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS DAMPER*

IFON ROBI KURNIADI
NRP.10111610013034

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, M.S.
NIP. 19590209 198603 1 002

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

DAFTAR GAMBAR

NO	NO.GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA
	ARS	ARSITEKTURAL	
00		DAFTAR GAMBAR	
01	AR 01	DENAH LANTAI 1 TOWER A	1 : 200
02	AR 02	DENAH LANTAI 2 – 15 TOWER A	1 : 200
03	AR 03	DENAH LANTAI ATAP TOWER A	1 : 200
04	AR 04	TAMPAK TIMUR TOWER A	1 : 200
05	AR 05	TAMPAK BARAT TOWER A	1 : 200
06	AR 06	TAMPAK UTARA TOWER A	1 : 200
07	AR 07	TAMPAK SELATAN TOWER A	1 : 200
08	AR 08	POTONGAN MEMANJANG TOWER A	1 : 200
09	AR 09	POTONGAN MELINTANG TOWER A	1 : 200
	STR	STRUKTURAL	
10	ST 01	DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM LT. 1 – 7	1 : 200
11	ST 02	DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM LT. 8 – 15	1 : 200
12	ST 03	DENAH PELAT	1 : 200
13	ST 04	POTONGAN PORTAL MEMANJANG	1 : 200
14	ST 05	POTONGAN PORTAL MELINTANG	1 : 200
15	ST 06	DETAIL PENULANGAN KOLOM 2	1 : 10
16	ST 07	DETAIL PENULANGAN KOLOM 1,3,4	1 : 10
17	ST 08	DETAIL PENULANGAN BALOK 2	1 : 10
18	ST 09	DETAIL PENULANGAN BALOK 1 DAN 3	1 : 10
19	ST 10	PENULANGAN PELAT	1 : 20
20	ST 11	PENULANGAN TANGGA	1 : 20
21	ST 12	DENAH SLOOF DAN PONDASI	1 : 200
22	ST 13	DETAIL PILECAP	1 : 20
23	ST 14	DETAIL SLOOF	1 : 10
24	ST 15	PORTAL LETAK FVD	1 : 200
25	ST 16	PEMASANGAN FVD 500 kN	1 : 20
26	ST 17	DETAIL A PEMASANGAN FVD 500 kN	1 : 5
27	ST 18	DETAIL B PEMASANGAN FVD 500 kN	1 : 5
28	ST 19	DETAIL C PEMASANGAN FVD 500 kN	1 : 5
29	ST 20	PEMASANGAN FVD 750 kN	1 : 20
30	ST 21	DETAIL A PEMASANGAN FVD 750 kN	1 : 5
31	ST 22	DETAIL B PEMASANGAN FVD 750 kN	1 : 5

NO	NO.GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA
	STR	STRUKTURAL	
32	ST 23	DETAIL C PEMASANGAN FVD 750 kN	1 : 5
33	ST 24	PEMASANGAN FVD 1000 kN	1 : 20
34	ST 25	DETAIL A PEMASANGAN FVD 1000 kN	1 : 5
35	ST 26	DETAIL B PEMASANGAN FVD 1000 kN	1 : 5
36	ST 27	DETAIL C PEMASANGAN FVD 1000 kN	1 : 5
37	ST 28	PEMASANGAN FVD 2000 kN	1 : 20
38	ST 29	DETAIL A PEMASANGAN FVD 2000 kN	1 : 10
39	ST 30	DETAIL B PEMASANGAN FVD 2000 kN	1 : 5
40	ST 31	DETAIL C PEMASANGAN FVD 2000 kN	1 : 10
41	ST 32	PEMASANGAN FVD 3000 kN	1 : 20
42	ST 33	DETAIL A PEMASANGAN FVD 3000 kN	1 : 10
43	ST 34	DETAIL B PEMASANGAN FVD 3000 kN	1 : 5
44	ST 35	DETAIL C PEMASANGAN FVD 3000 kN	1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCIOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

KODE	NO GBR	JML GBR
	00	44



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

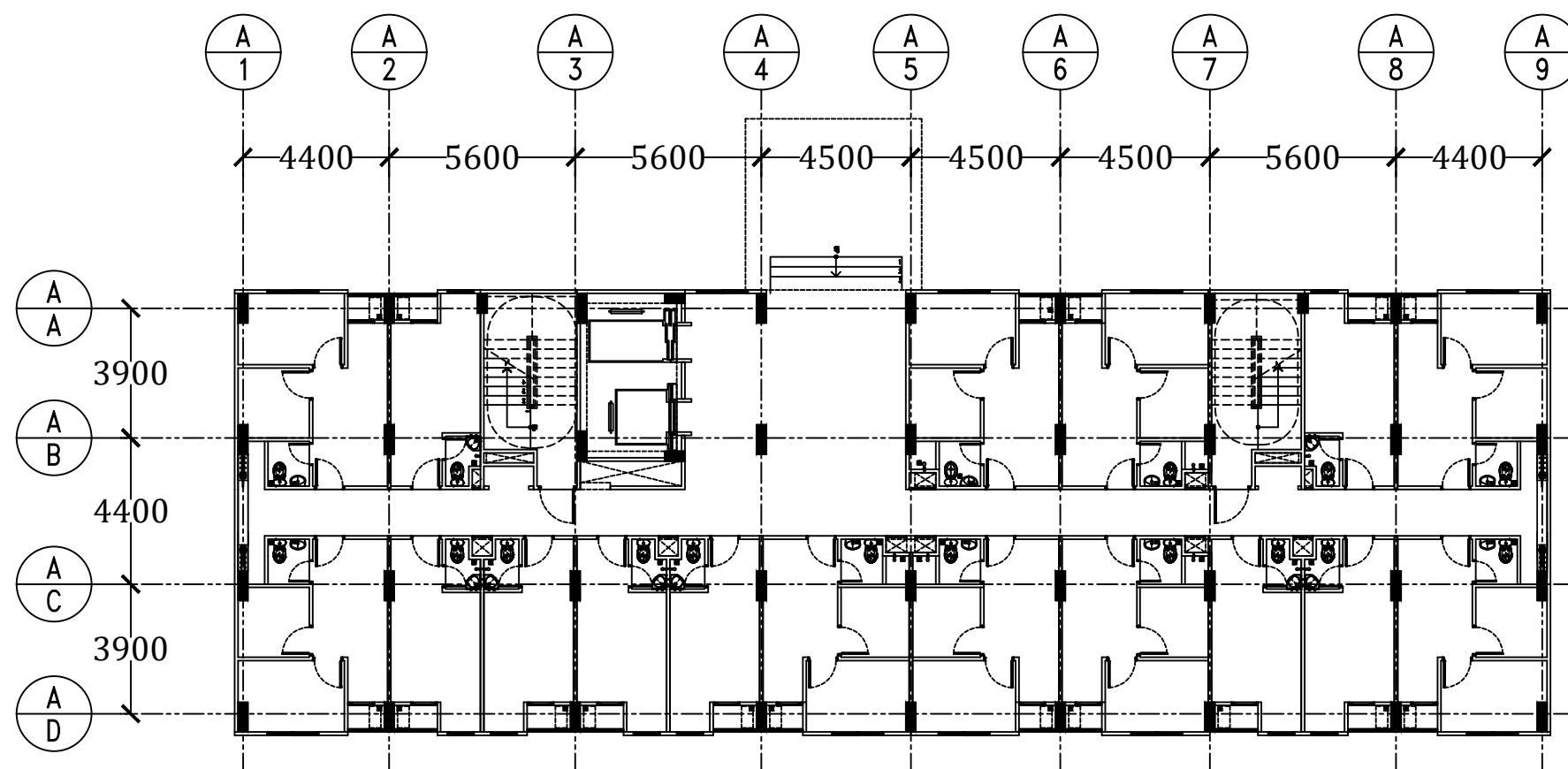
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous Damper

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1
 TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
AR 01	01	44



 **DENAH LANTAI 1 TOWER A**
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

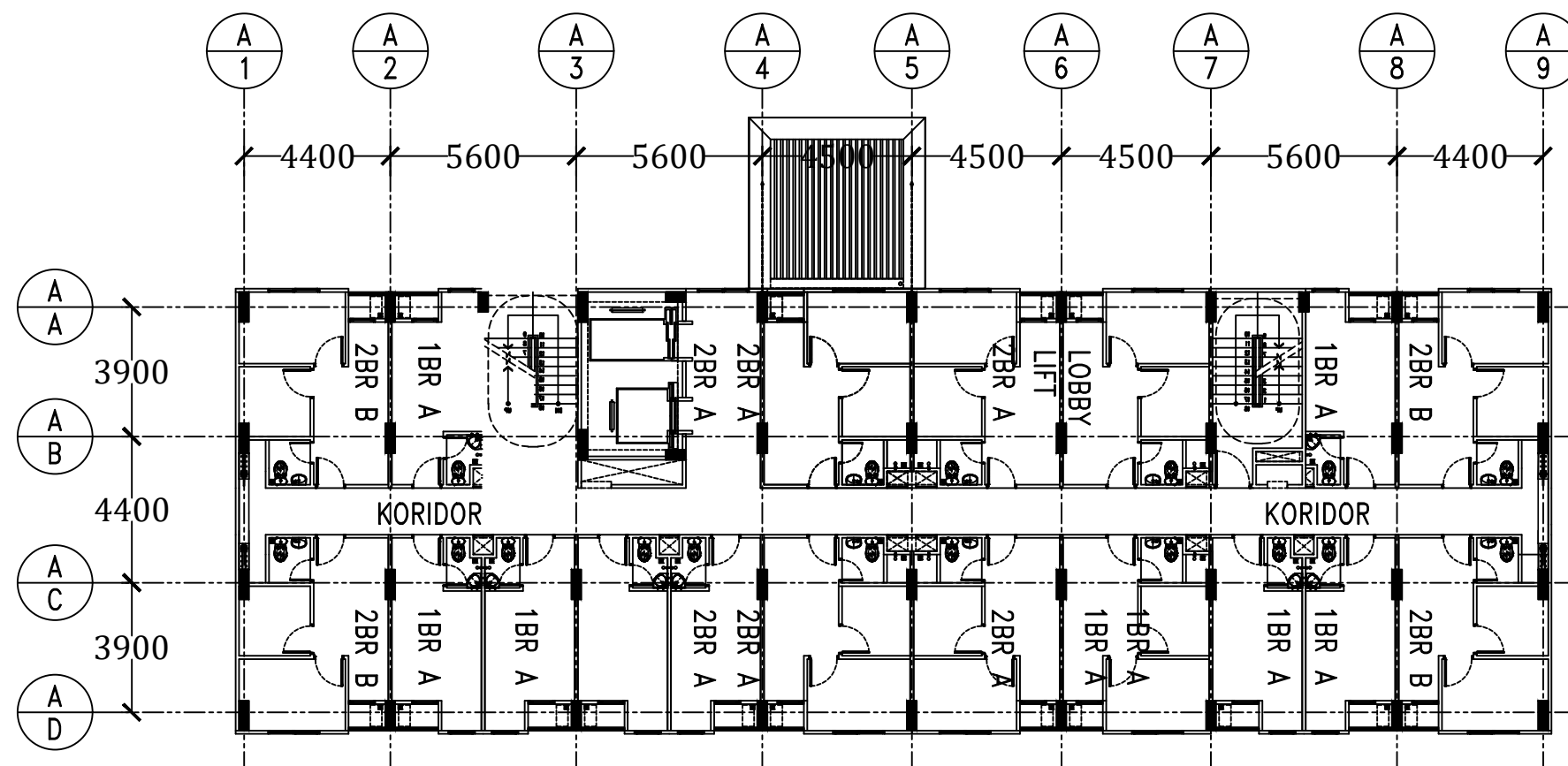
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI
 2-15 TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

AR 02	02	44
-------	----	----



 **DENAH LANTAI 2-15 TOWER A**
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

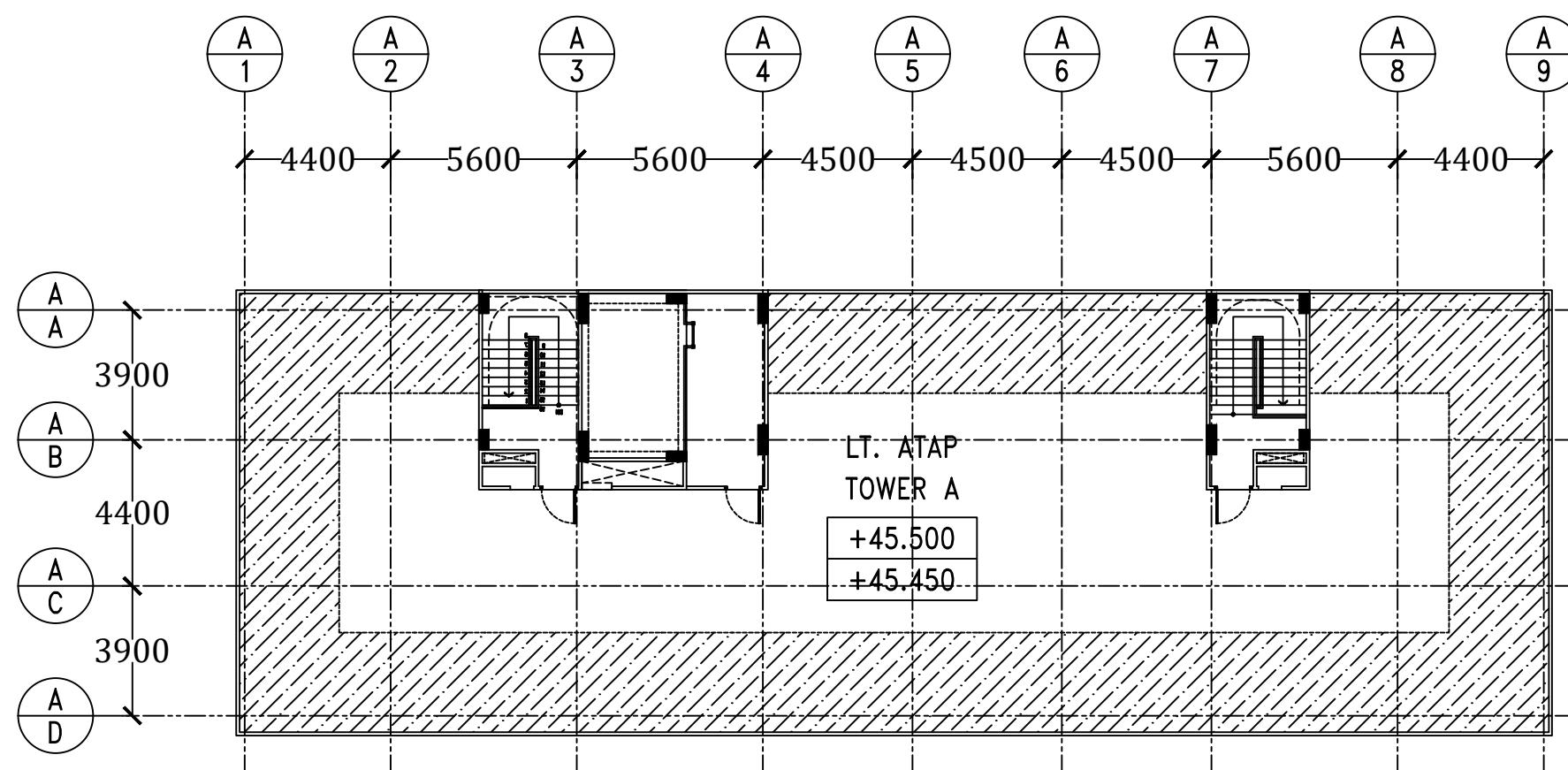
Fungsi Bangunan = Rumah Susun (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous Damper

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

AR 03	03	44
-------	----	----



 **DENAH LANTAI ATAP TOWER A**
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

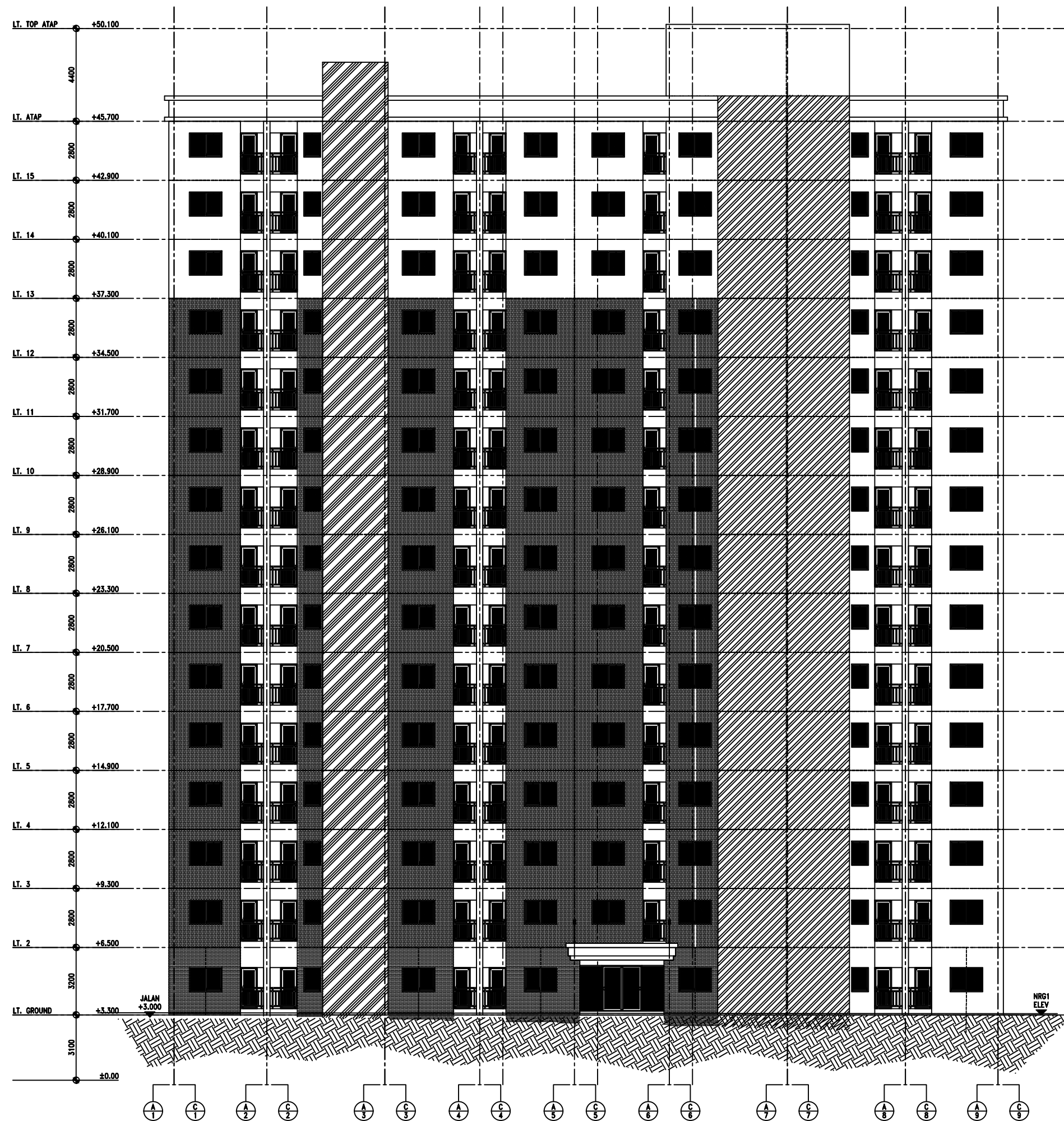
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR
 TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

AR 04	04	44
-------	----	----



TAMPAK TIMUR
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

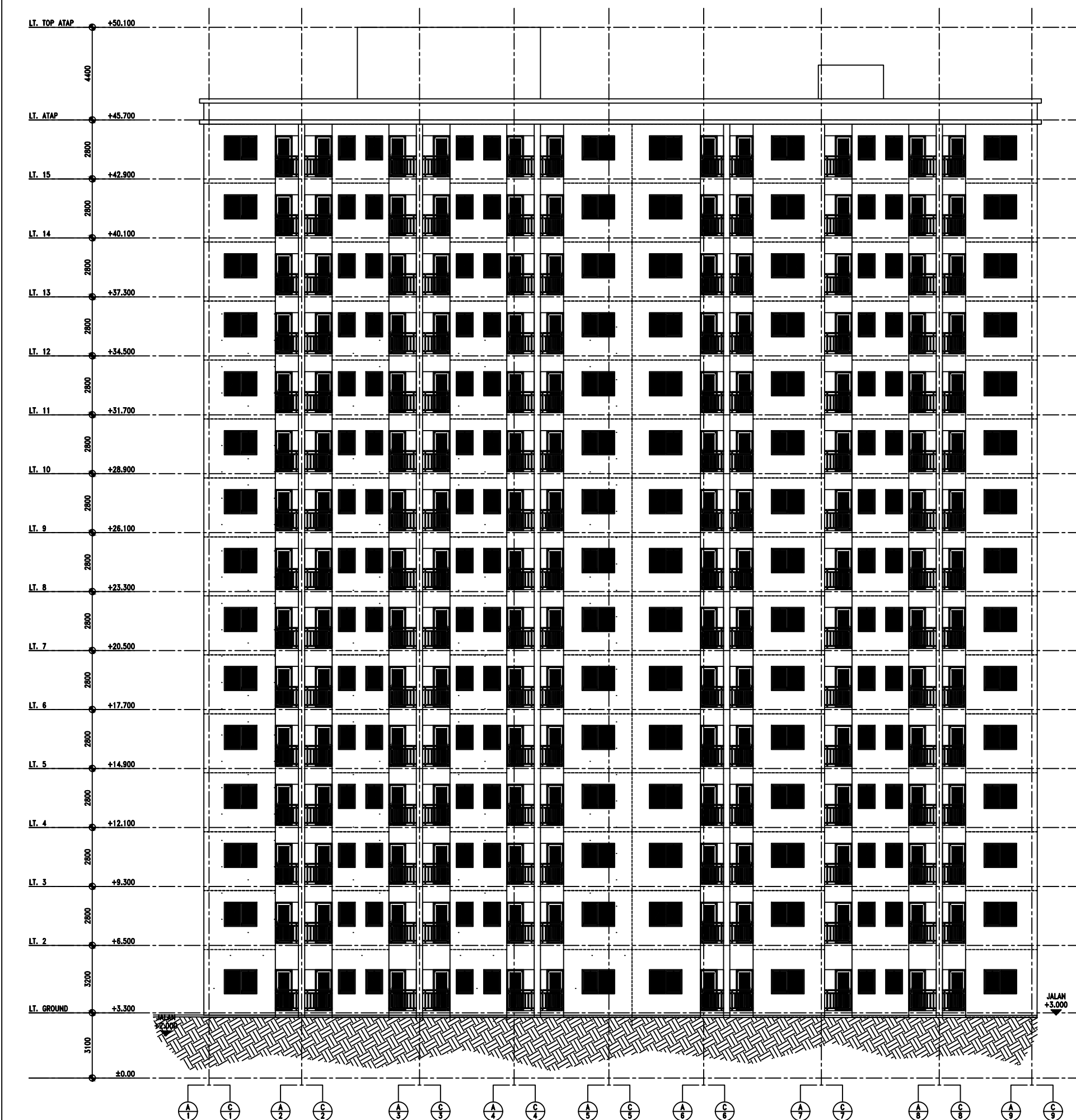
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT
 TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
AR 05	05	44



TAMPAK BARAT
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

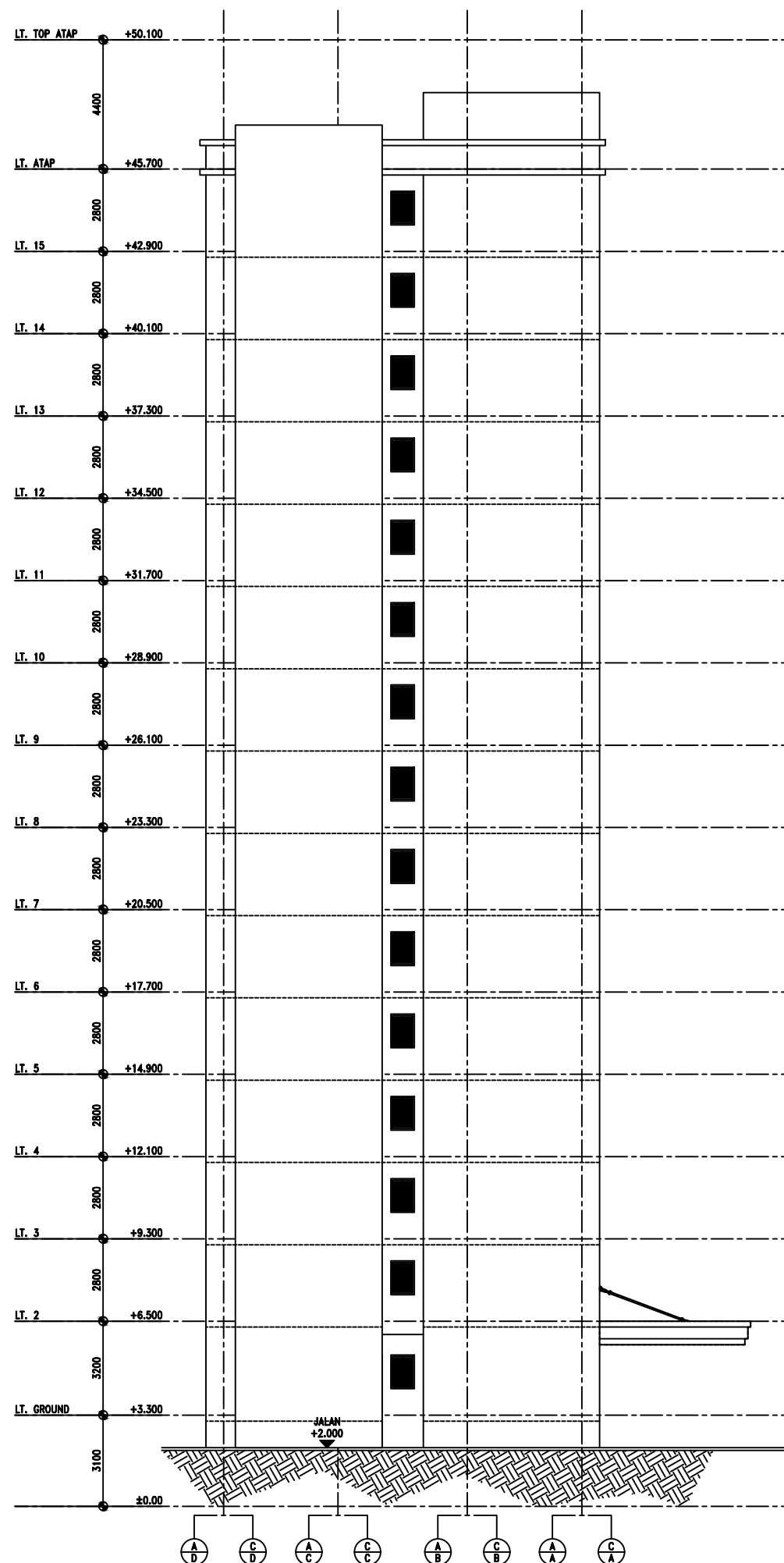
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA
 TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
AR 06	06	44





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

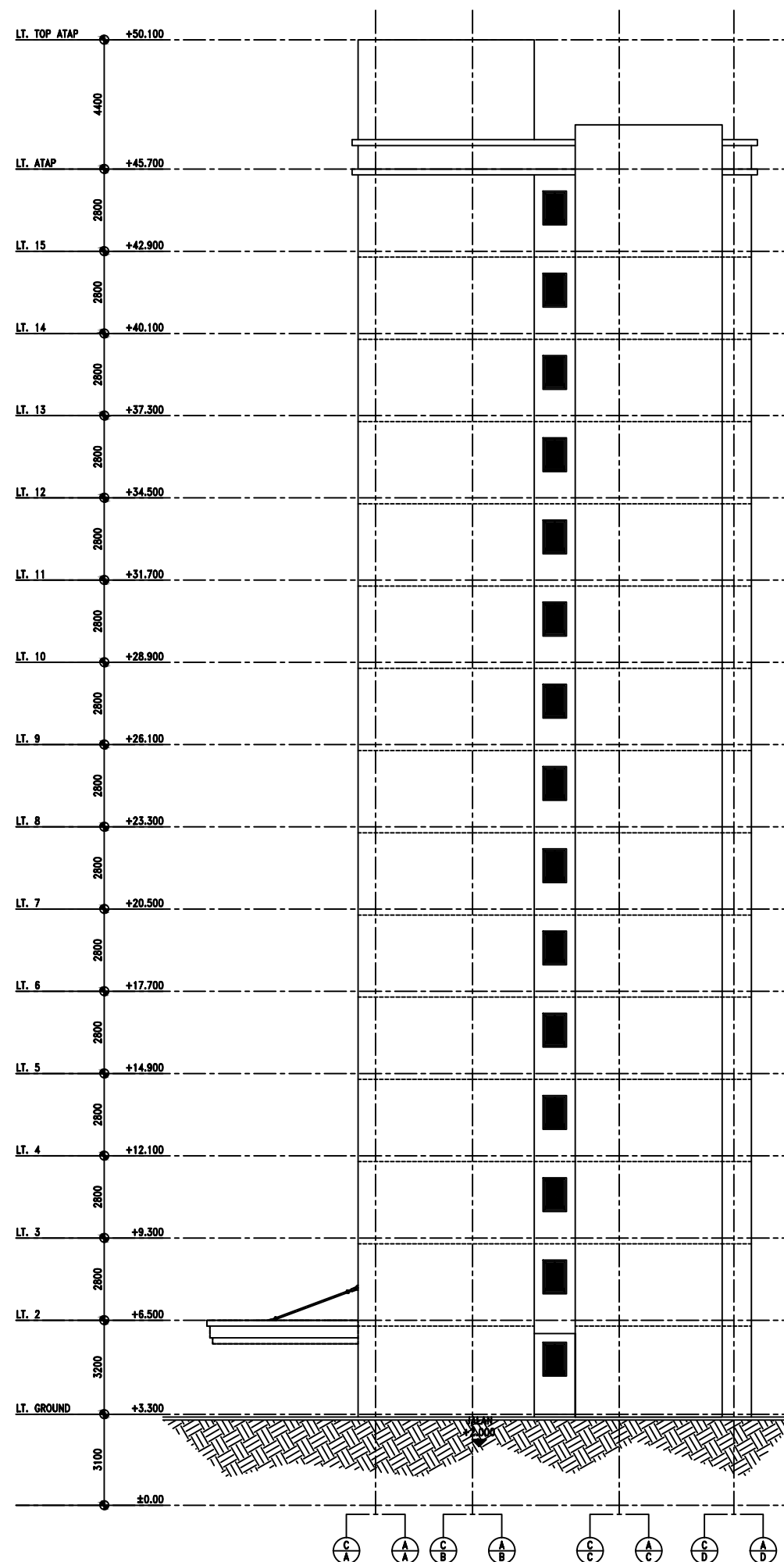
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN
 TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

AR 07	07	44
-------	----	----



TAMPAK SELATAN
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCIOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

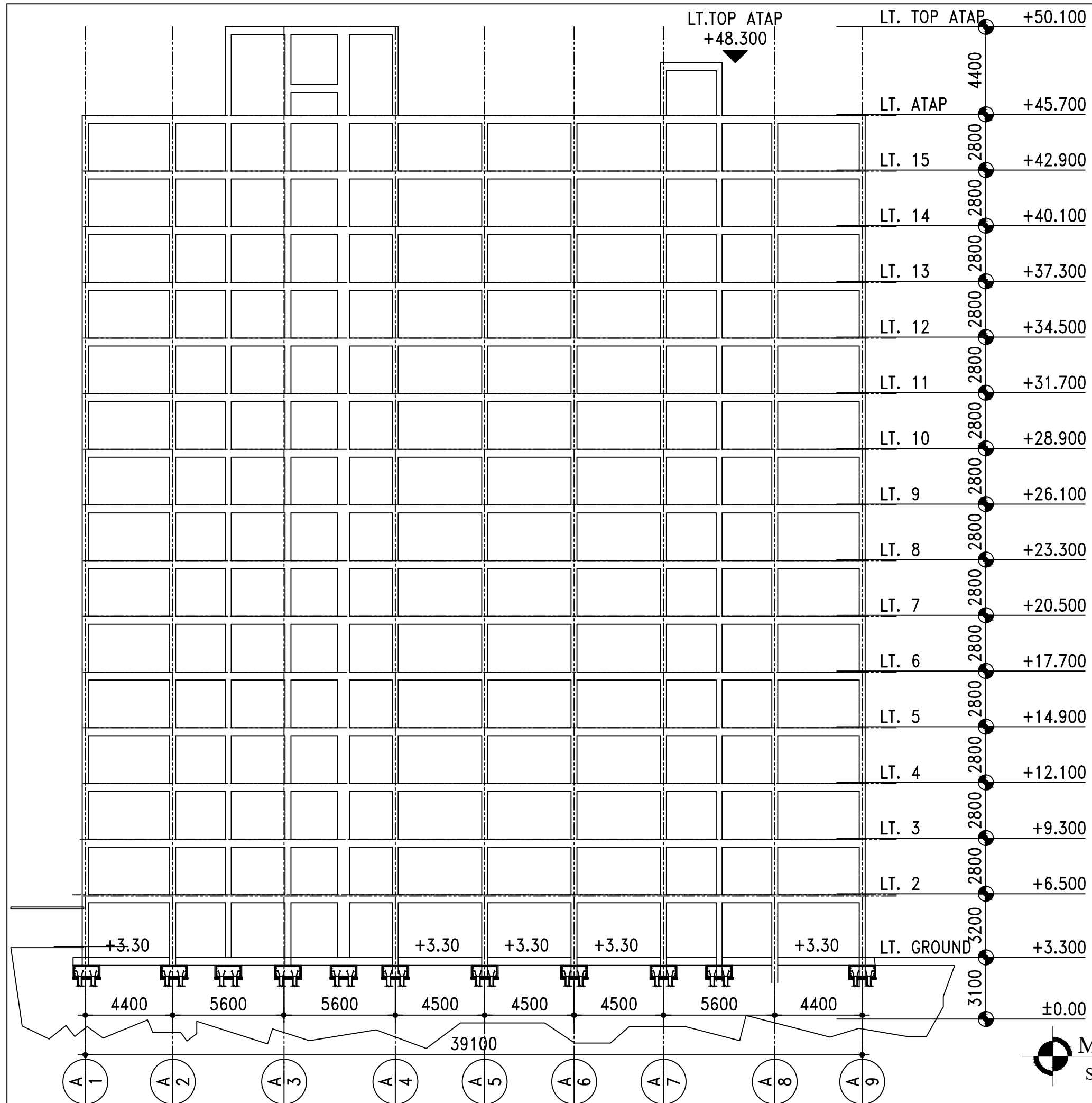
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

POTONGAN
MEMANJANG
TOWER A

KODE	NO GBR	JML GBR
AR 08	08	44





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

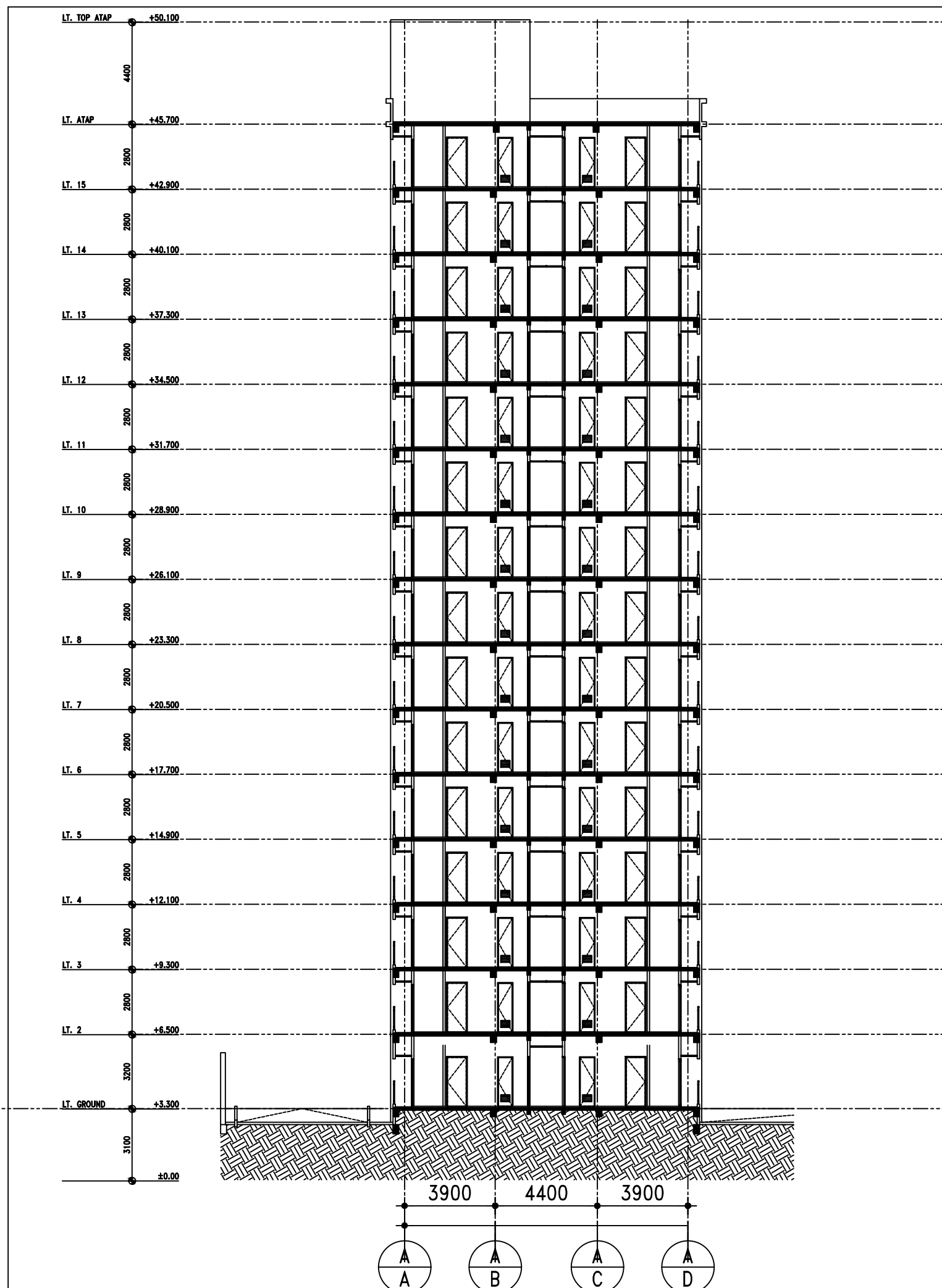
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

POTONGAN
 MELINTANG TOWER
 A

KODE	NO GBR	JML GBR
AR 09	09	44



 **POTONGAN MELINTANG**
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCIOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

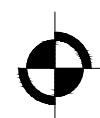
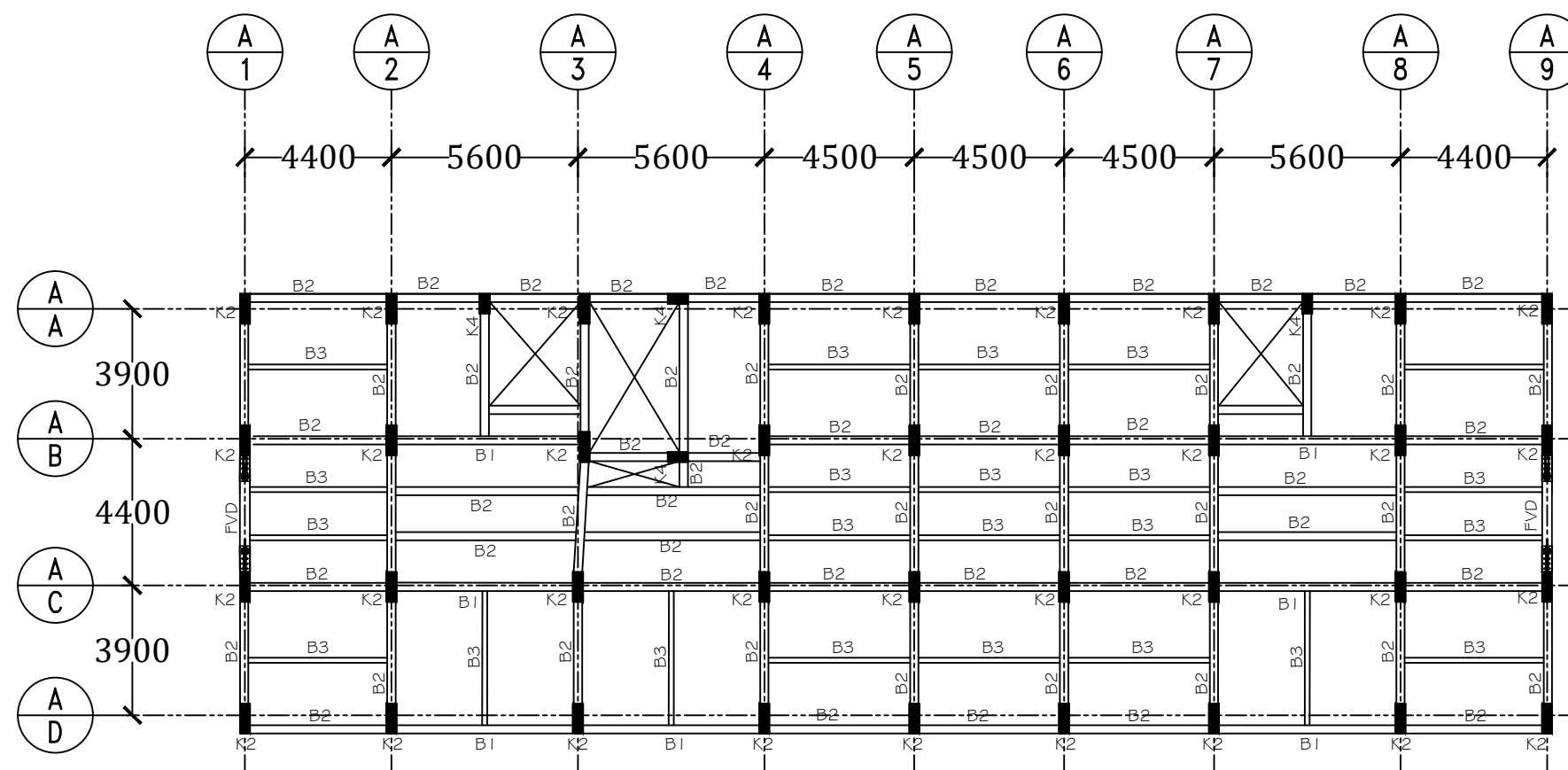
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

**DENAH
PEMABALOKAN
DAN KOLOM LT.1-7**

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 01	10	44
-------	----	----



DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM LT. 1-7

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

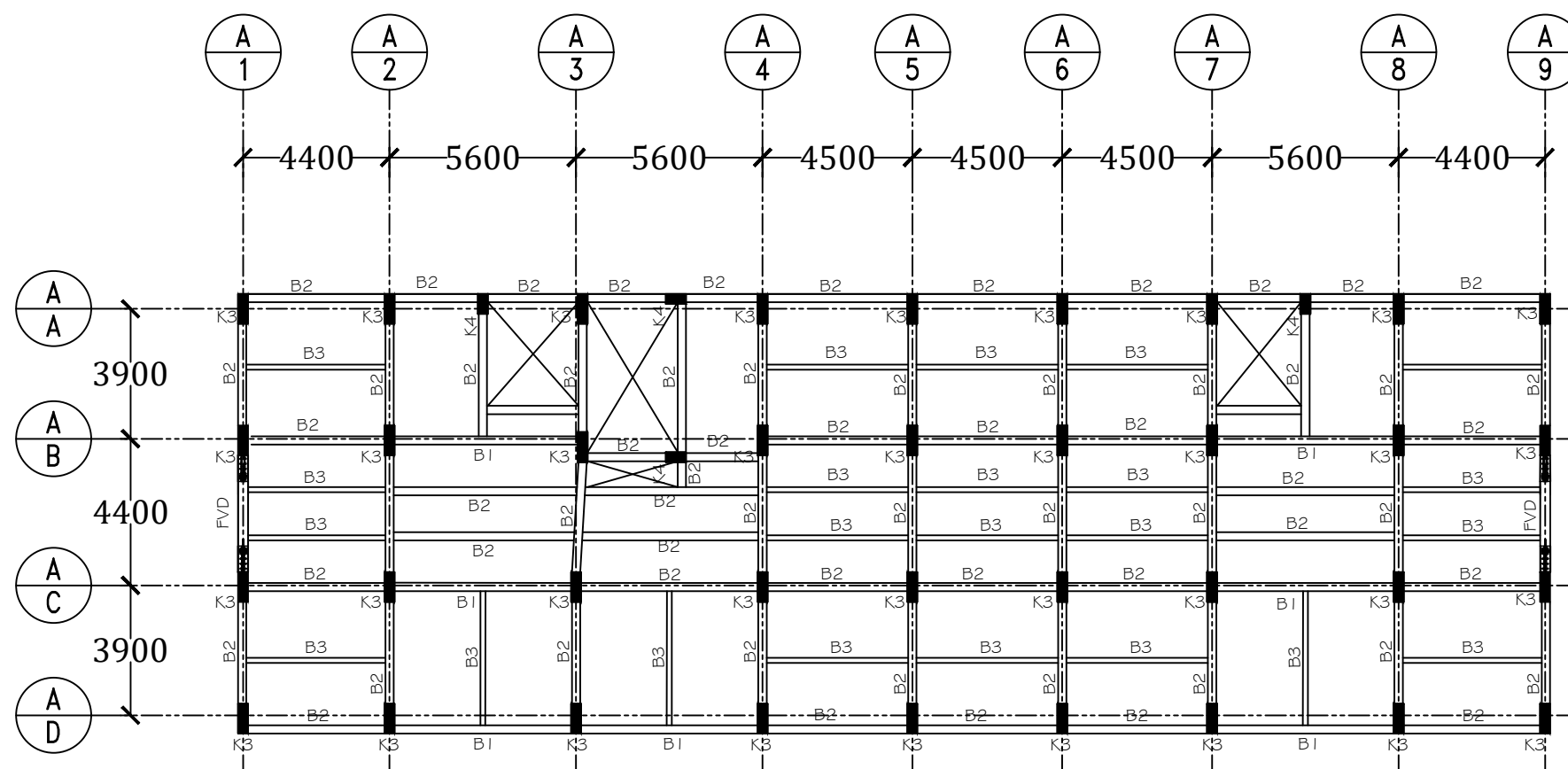
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

**DENAH
 PEMABALOKAN
 DAN KOLOM LT.8-15**

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 02	11	44
-------	----	----



DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM LT. 8-15

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

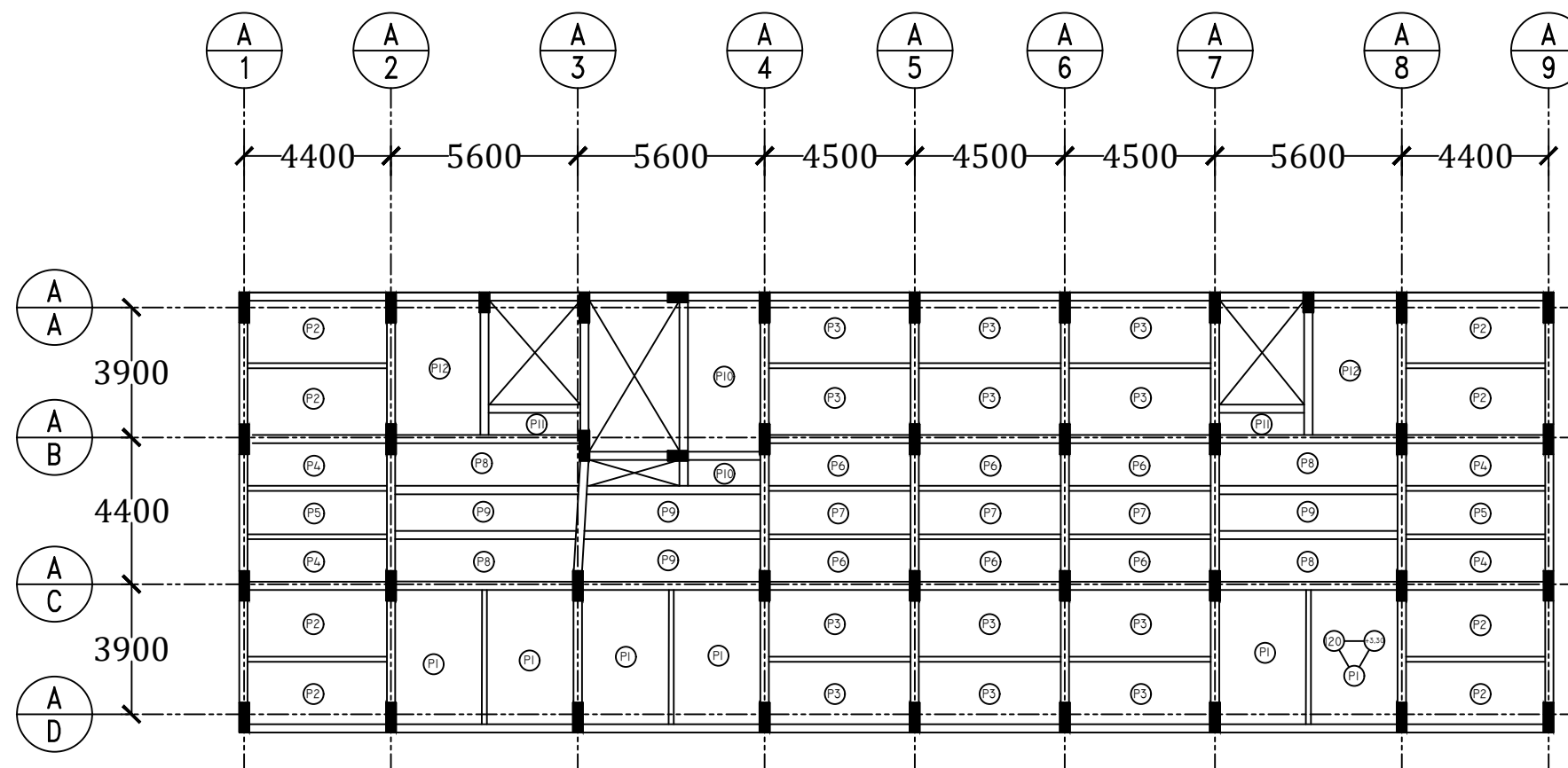
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

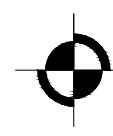
NAMA GAMBAR

DENAH PELAT

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 03	12	44
-------	----	----



 **DENAH PELAT**
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCIOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

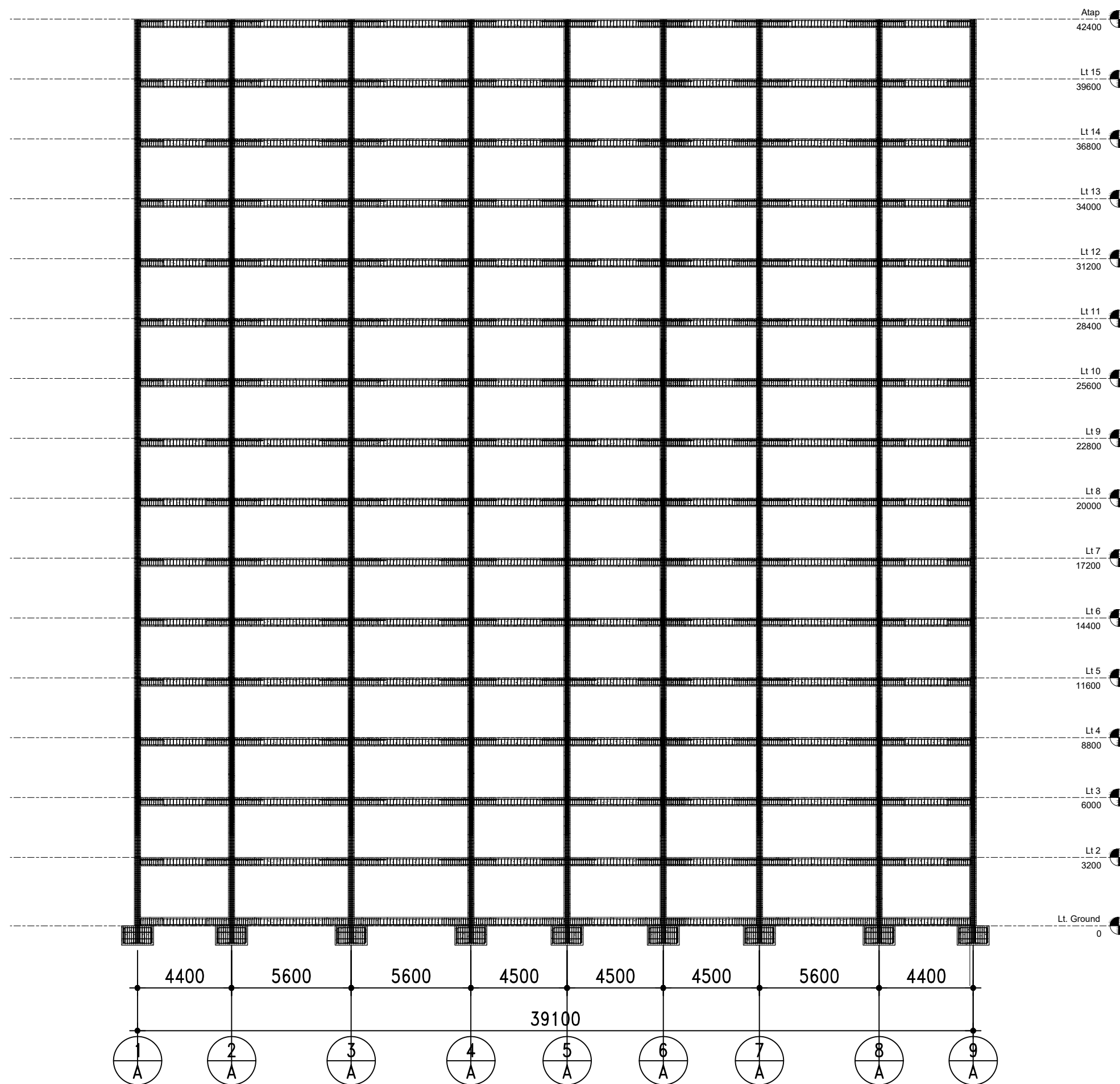
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

**POTONGAN
PORTAL
MEMANJANG**

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 04	13	44
-------	----	----



POTONGAN PORTAL MEMANJANG
SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

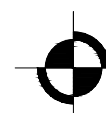
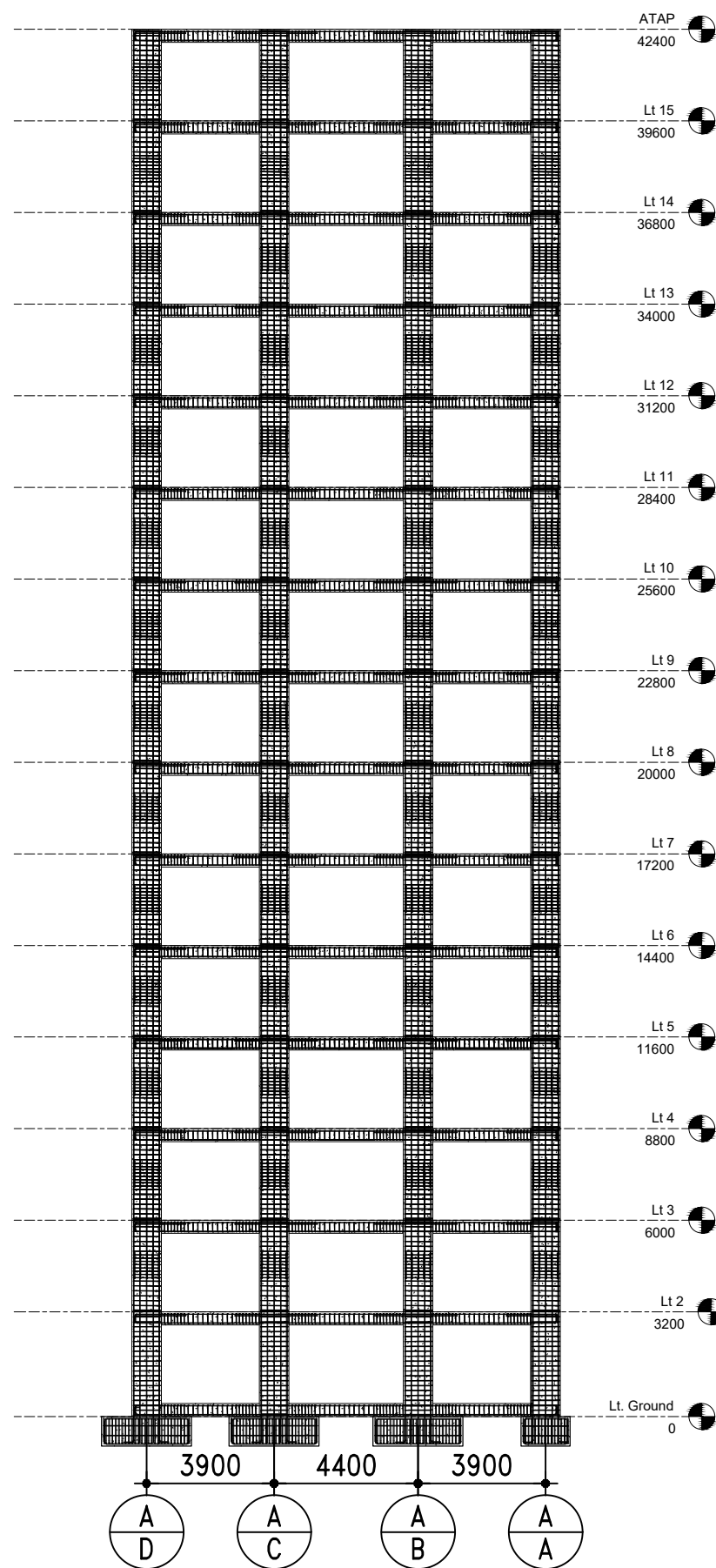
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

POTONGAN
 PORTAL
 MELINTANG

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 05	14	31



POTONGAN PORTAL MELINTANG

SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCIOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

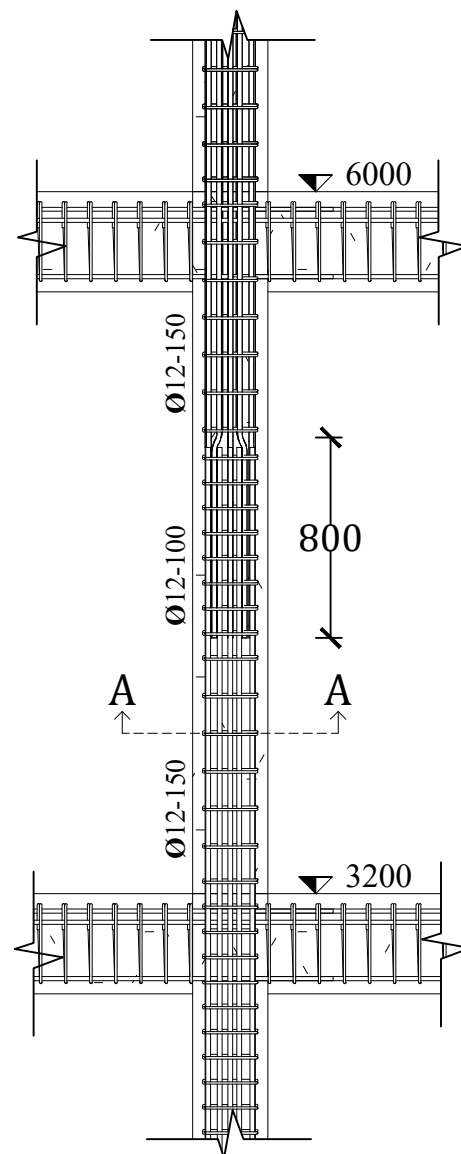
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

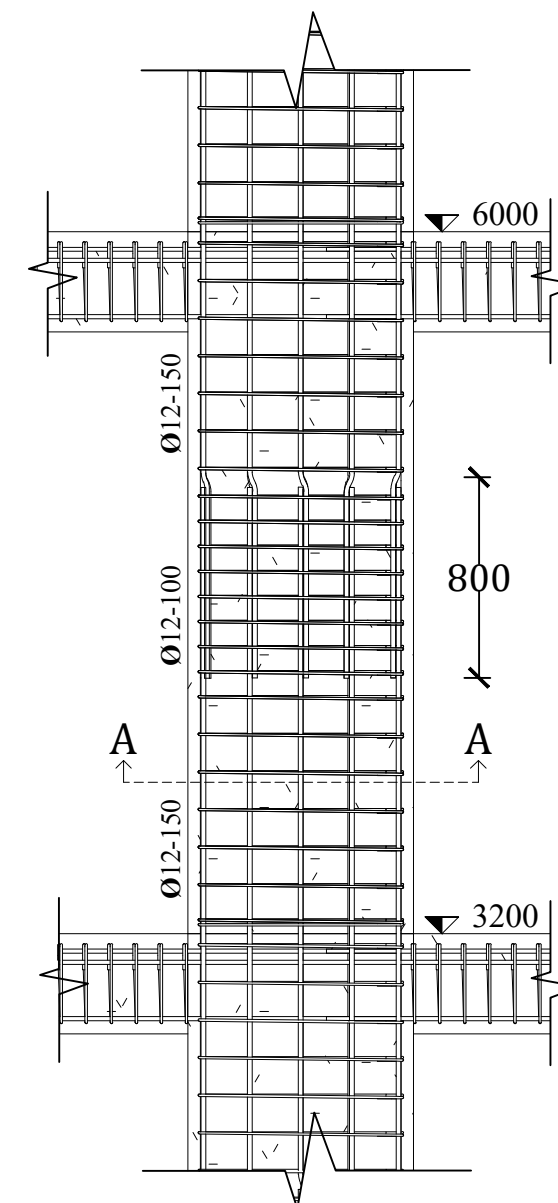
DETAIL
PENULANGAN
KOLOM 2

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

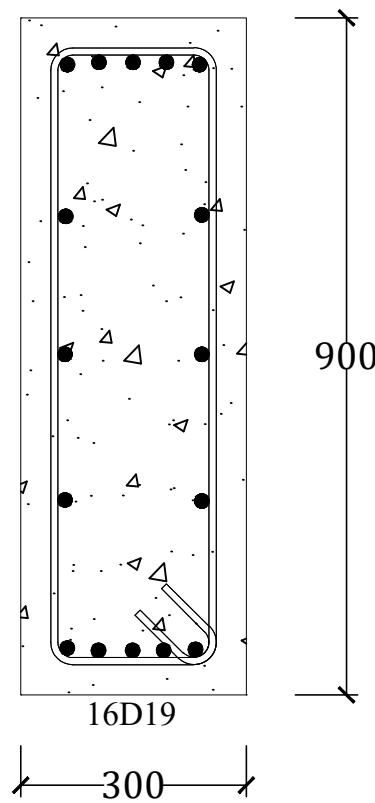
ST 06	15	44
-------	----	----



 **PENULANGAN ARAH X KOLOM 2**
SKALA 1:30



 **PENULANGAN ARAH Y KOLOM 2**
SKALA 1:30



 **POTONGAN A-A**
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

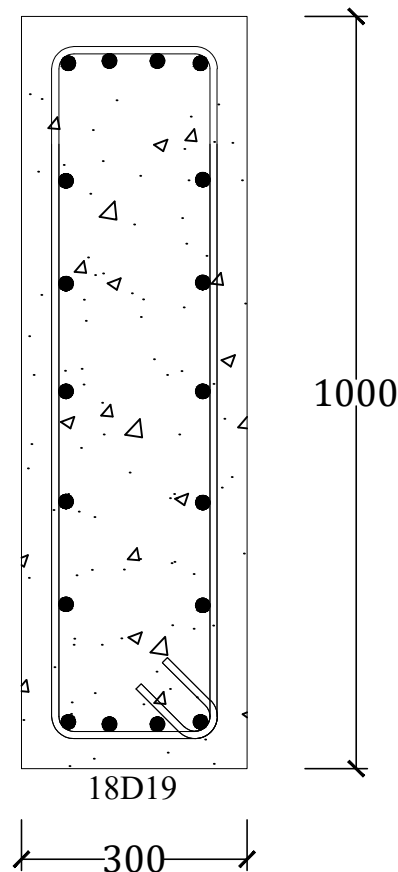
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

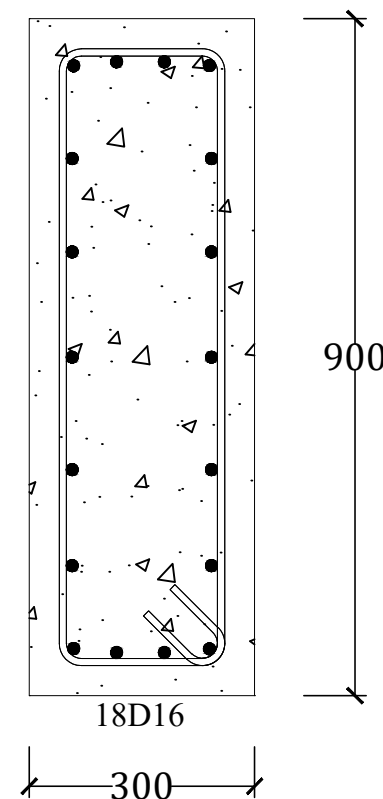
DETAIL
 PENULANGAN
 KOLOM 1,3,4

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 07	16	44



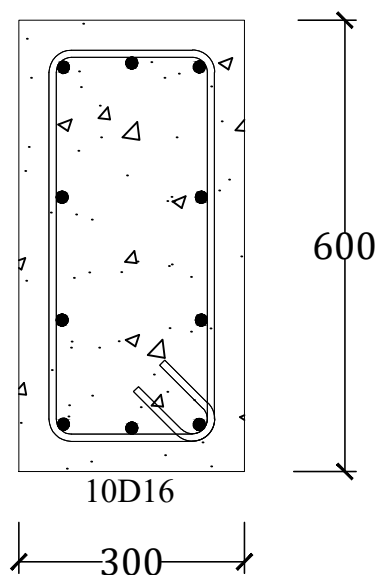
POTONGAN MELINTANG KOLOM 1

SKALA 1:10



POTONGAN MELINTANG KOLOM 3

SKALA 1:10



POTONGAN MELINTANG KOLOM 4

SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

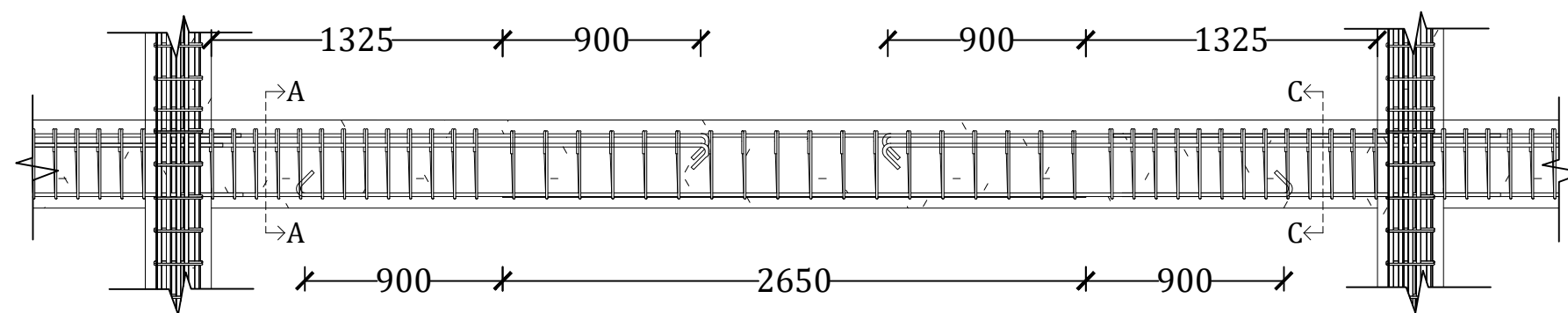
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

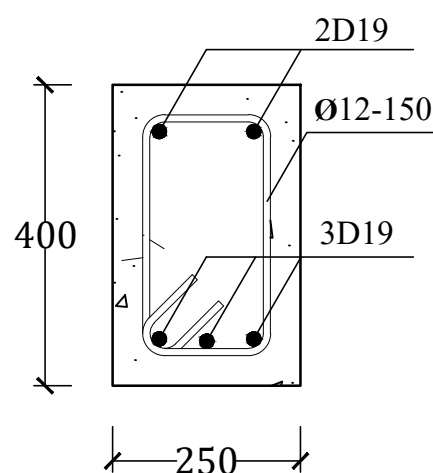
NAMA GAMBAR

**DETAIL
 PENULANGAN
 BALOK 2**

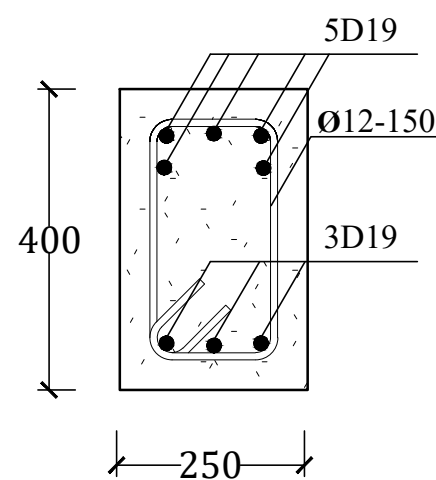
KODE	NO GBR	JML GBR
ST 08	17	44



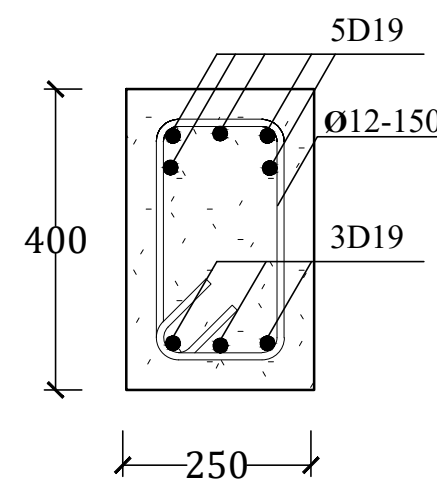
POTONGAN MEMANJANG BALOK 2
 SKALA 1:30



POTONGAN B-B
 SKALA 1:10



POTONGAN A-A
 SKALA 1:10



POTONGAN C-C
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

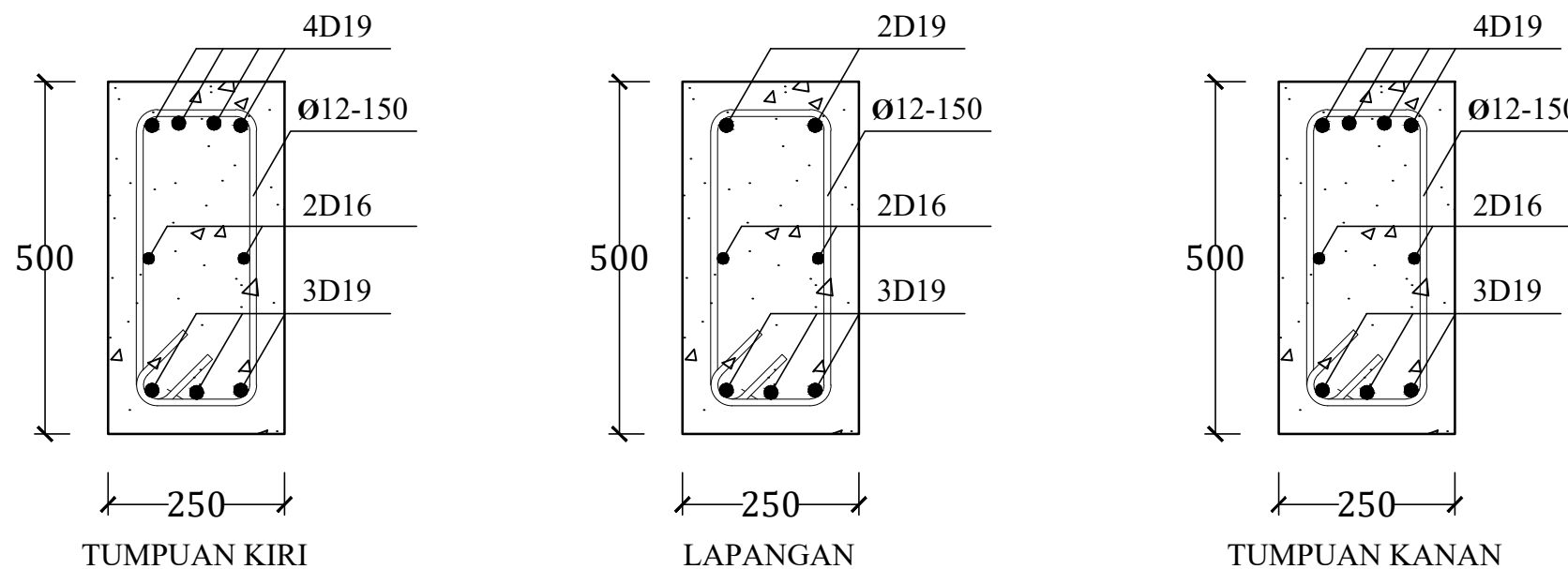
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

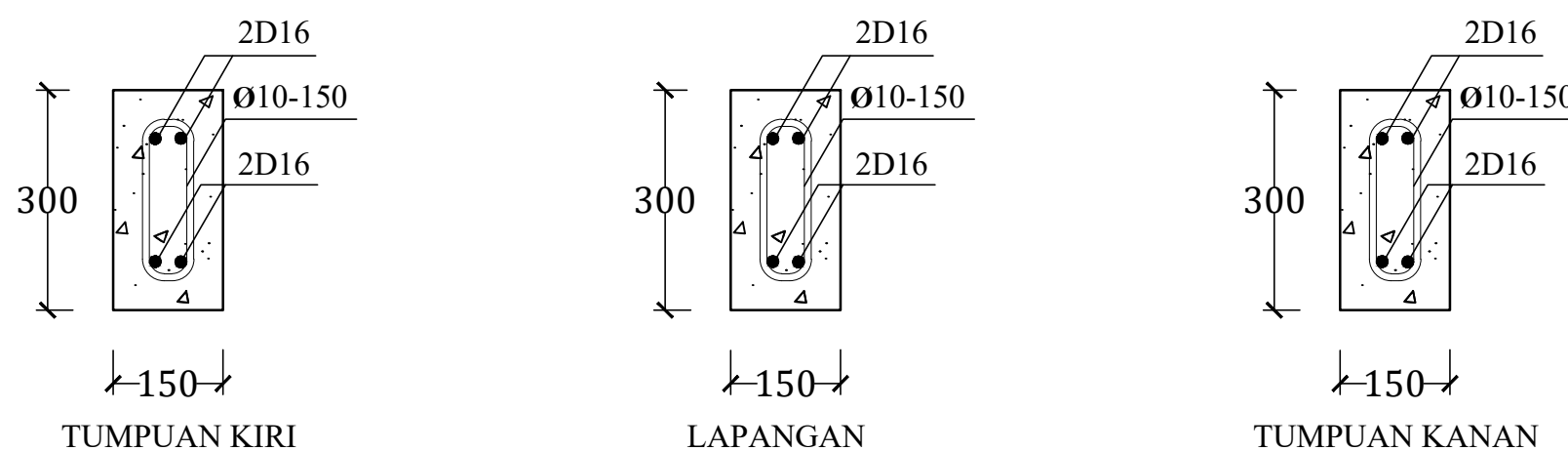
DETAIL
 PENULANGAN
 BALOK 1 DAN 3

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 09	18	44
-------	----	----



DETAIL PENULANGAN BALOK 1
 SKALA 1:10



DETAIL PENULANGAN BALOK 3
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

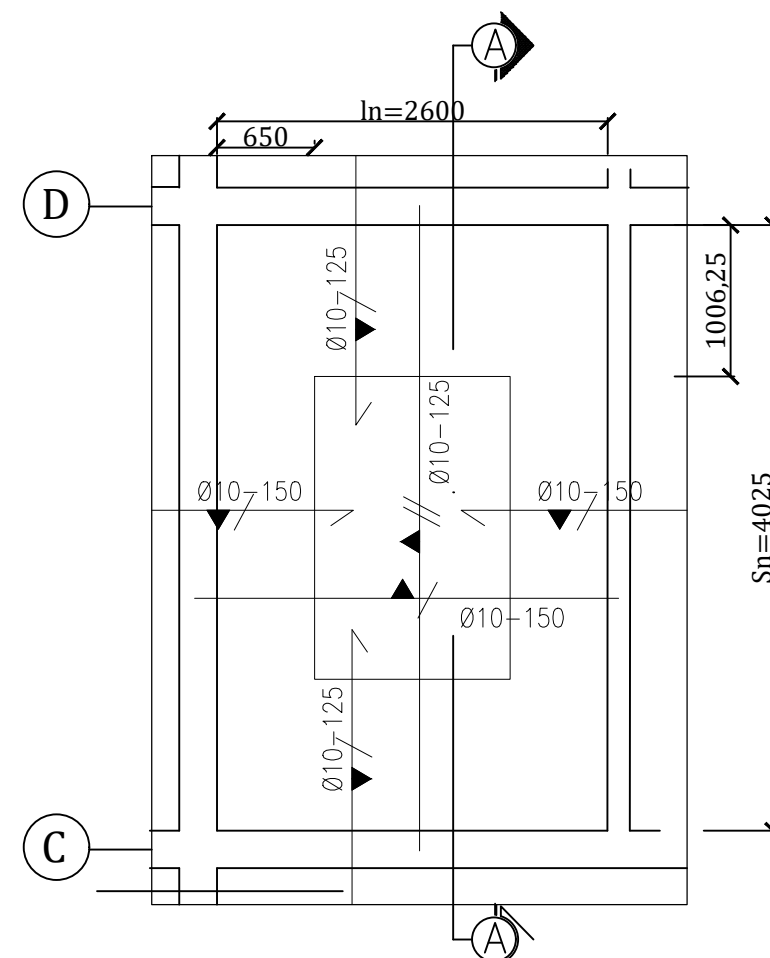
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

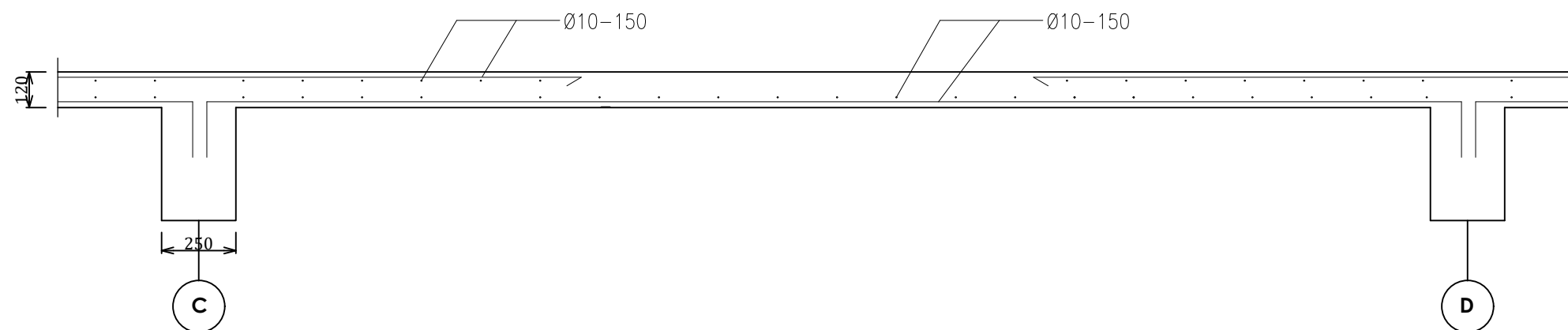
NAMA GAMBAR

PENULANGAN
 PELAT P1

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 10	19	44



PENULANGAN PELAT P1
 SKALA 1:50



POTONGAN A-A
 SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

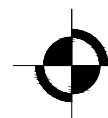
KETERANGAN

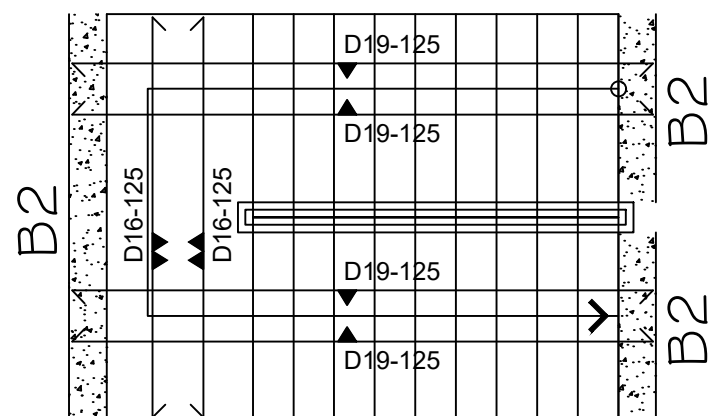
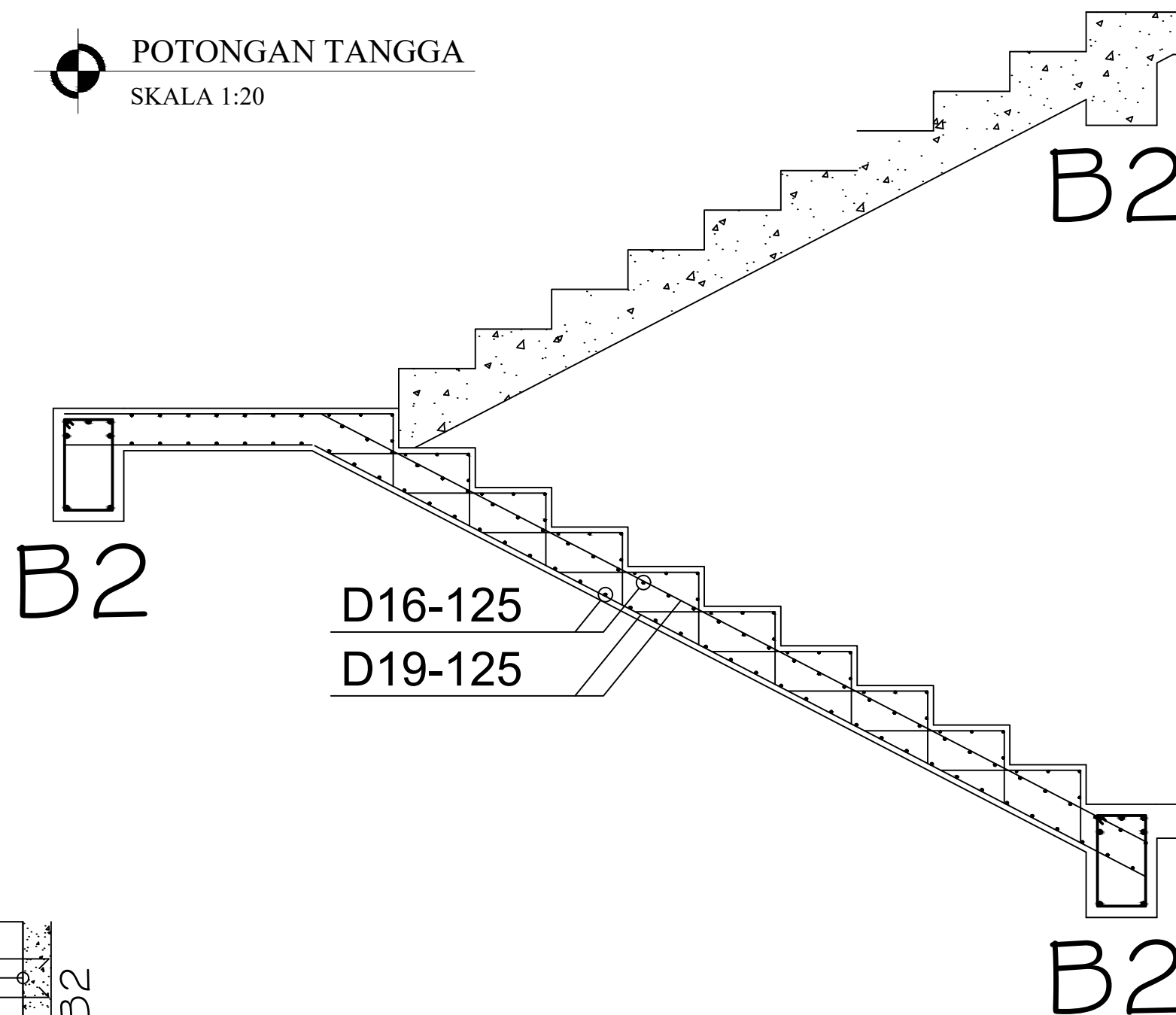
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

PENULANGAN
 TANGGA

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 11	20	44

 **POTONGAN TANGGA**
 SKALA 1:20



 **DENAH PENULANGAN TANGGA**
 SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

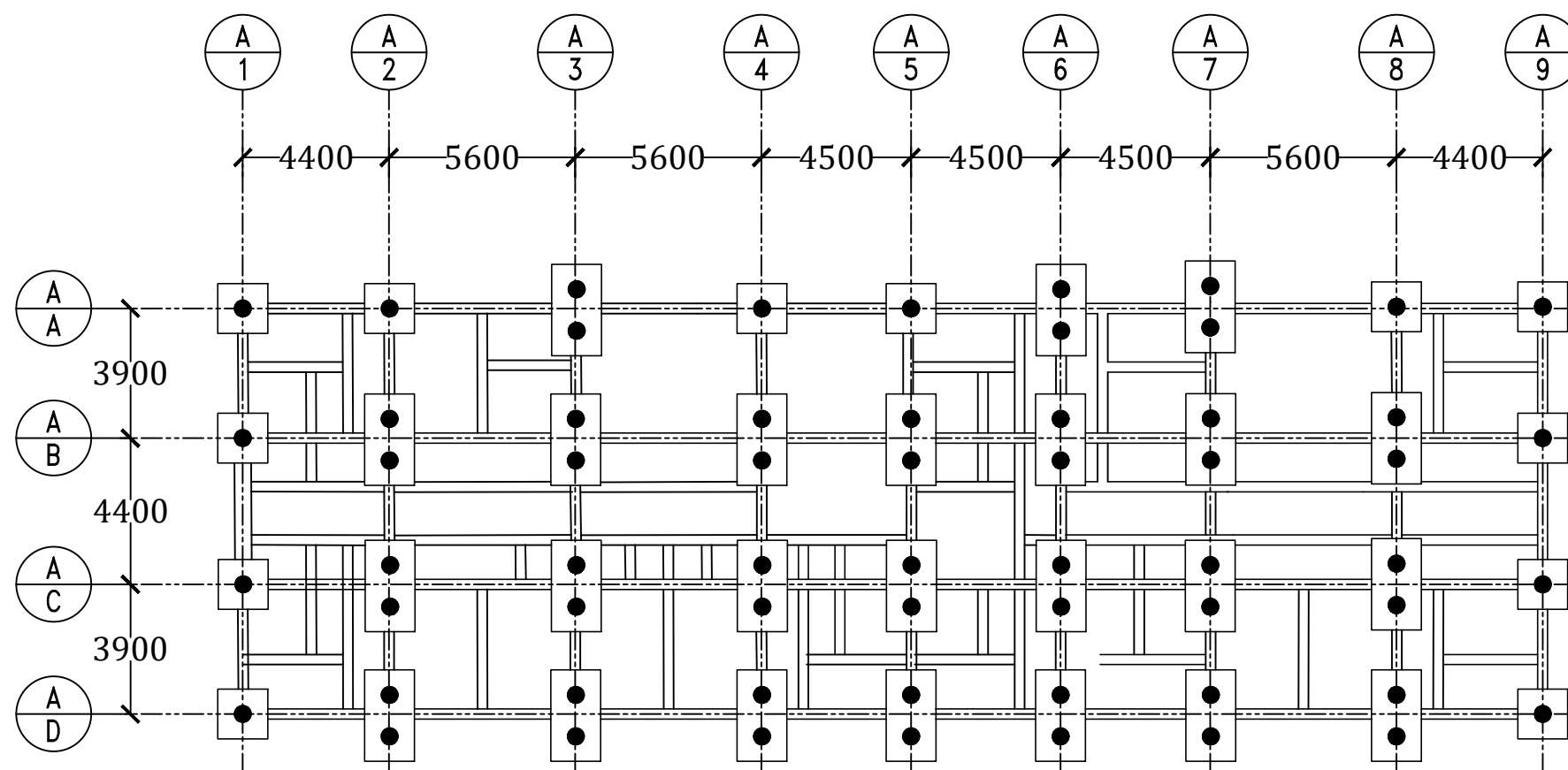
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DENAH SLOOF DAN
 PONDASI

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 12	21	44
-------	----	----



 **DENAH SLOOF DAN PONDASI**
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

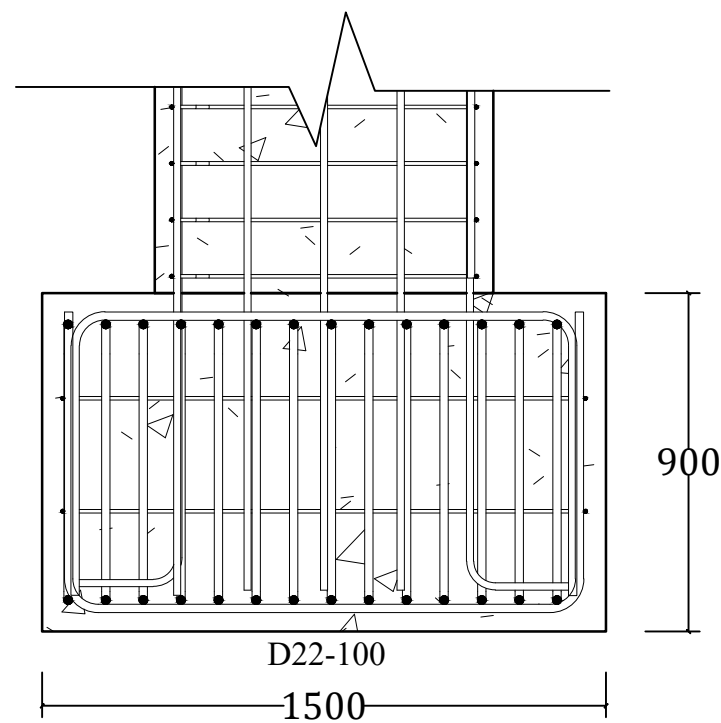
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

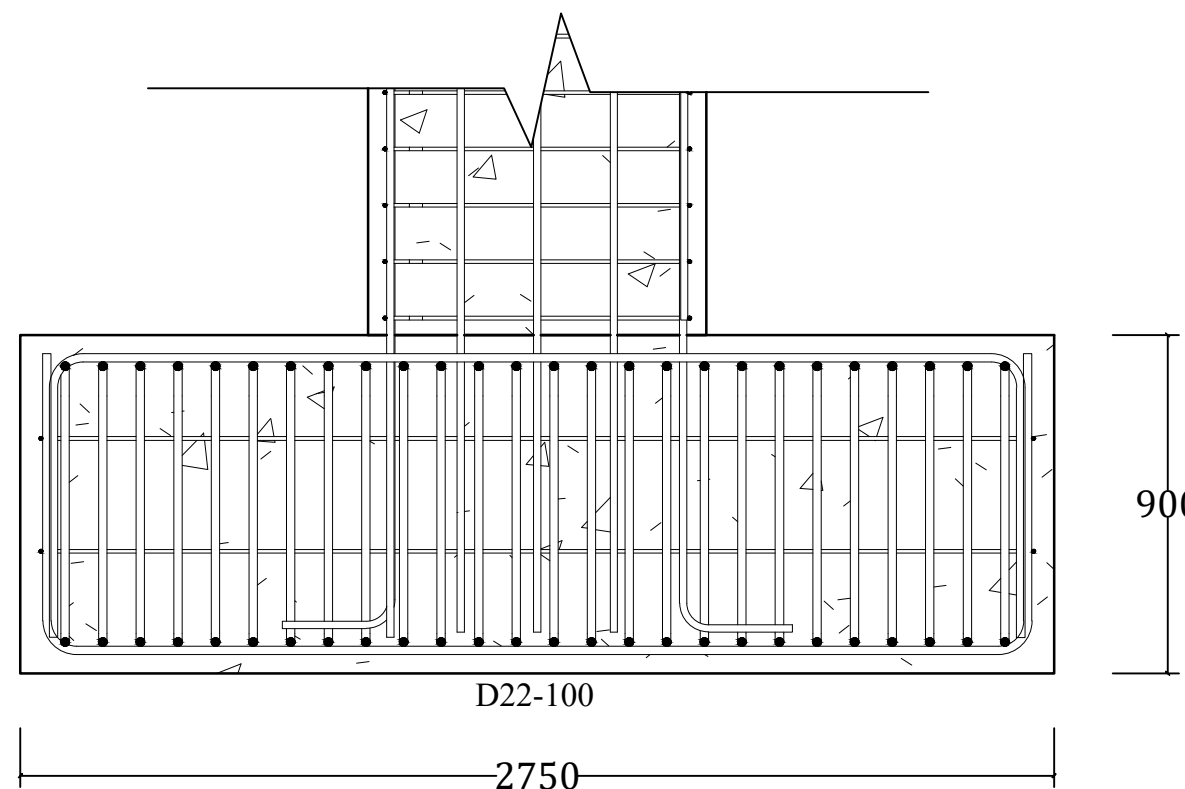
NAMA GAMBAR

DETAIL PILECAP

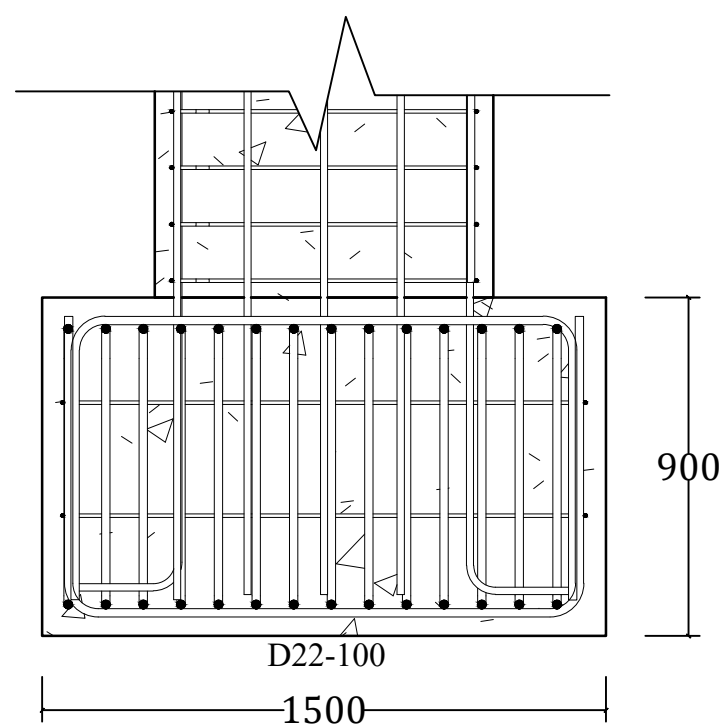
KODE	NO GBR	JML GBR
ST 13	22	44



PENULANGAN ARAH X PILECAP P1
 SKALA 1:20



PENULANGAN ARAH Y PILECAP P1
 SKALA 1:20



PENULANGAN PILECAP P2
 SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

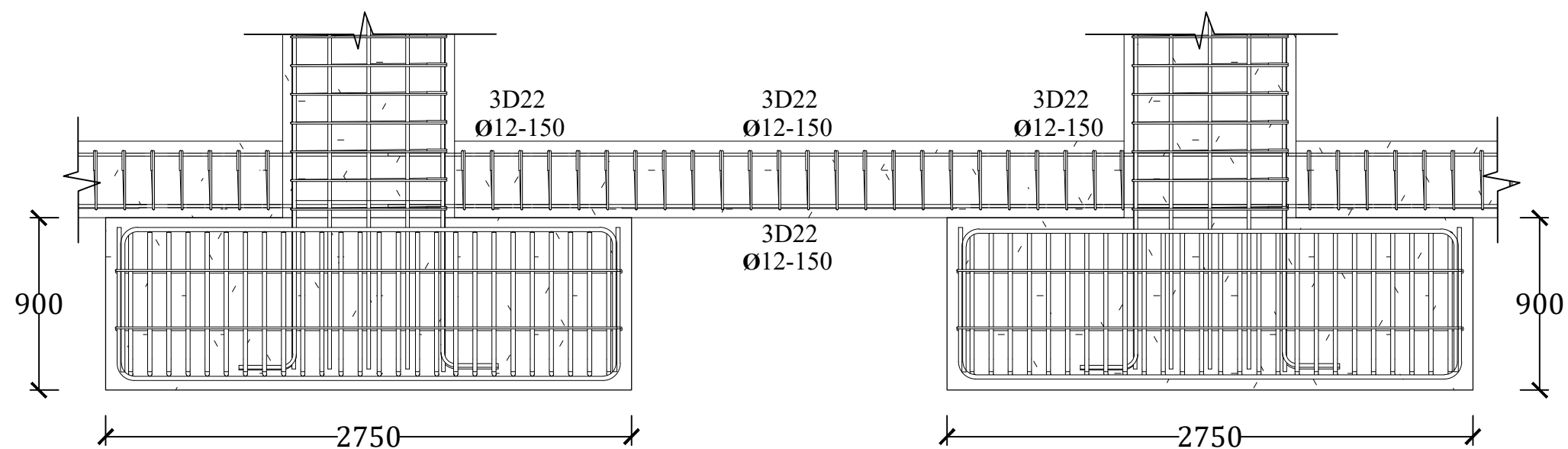
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

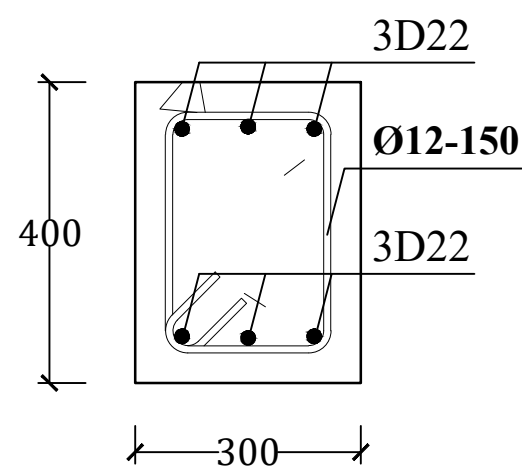
DETAIL SLOOF

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

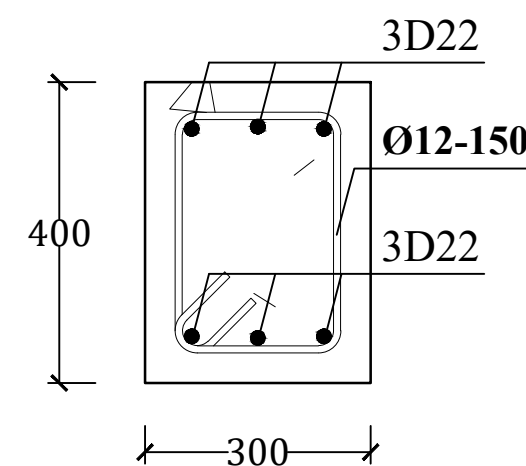
ST 14	23	44
-------	----	----



POTONGAN MEMANJANG SLOOF
 SKALA 1:30



DETAIL TULANGAN TUMPUAN SLOOF
 SKALA 1:10



DETAIL TULANGAN LAPANGAN SLOOF
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

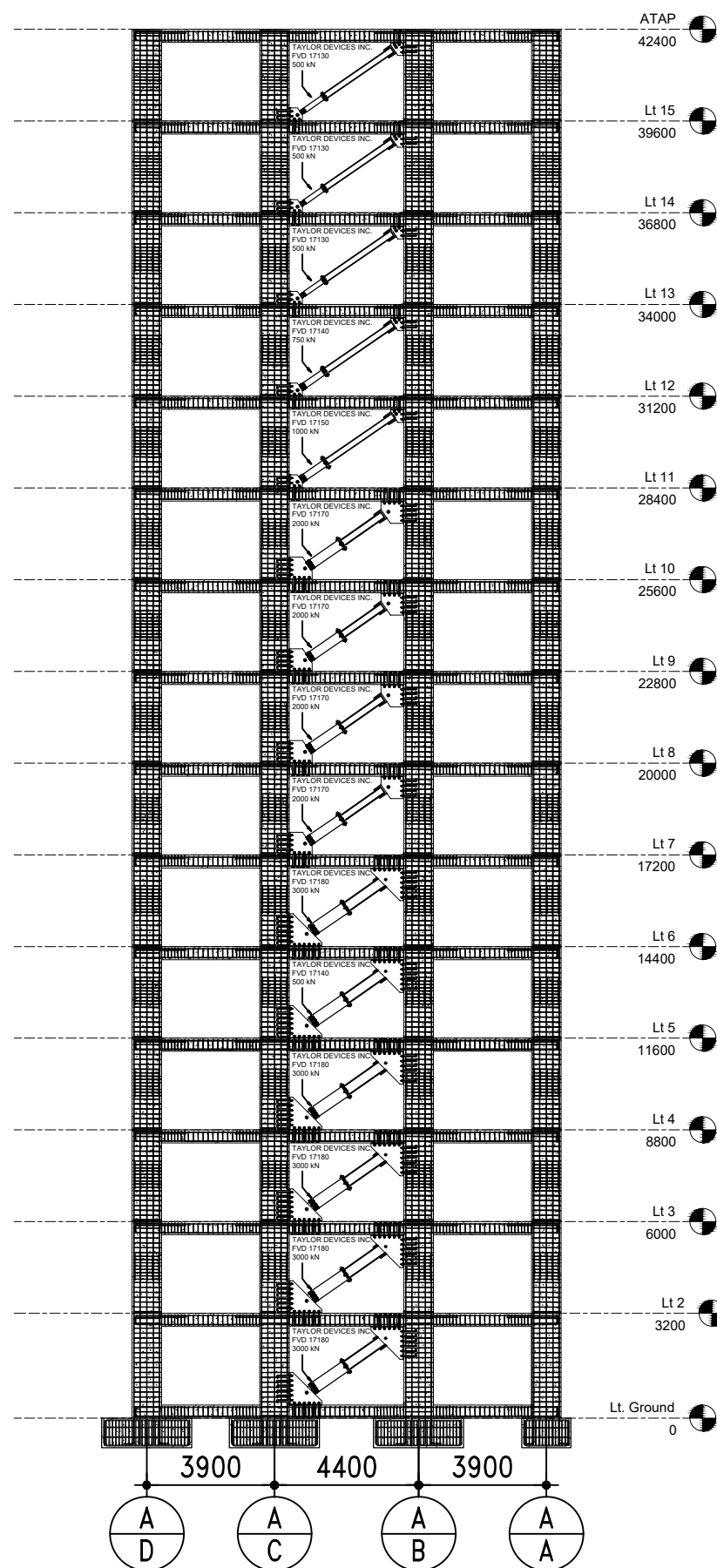
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

PORTAL LETAK FVD

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 15	24	44
-------	----	----



PORTAL AS 1 DAN 9 LETAK FVD
SKALA 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

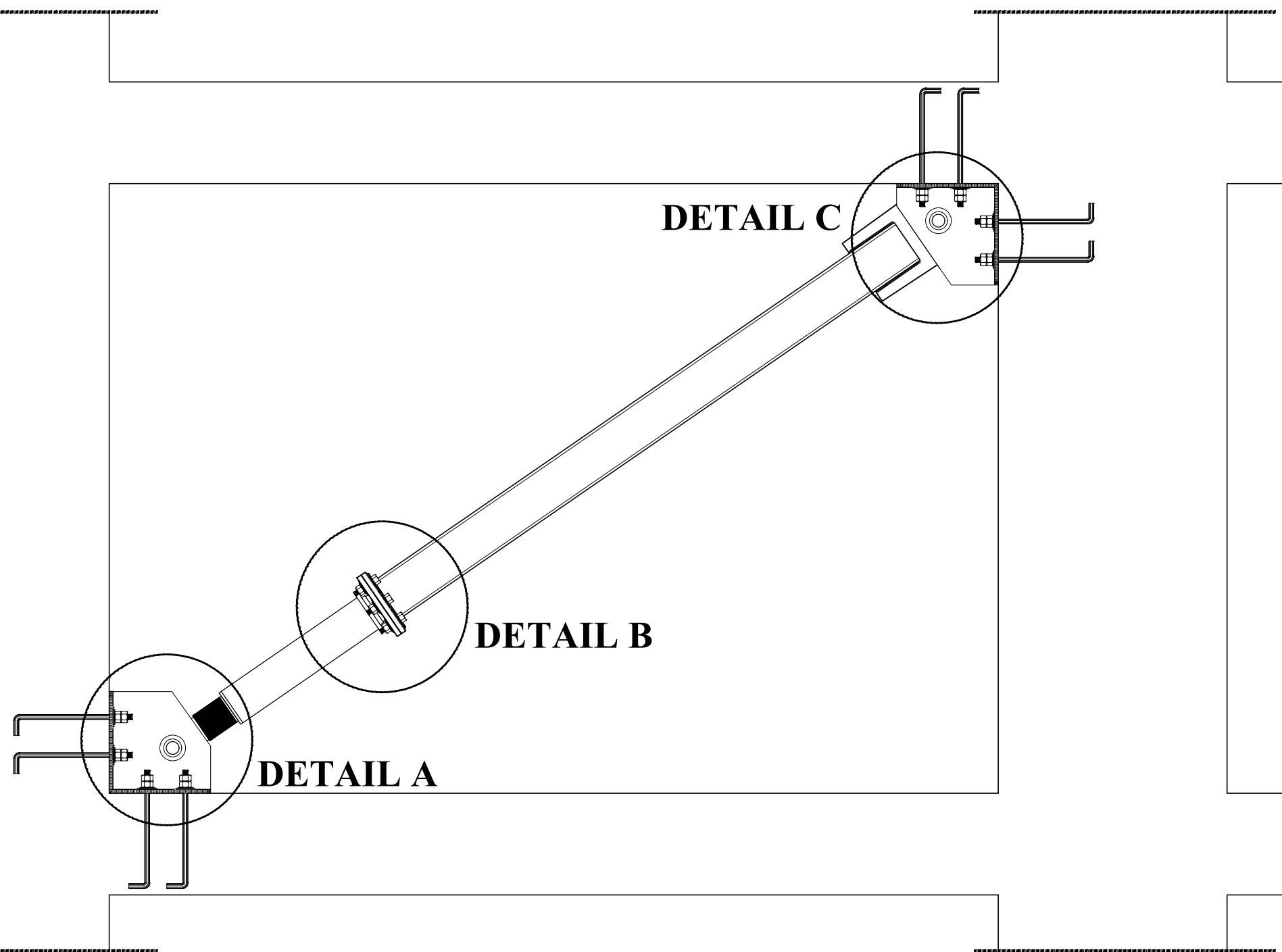
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN
FVD 500 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 16	25	44



 **PEMASANGAN FVD 500 kN LANTAI 13-15**
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

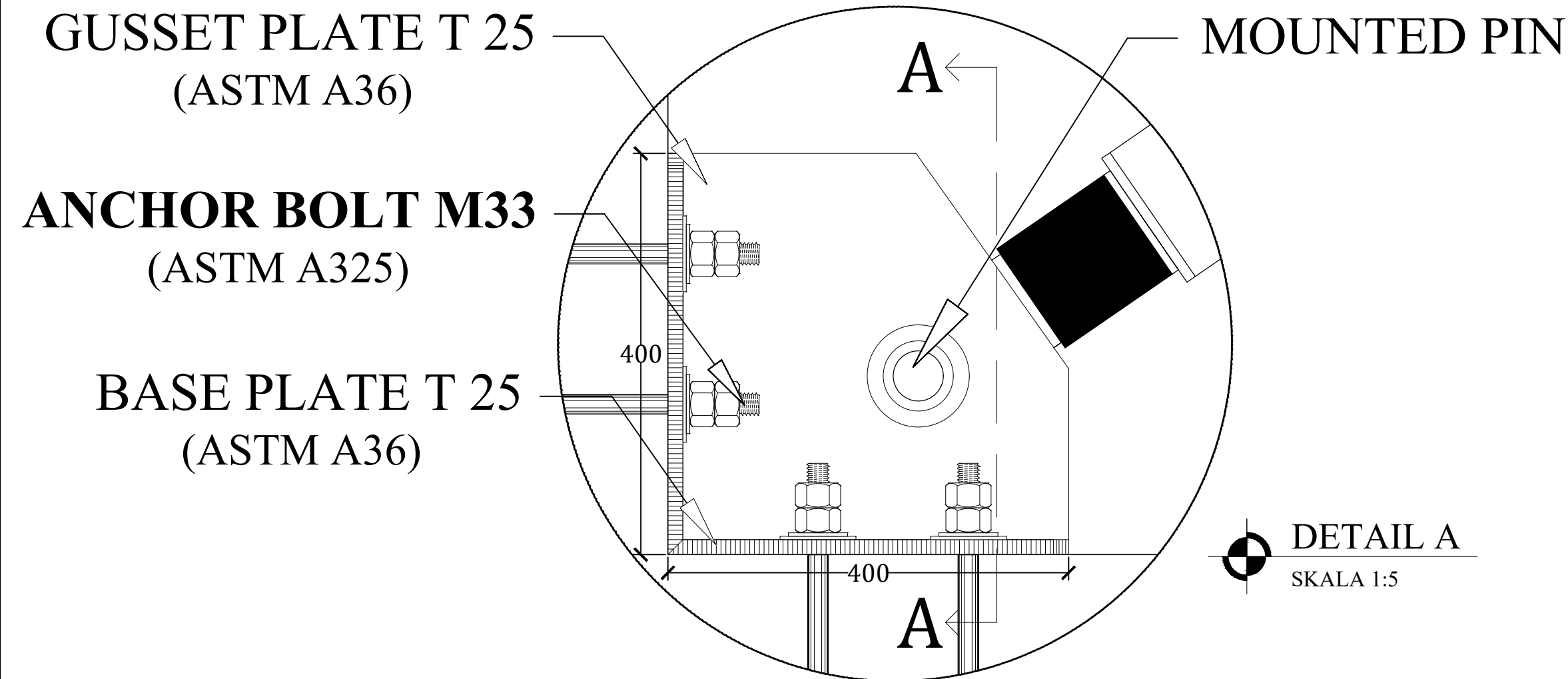
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL A
PEMASANGAN
FVD 500 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

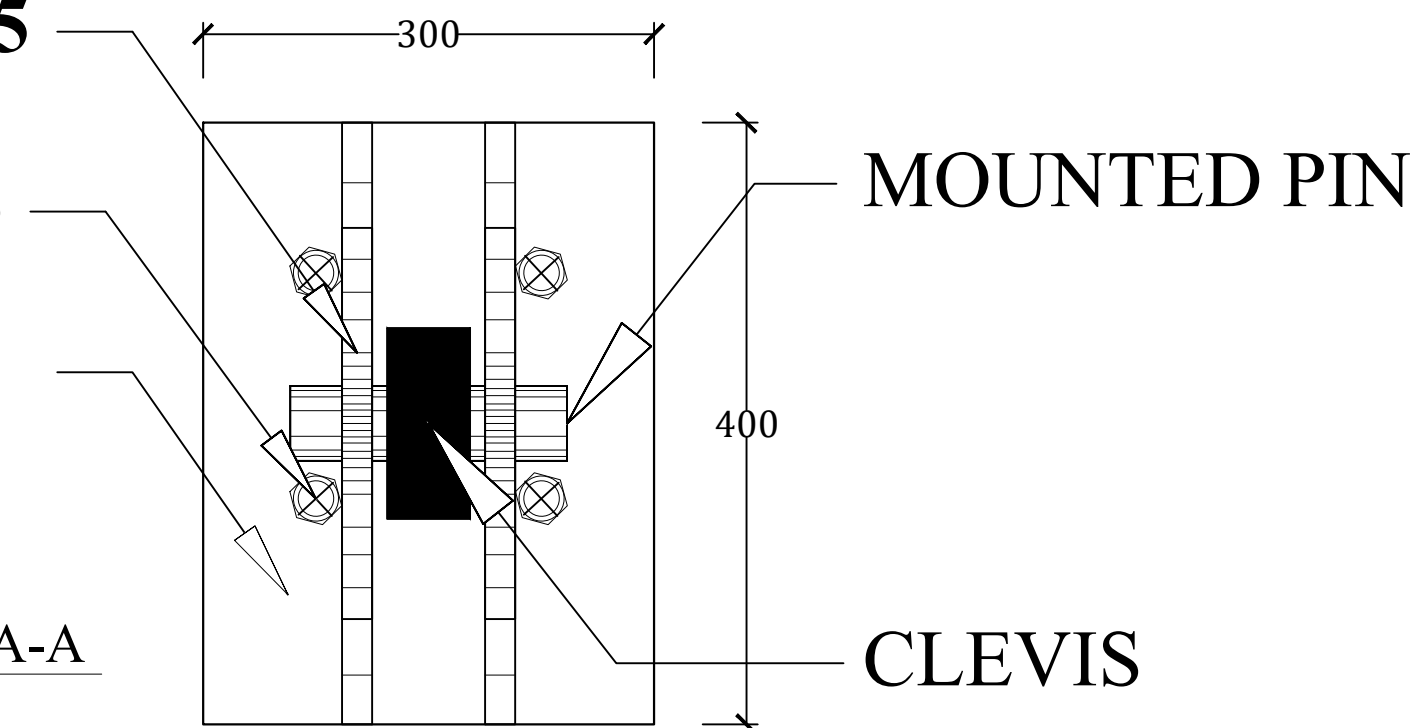
ST 17	26	44
-------	----	----



DETAIL A
SKALA 1:5

GUSSET PLATE T 25
(ASTM A36)
ANCHOR BOLT M33
(ASTM A325)
BASE PLATE T 25
(ASTM A36)

POTONGAN A-A
SKALA 1:5





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

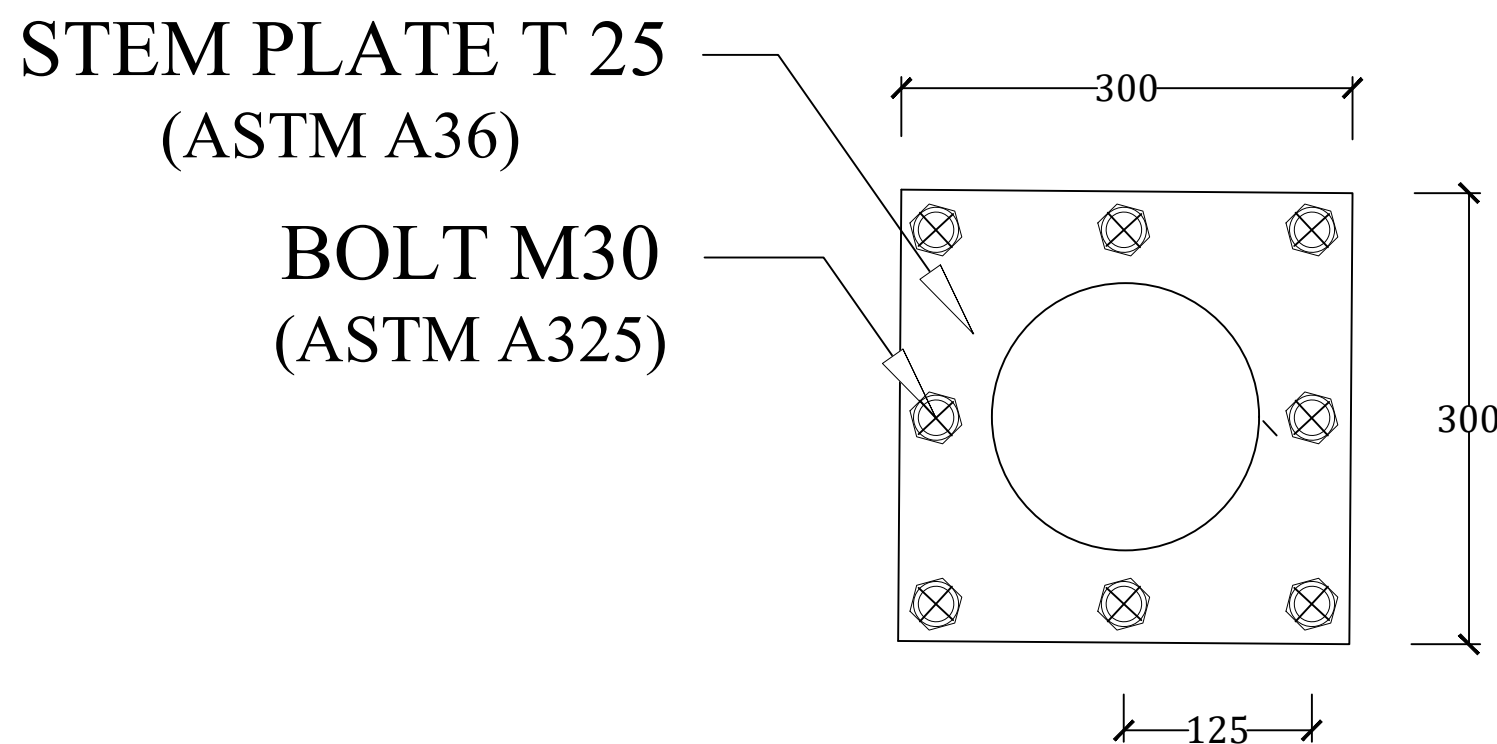
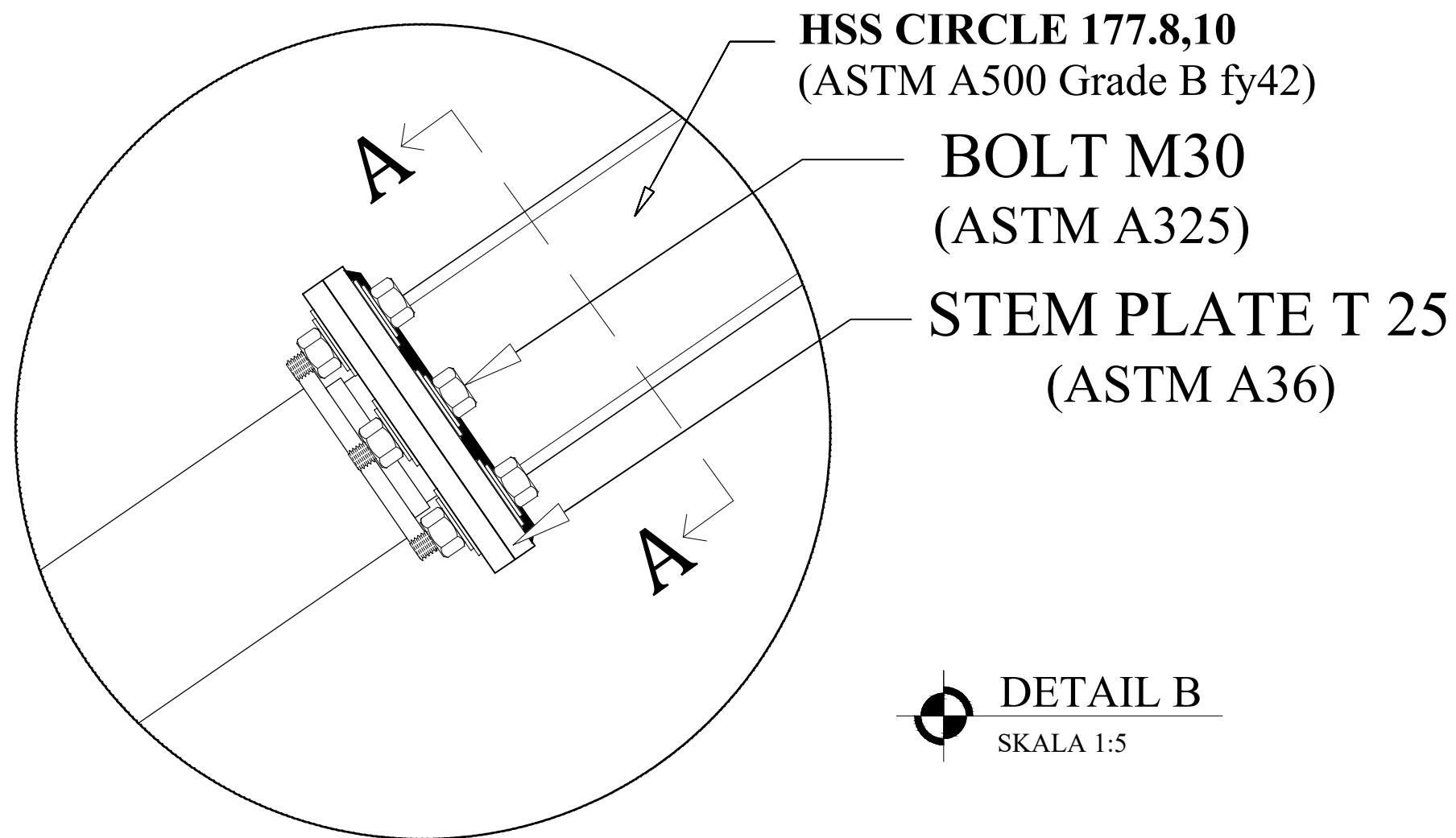
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL B
PEMASANGAN
FVD 500 kN

KODE NO GBR JML GBR

ST 18 27 44





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

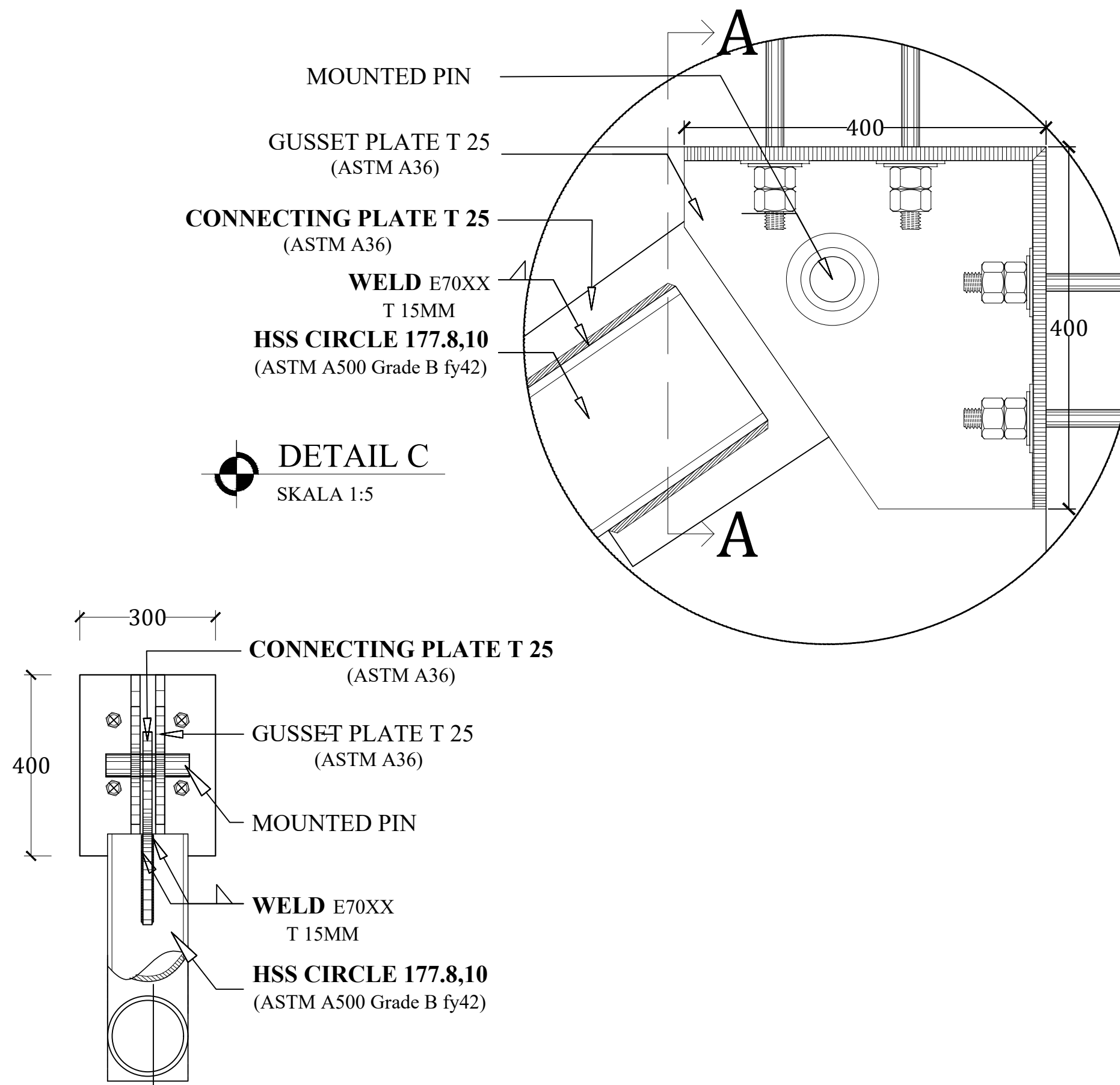
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL C
 PEMASANGAN
 FVD 500 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 19	28	44
-------	----	----



POTONGAN A-A
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

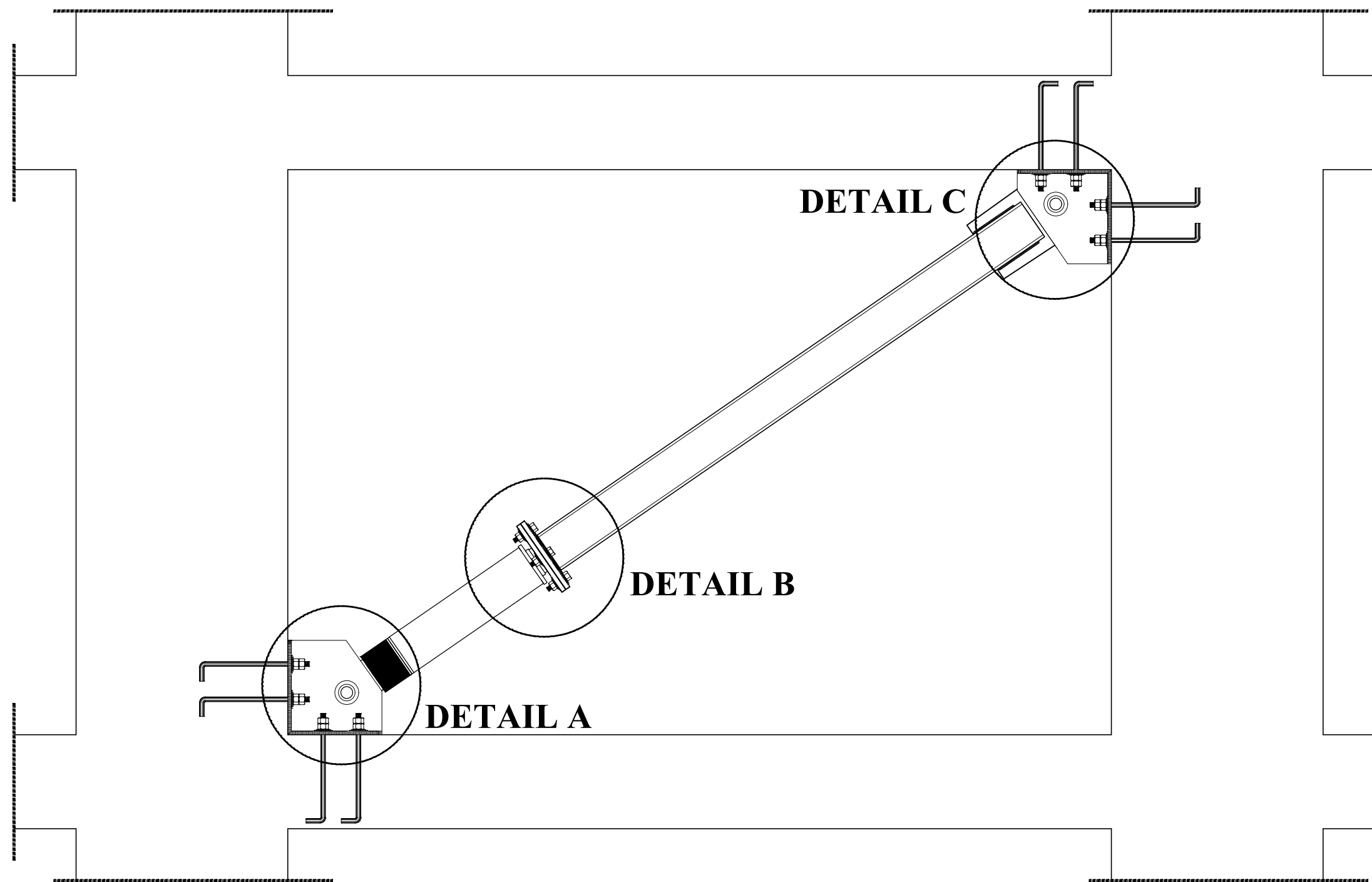
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN
FVD 750 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 20	29	44
-------	----	----



 **PEMASANGAN FVD 750 kN LANTAI 12**
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL A
PEMASANGAN
FVD 750 kN

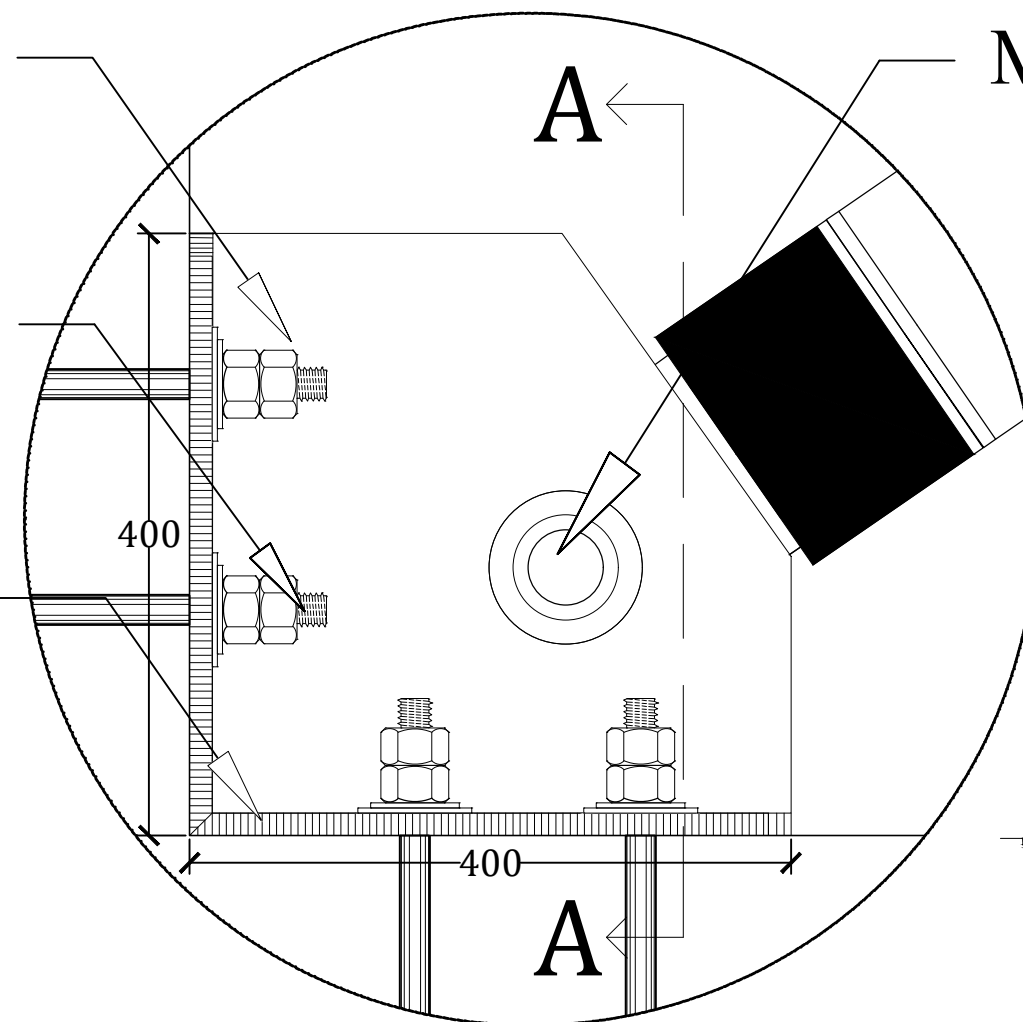
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 21	30	44
-------	----	----

GUSSET PLATE T 25
(ASTM A36)

ANCHOR BOLT M33
(ASTM A325)

BASE PLATE T 25
(ASTM A36)



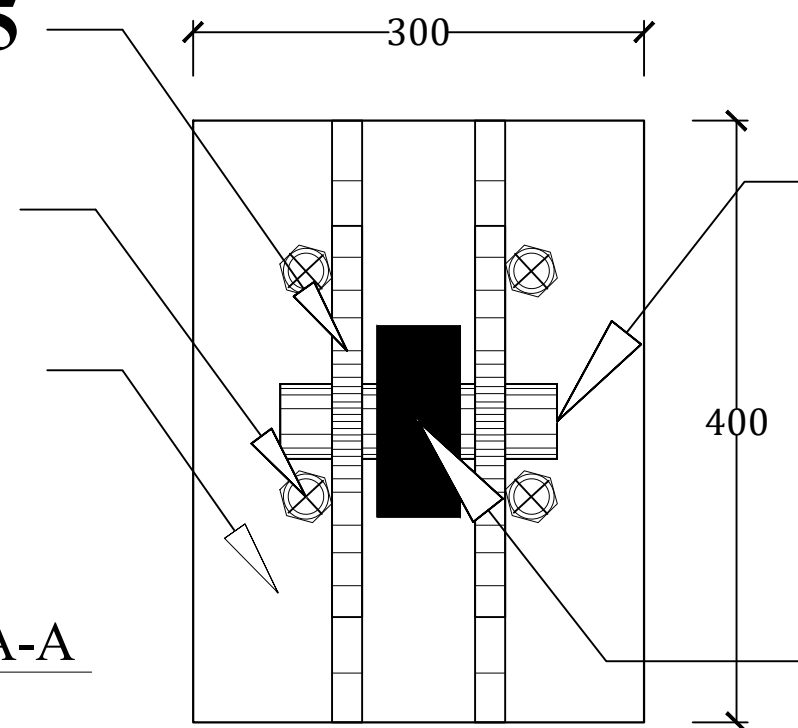
MOUNTED PIN

DETAIL A
SKALA 1:5

GUSSET PLATE T 25
(ASTM A36)

ANCHOR BOLT M33
(ASTM A325)

BASE PLATE T 25
(ASTM A36)



MOUNTED PIN

CLEVIS

POTONGAN A-A
SKALA 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

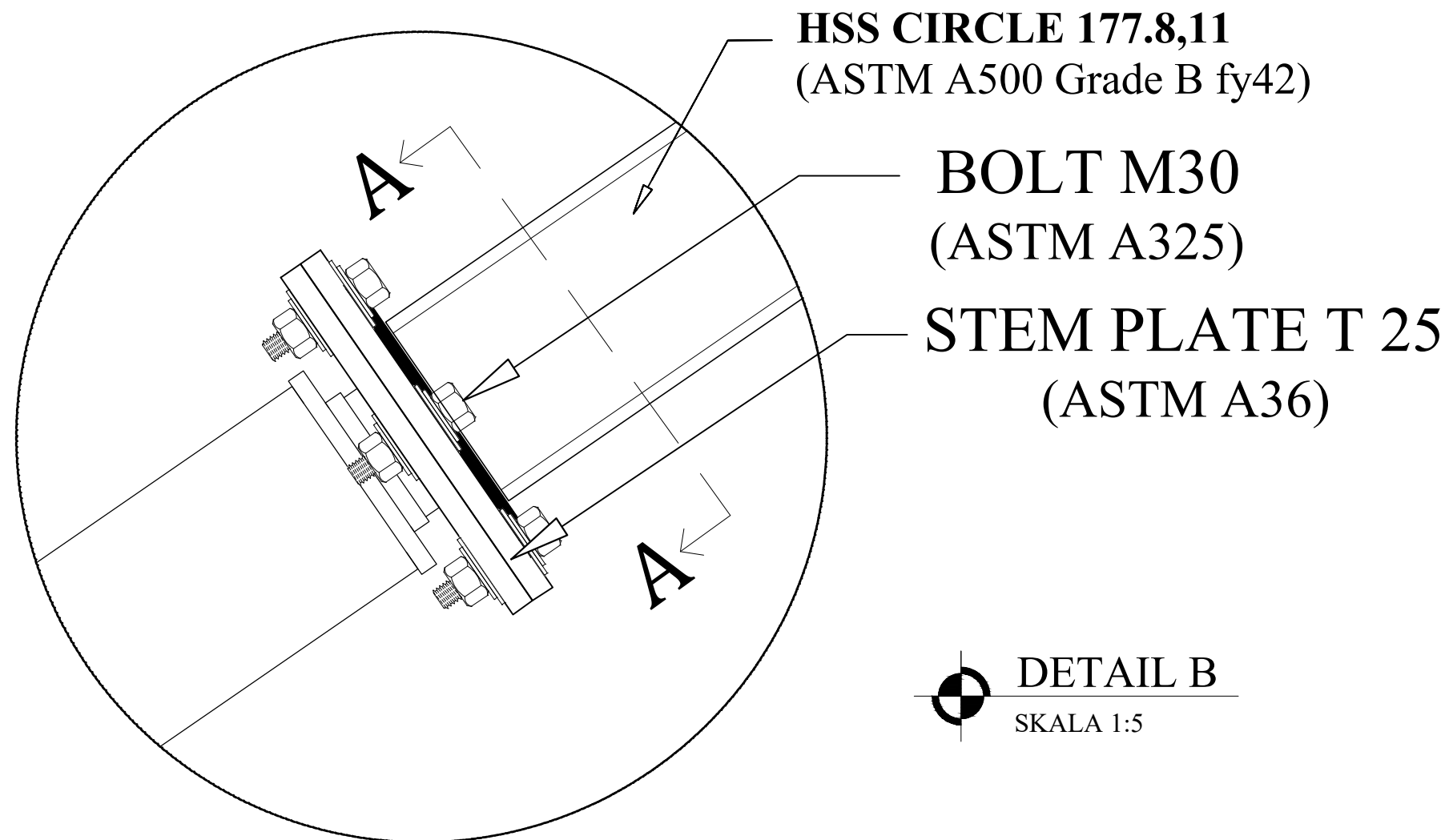
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL B
PEMASANGAN
FVD 750 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 22	31	44
-------	----	----

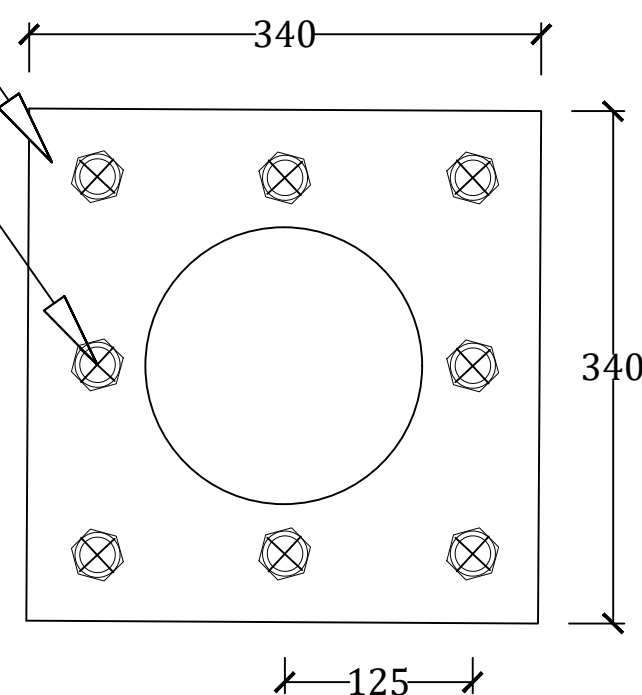


 **DETAIL B**
SKALA 1:5

STEM PLATE T 25
(ASTM A36)

BOLT M30
(ASTM A325)

 **POTONGAN A-A**
SKALA 1:5





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

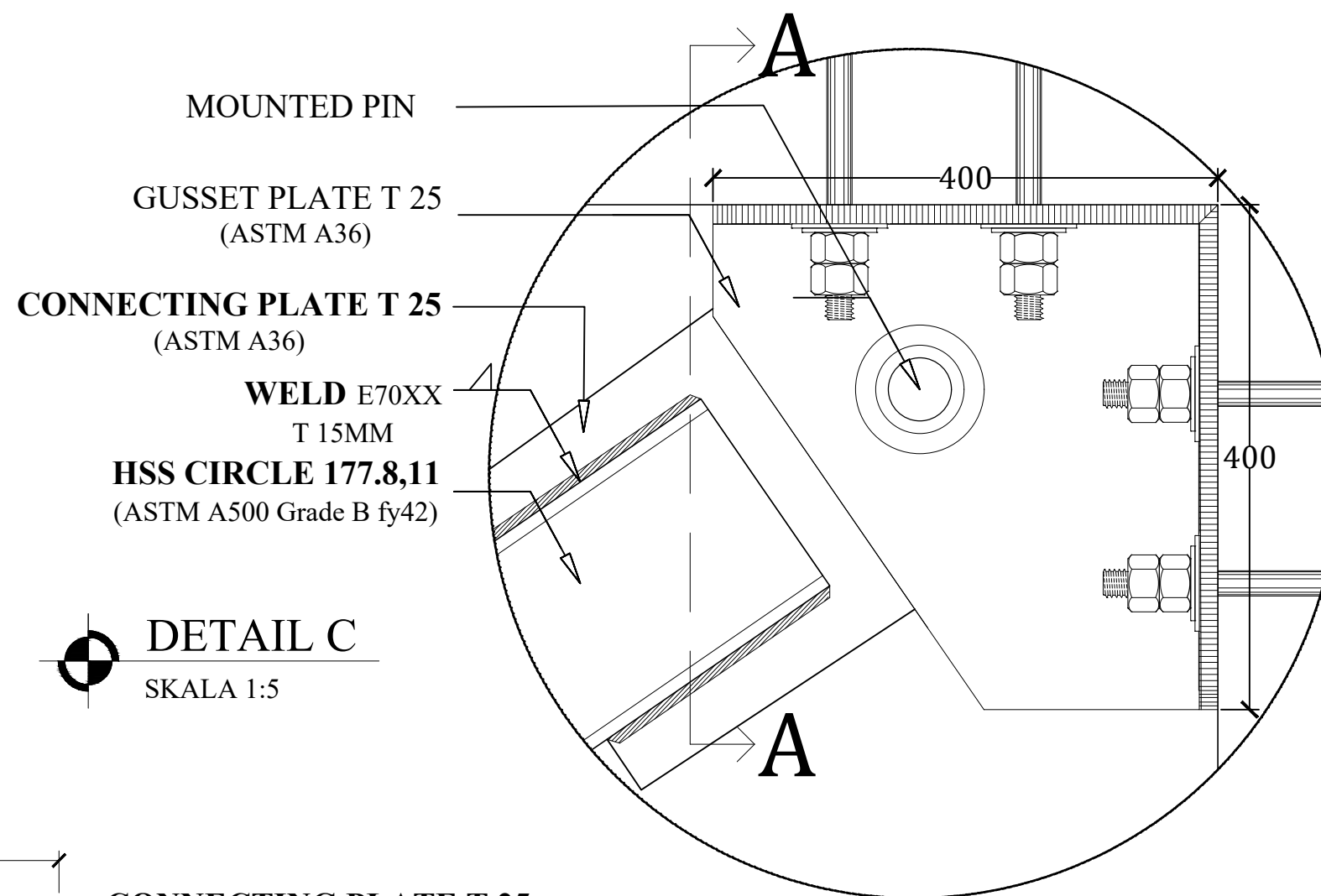
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

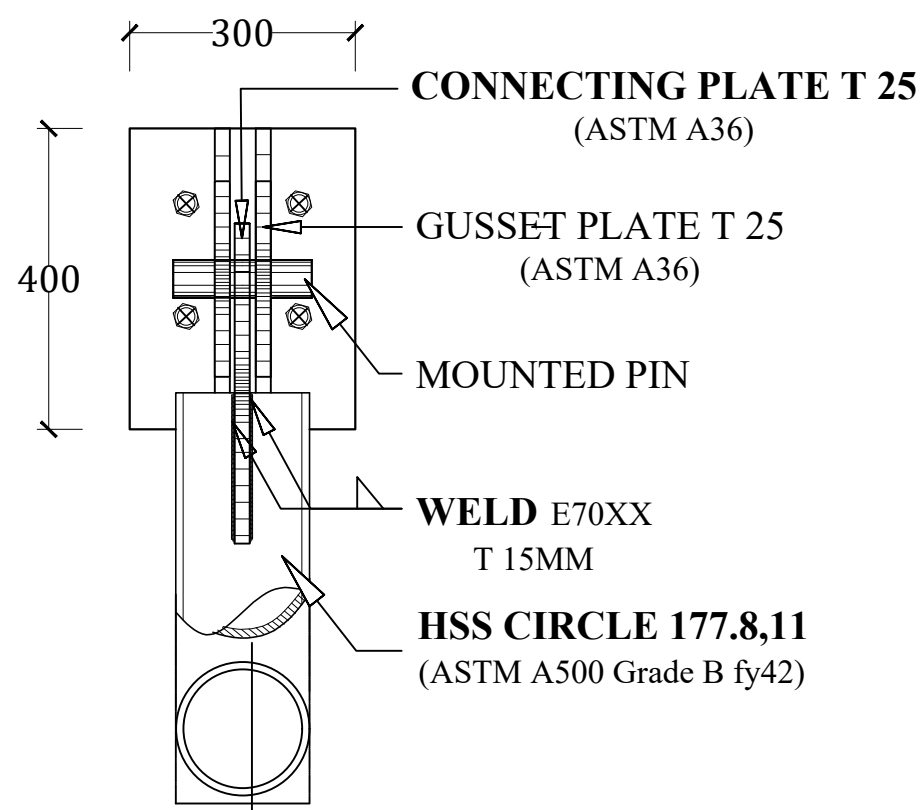
DETAIL C
 PEMASANGAN
 FVD 750 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 23	32	44
-------	----	----



DETAIL C
 SKALA 1:5



POTONGAN A-A
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

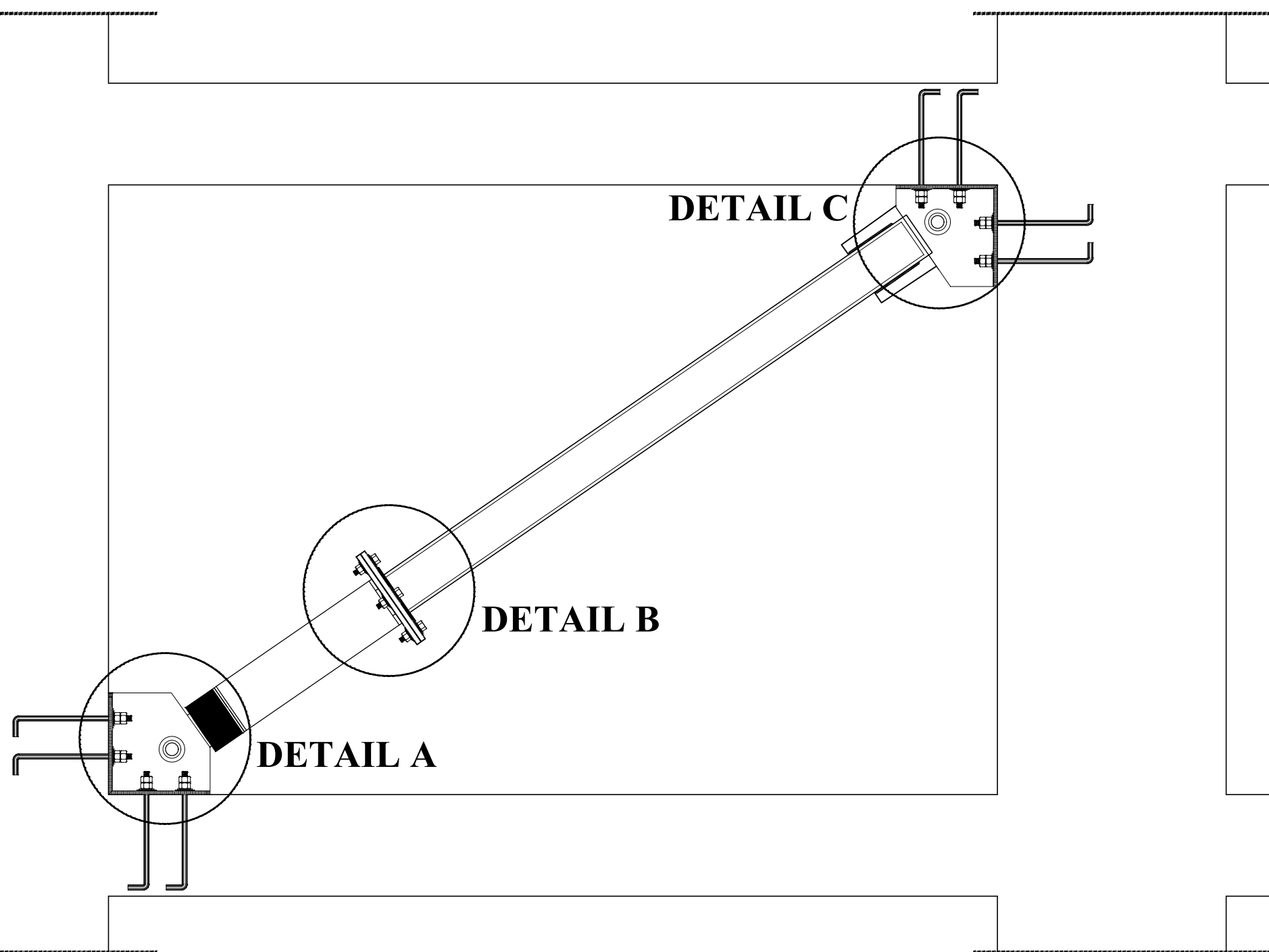
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN
FVD 1000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 24	33	44



 **PEMASANGAN FVD 1000 kN LANTAI 11**
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

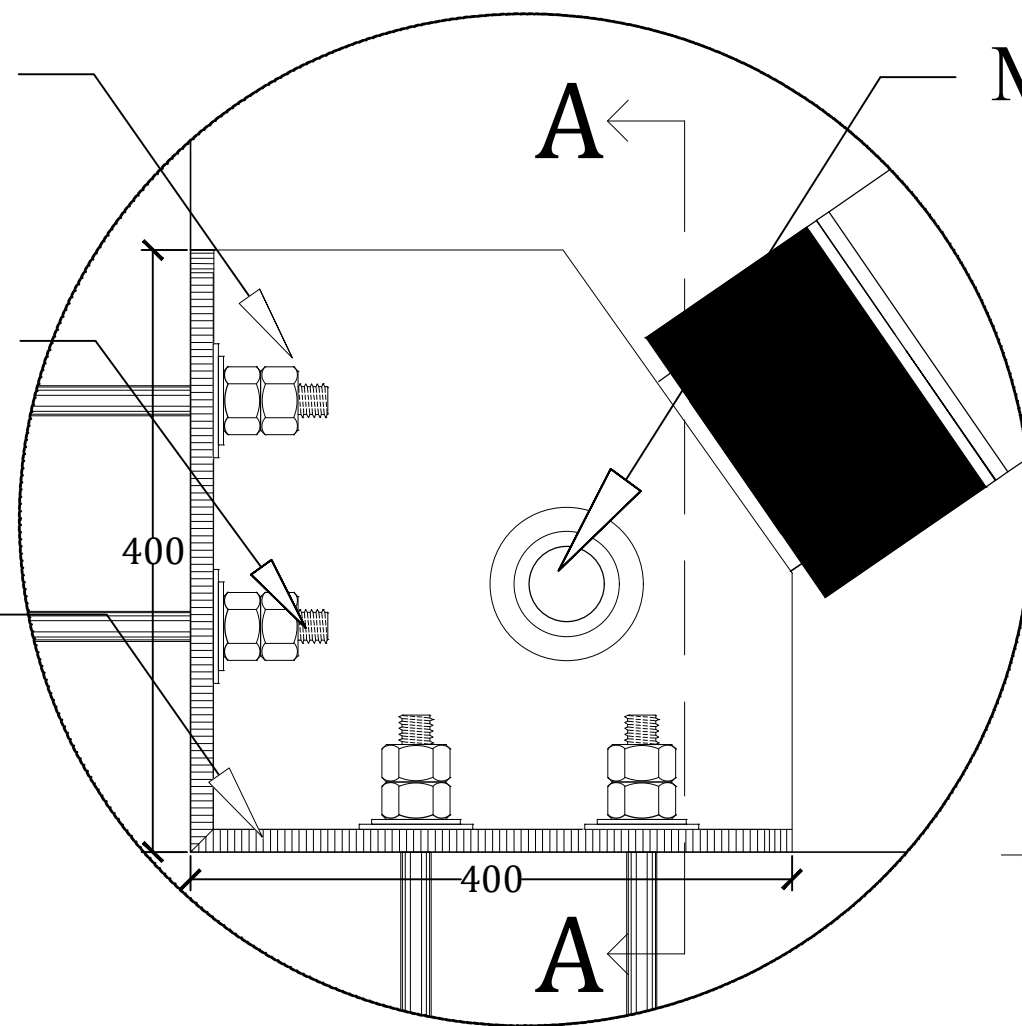
DETAIL A
 PEMASANGAN
 FVD 1000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 25	34	44

GUSSET PLATE T 25
 (ASTM A36)

ANCHOR BOLT M33
 (ASTM A325)

BASE PLATE T 25
 (ASTM A36)



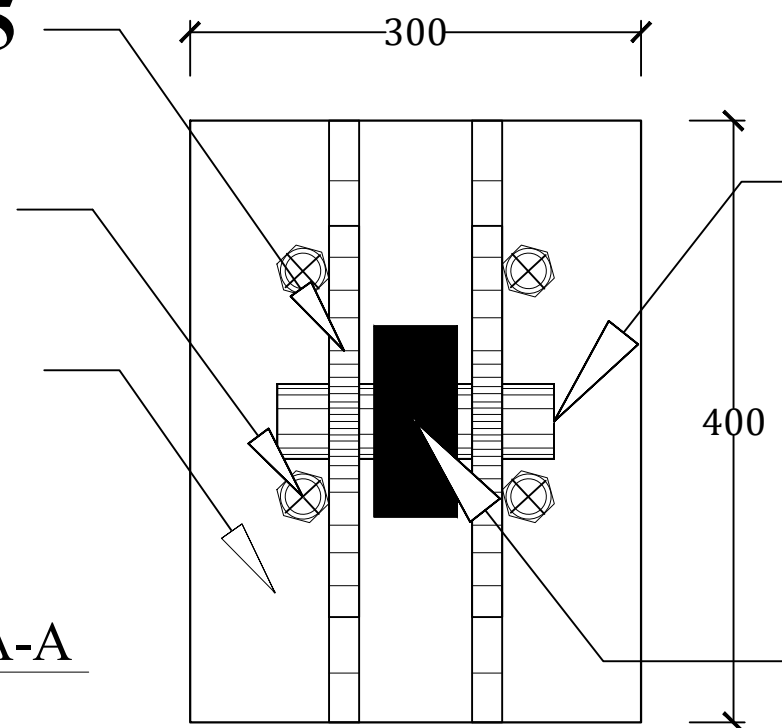
MOUNTED PIN

DETAIL A
 SKALA 1:5

GUSSET PLATE T 25
 (ASTM A36)

ANCHOR BOLT M33
 (ASTM A325)

BASE PLATE T 25
 (ASTM A36)



MOUNTED PIN

CLEVIS

POTONGAN A-A
 SKALA 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

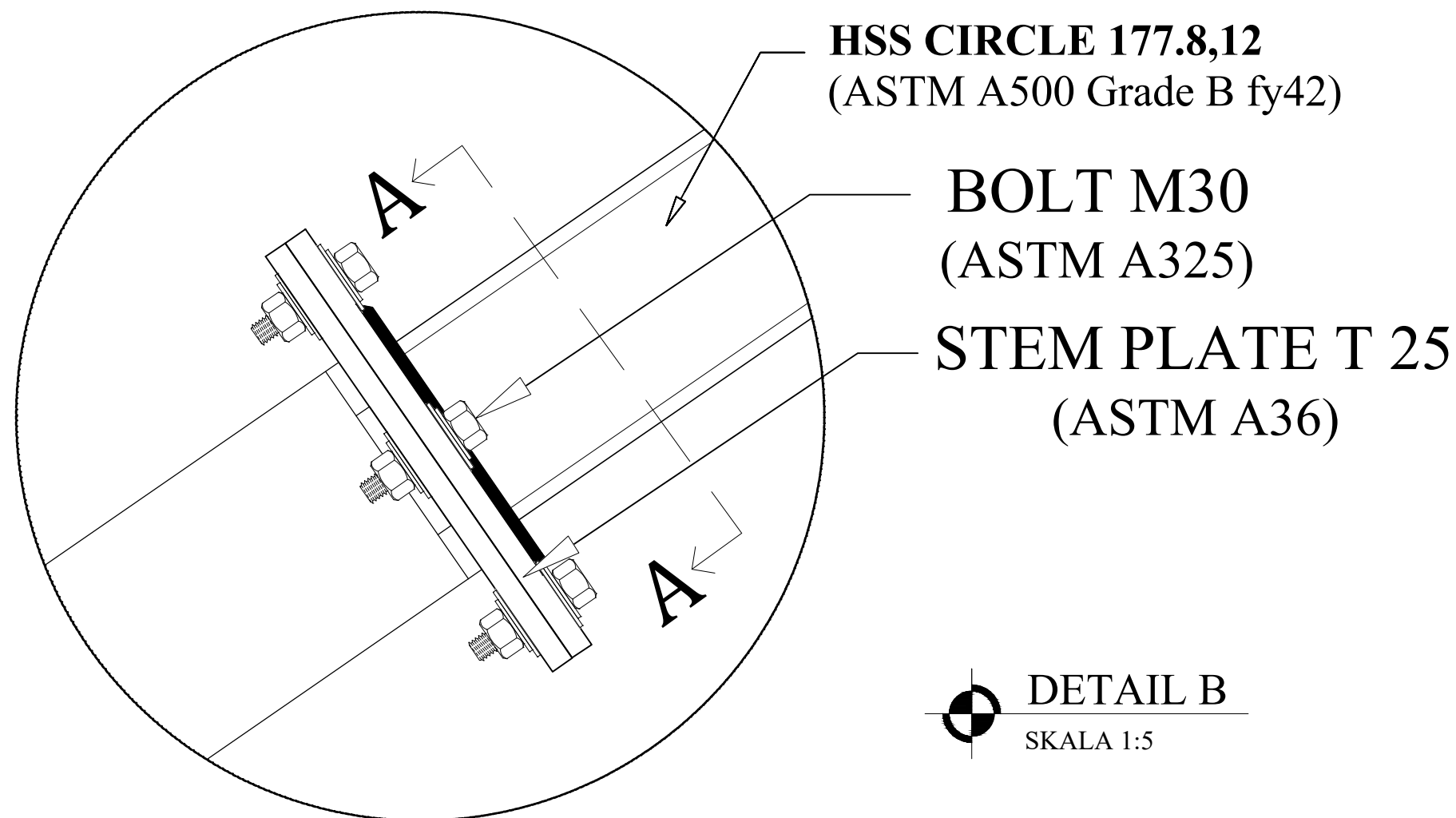
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL B
 PEMASANGAN
 FVD 1000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

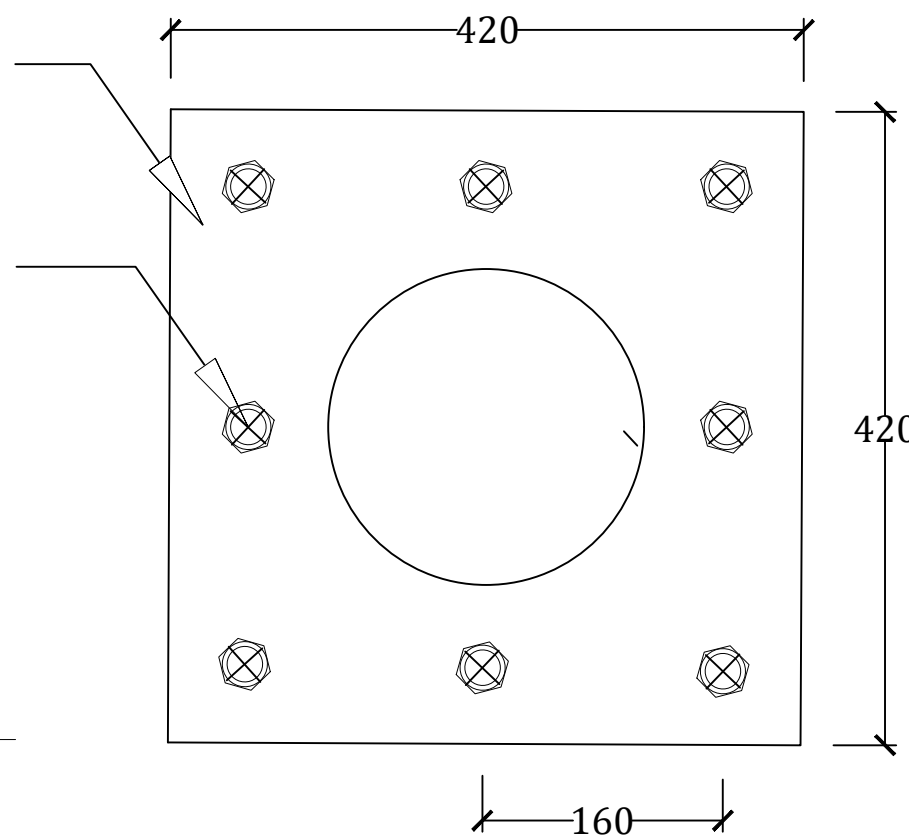
ST 26	35	44
-------	----	----



 **DETAIL B**
 SKALA 1:5

STEM PLATE T 25
 (ASTM A36)

BOLT M30
 (ASTM A325)



 **POTONGAN A-A**
 SKALA 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

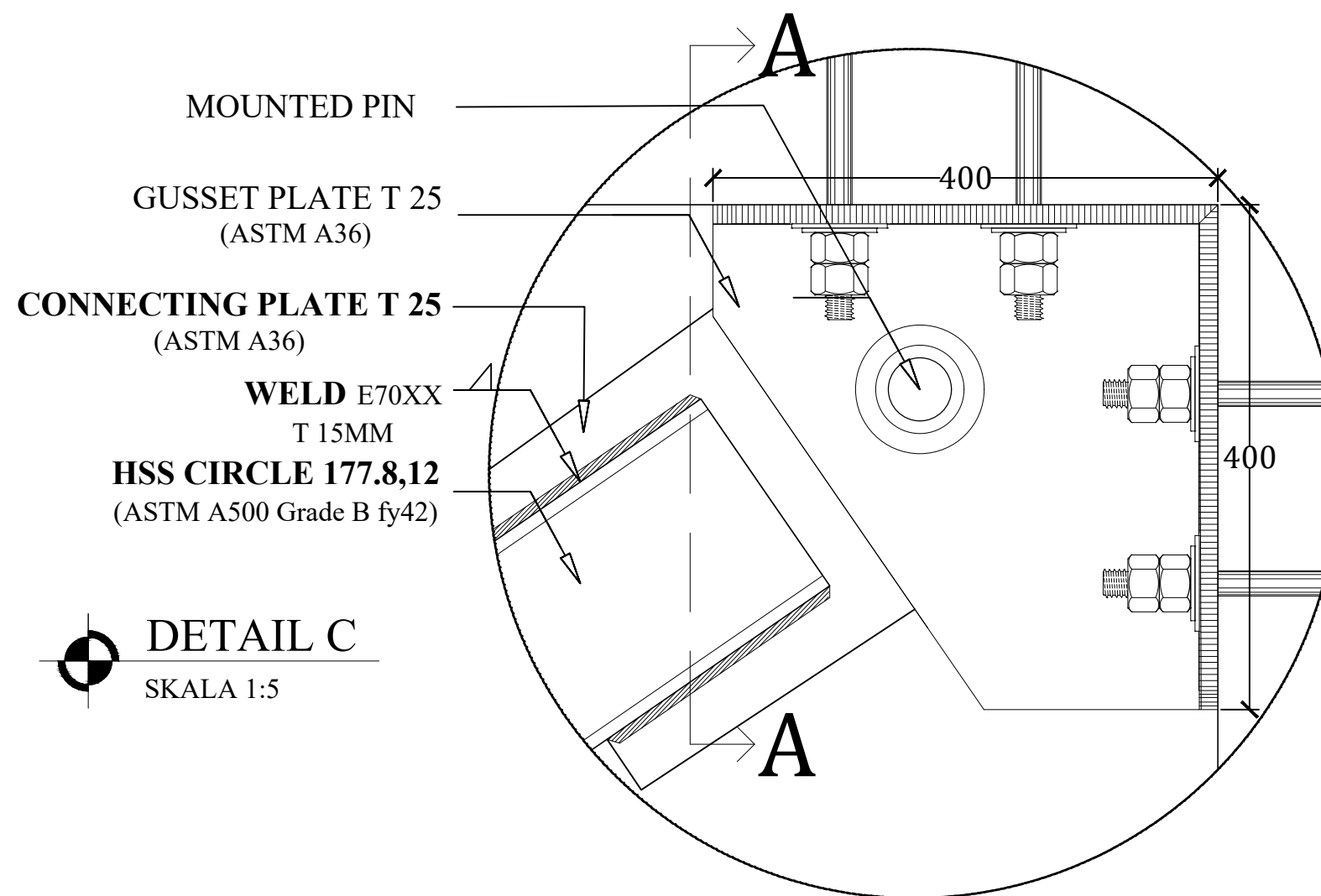
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

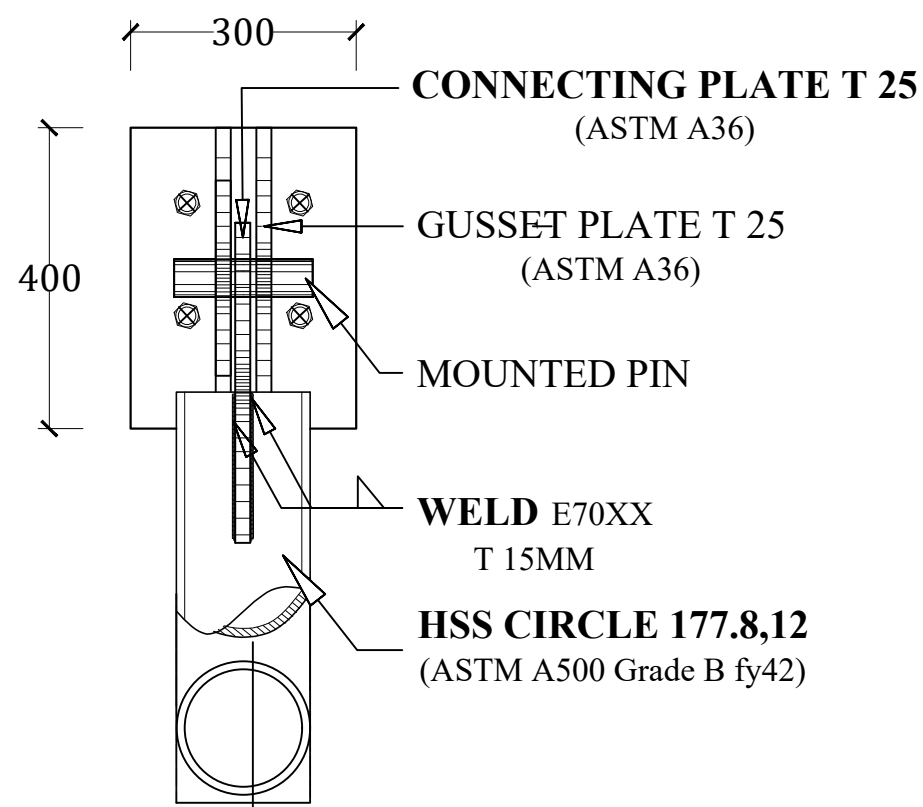
DETAIL C
 PEMASANGAN
 FVD 1000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 27	36	44
-------	----	----



DETAIL C
 SKALA 1:5



POTONGAN A-A
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

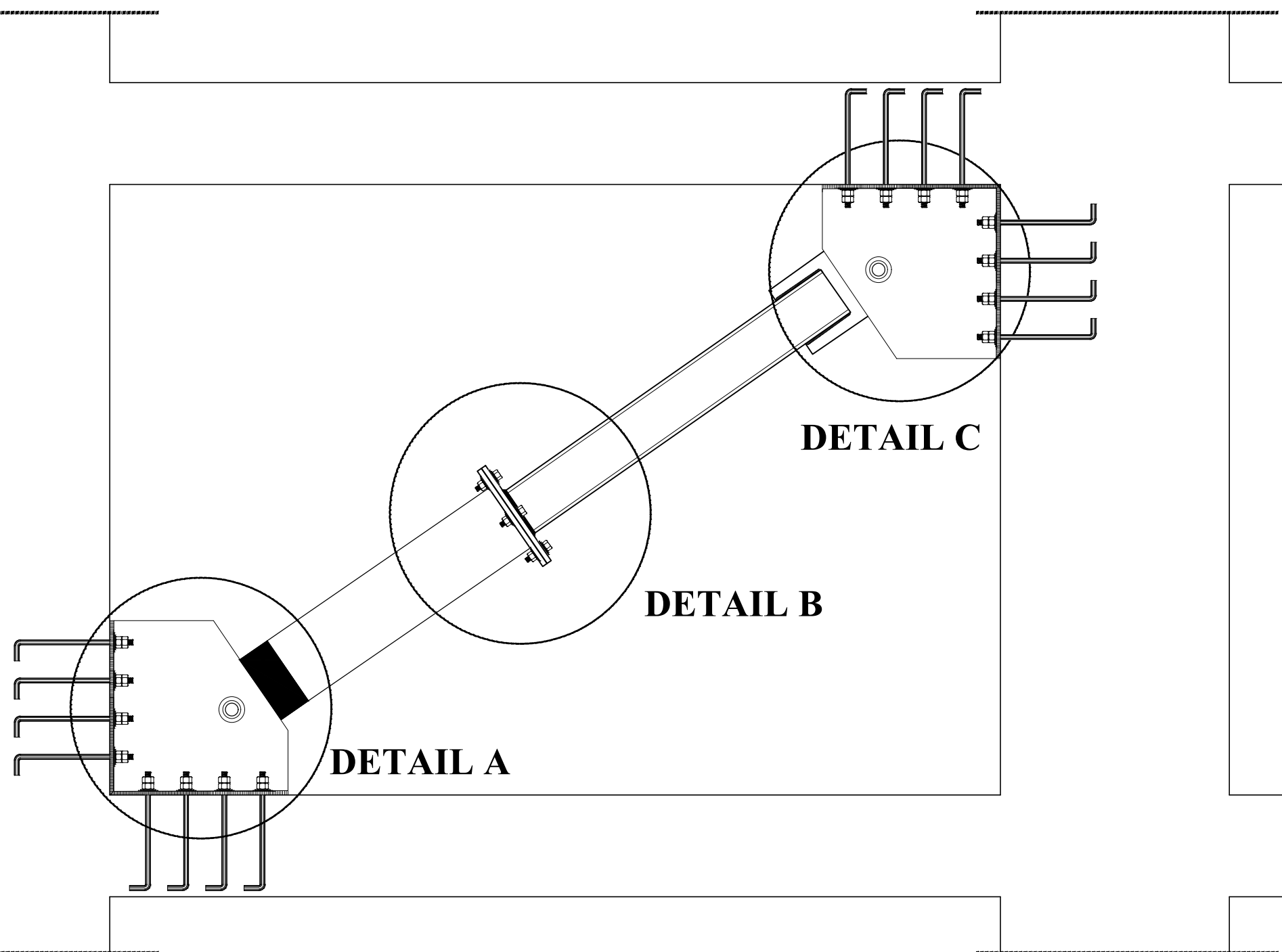
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN
FVD 2000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 28	37	44



 **PEMASANGAN FVD 2000 kN LANTAI 7-10**
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

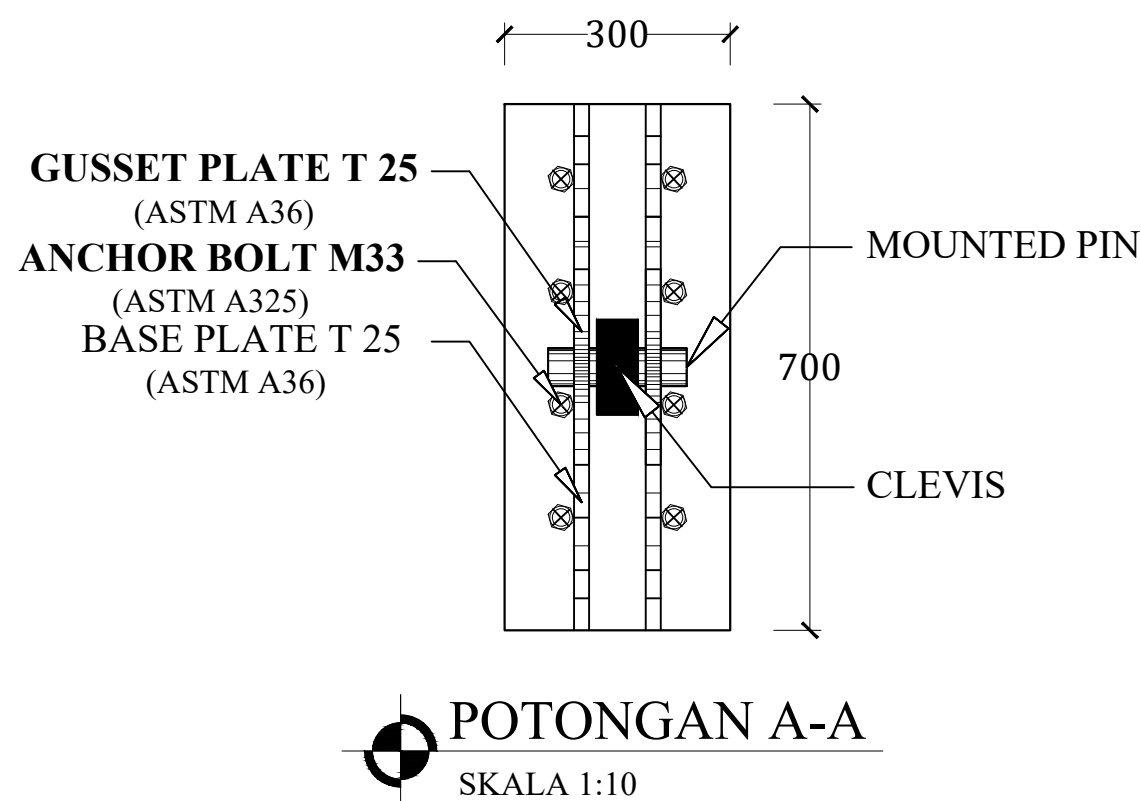
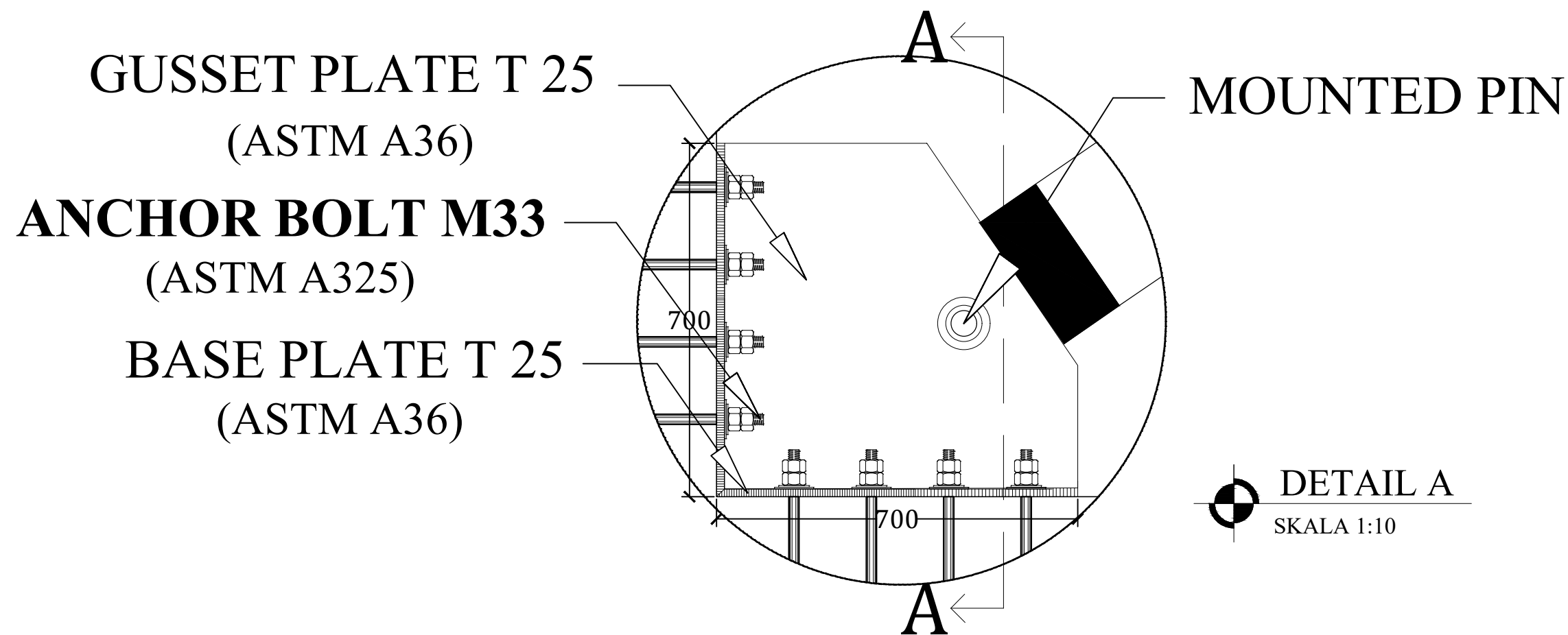
Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL A
 PEMASANGAN
 FVD 2000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 29	38	44
-------	----	----





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL B
PEMASANGAN
FVD 2000 kN

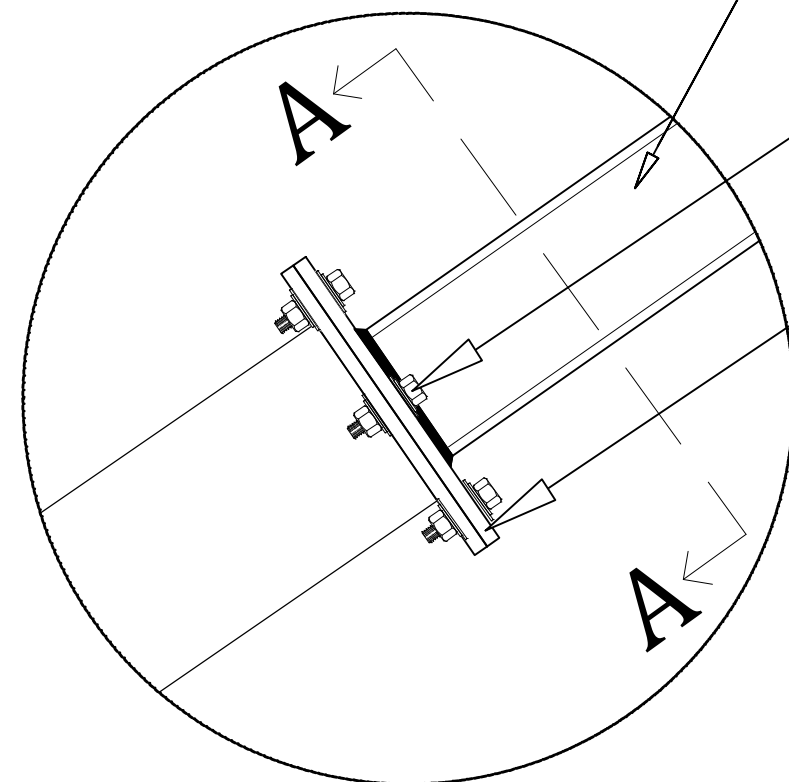
KODE	NO GBR	JML GBR
ST 30	39	44

HSS CIRCLE 203.2, 12.7
(ASTM A500 Grade B fy42)

BOLT M30
(ASTM A325)

STEM PLATE T 25
(ASTM A36)

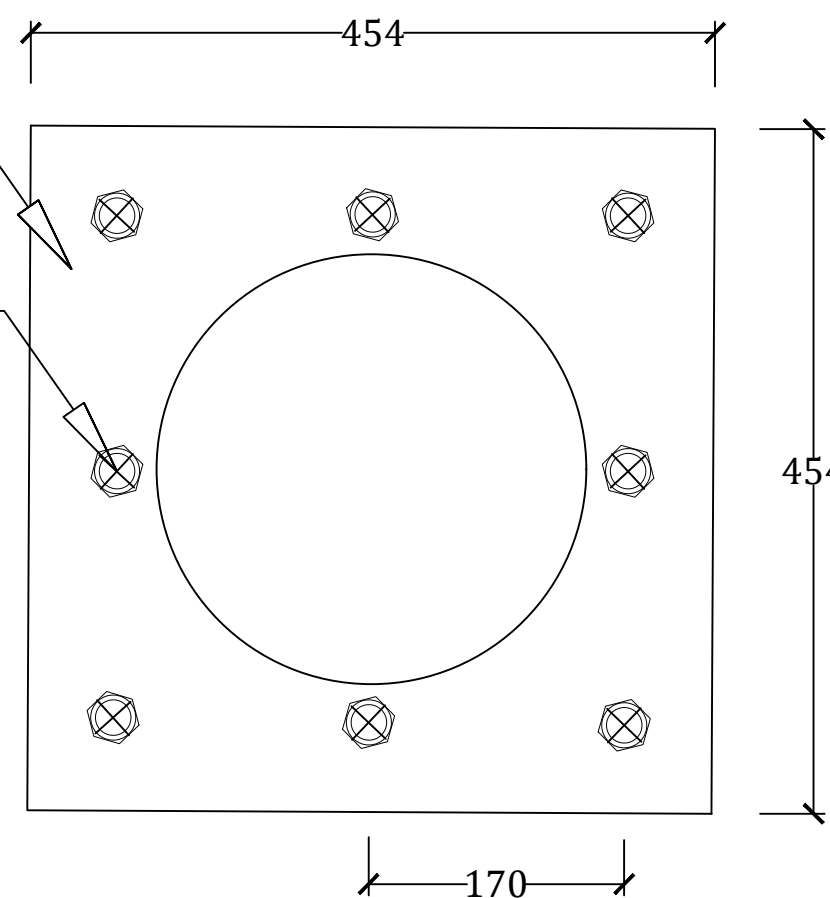
DETAIL B
SKALA 1:10



STEM PLATE T 25
(ASTM A36)

BOLT M30
(ASTM A325)

POTONGAN A-A
SKALA 1:5





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

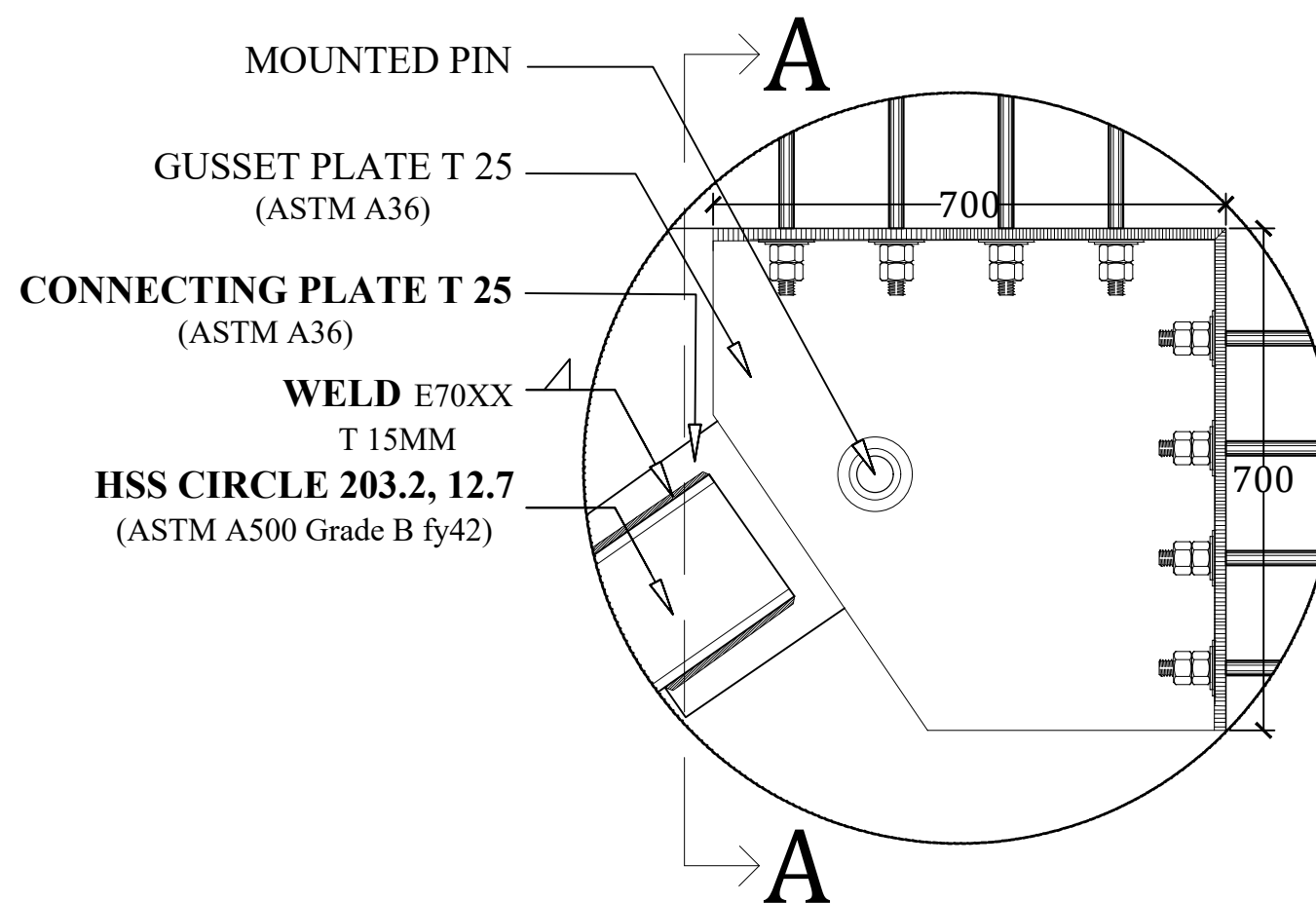
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

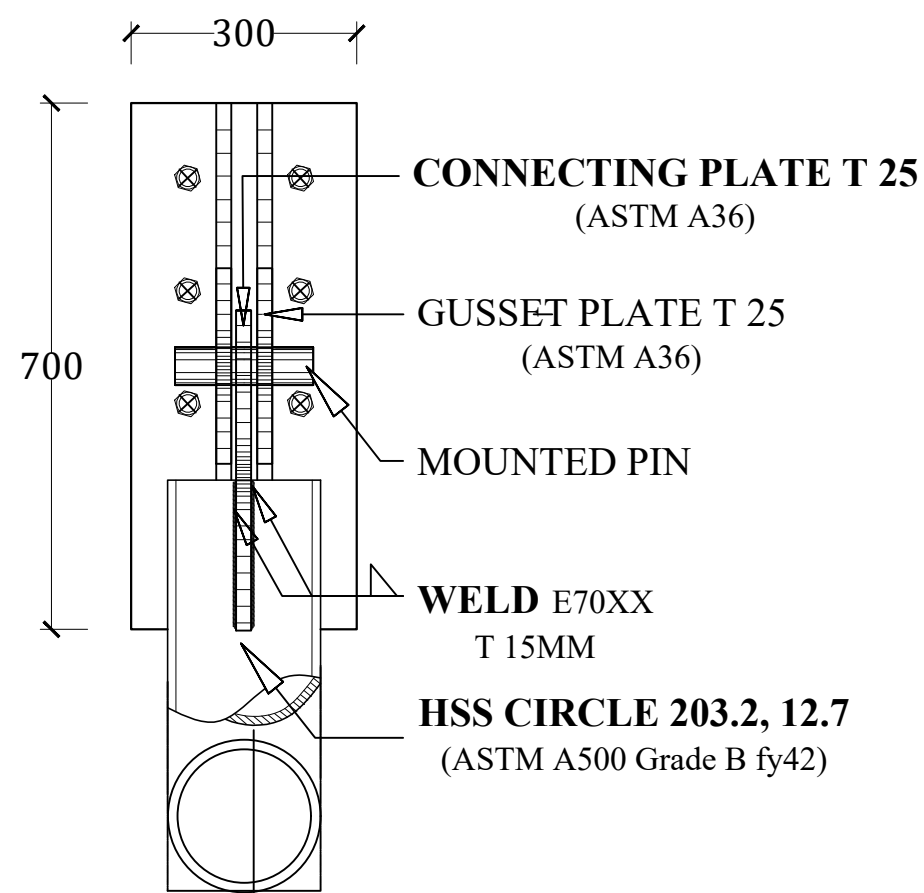
NAMA GAMBAR

DETAIL C
 PEMASANGAN
 FVD 2000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 31	40	44



DETAIL C
 SKALA 1:10



POTONGAN A-A
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGGUNAKAN FLUID
VISCOSUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

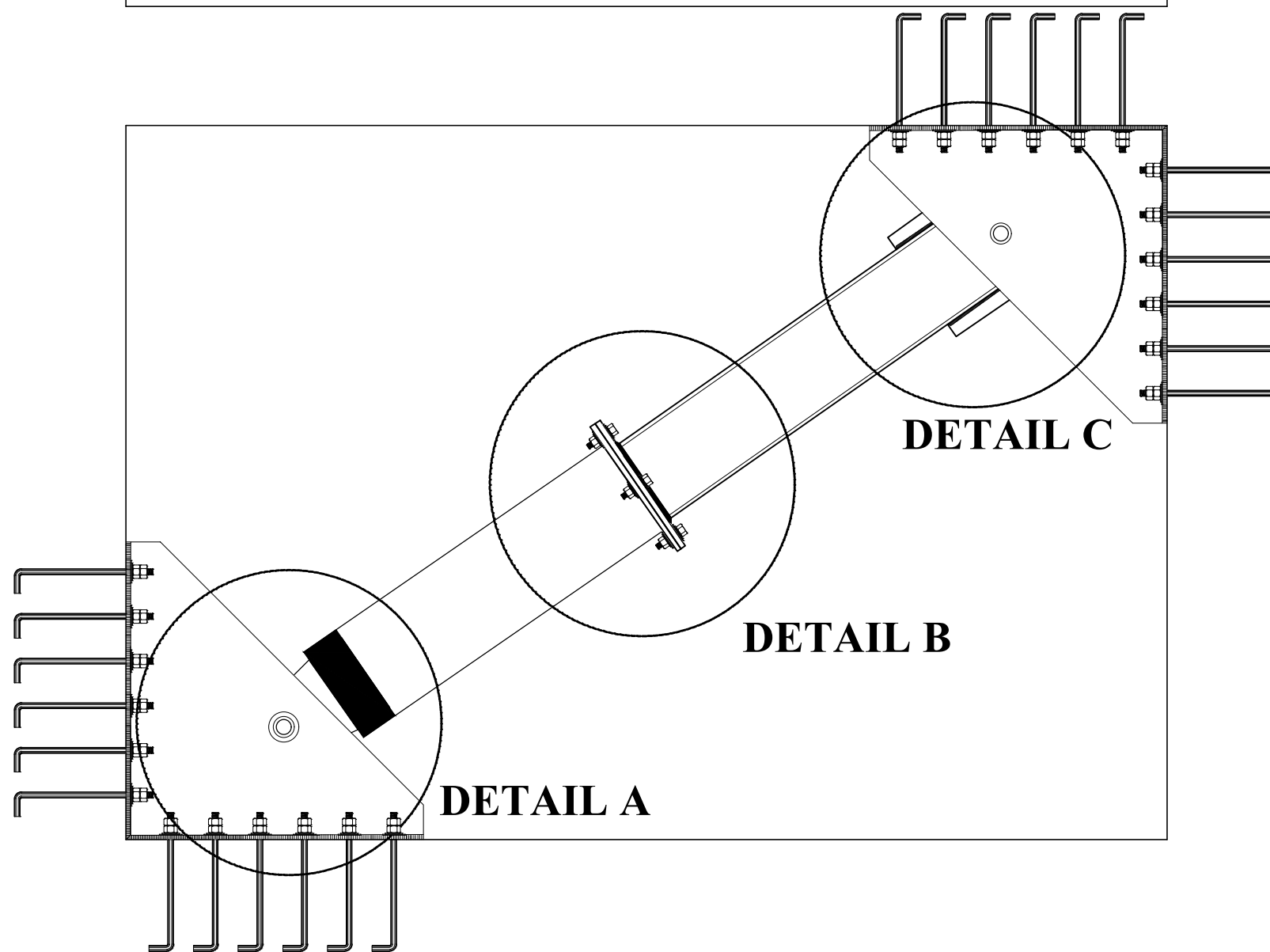
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN
FVD 3000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
ST 32	41	44



 **PEMASANGAN FVD 3000 kN LANTAI 1-6**
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL A
 PEMASANGAN
 FVD 3000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

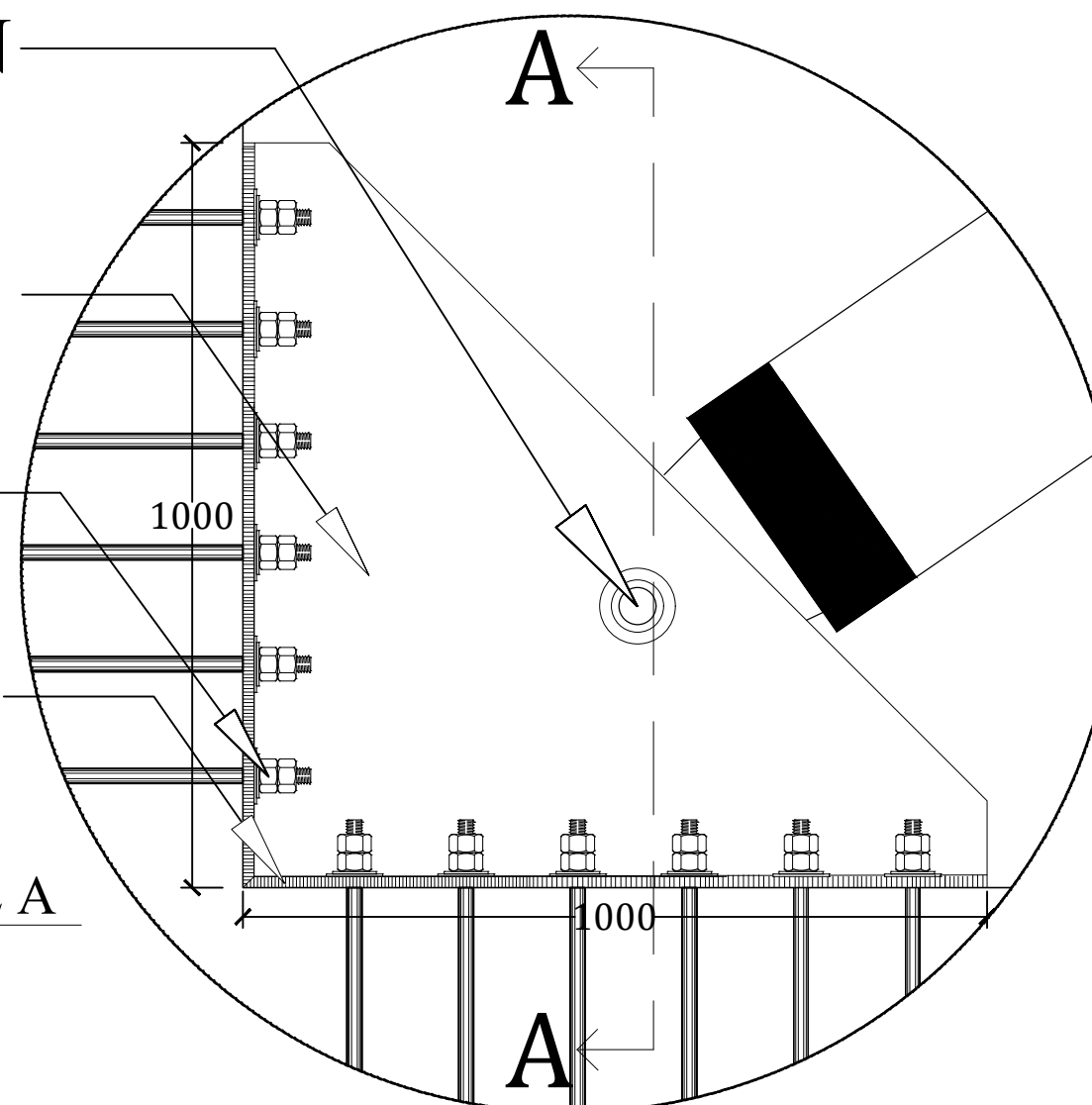
ST 33	42	44
-------	----	----

MOUNTED PIN

GUSSET PLATE T 25
 (ASTM A36)

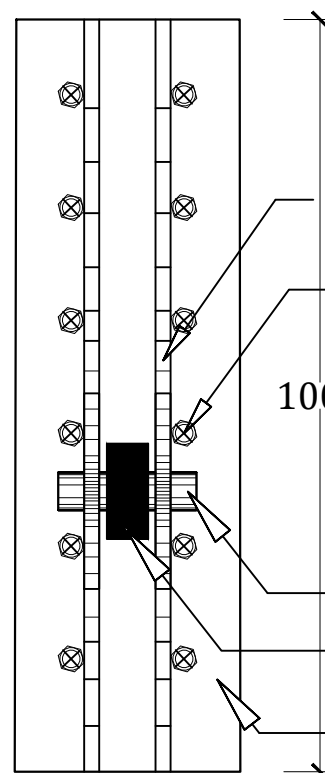
ANCHOR BOLT M33
 (ASTM A325)

BASE PLATE T 25
 (ASTM A36)



DETAIL A
 SKALA 1:10

300



GUSSET PLATE T 25
 (ASTM A36)
 ANCHOR BOLT M33
 (ASTM A325)

MOUNTED PIN
 CLEVIS
 BASE PLATE T 25
 (ASTM A36)

POTONGAN A-A
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
GEDUNG APARTEMEN
GUNAWANGSA TOWER A
GRESIK DENGAN
MENGUNAKAN FLUID
VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
(Apartemen)
Jenis Damper = Fluid Viscous
Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL B
PEMASANGAN
FVD 3000 kN

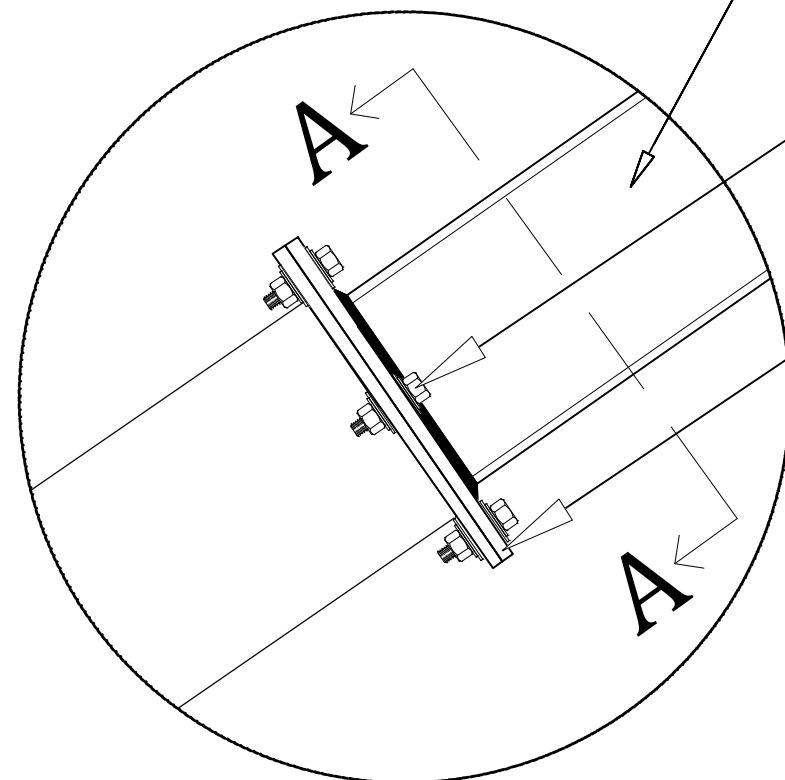
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 34	43	44
-------	----	----

HSS CIRCLE 304.8, 12.7
(ASTM A500 Grade B fy42)

BOLT M30
(ASTM A325)

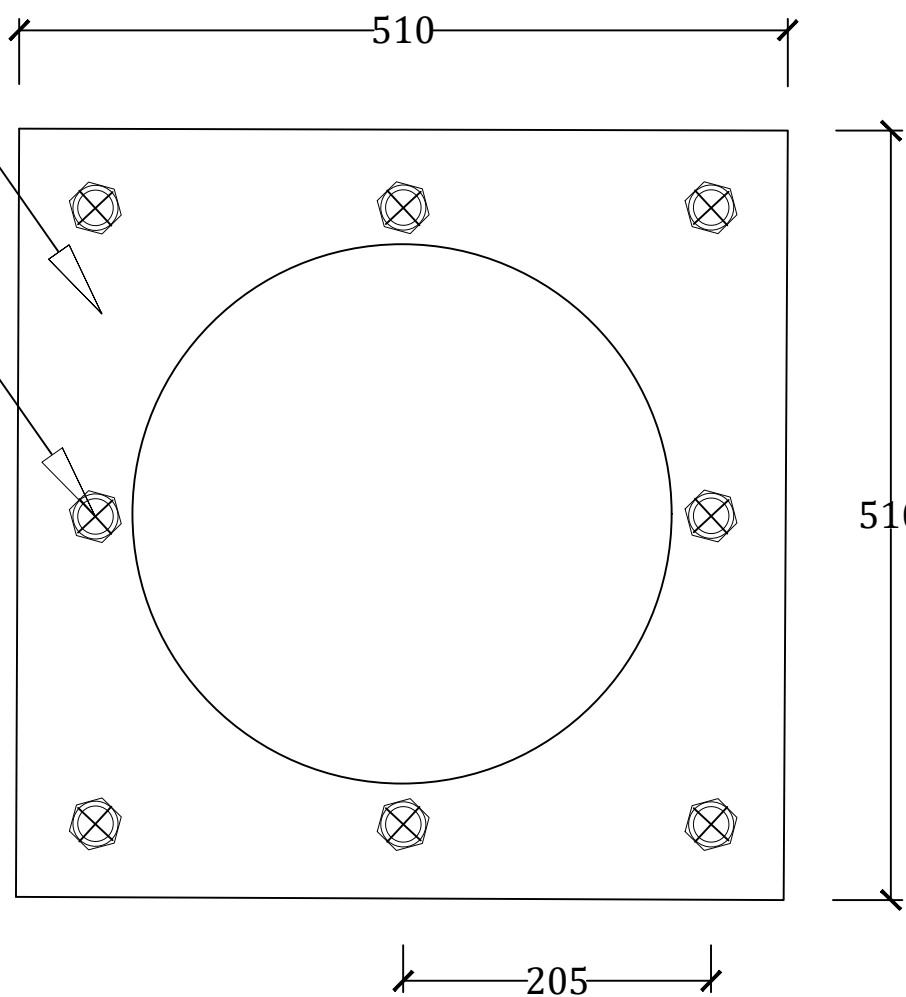
STEM PLATE T 25
(ASTM A36)



DETAIL B
SKALA 1:10

STEM PLATE T 25
(ASTM A36)

BOLT M30
(ASTM A325)



POTONGAN A-A
SKALA 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**DESAIN ALTERNATIF PADA
 GEDUNG APARTEMEN
 GUNAWANGSA TOWER A
 GRESIK DENGAN
 MENGGUNAKAN FLUID
 VISCOUS DAMPER**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN :
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
 NIP 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

IFON ROBI KURNIADI
 10111610013034

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun
 (Apartemen)
 Jenis Damper = Fluid Viscous
 Damper

NAMA GAMBAR

DETAIL C
 PEMASANGAN
 FVD 3000 kN

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

ST 35	44	44
-------	----	----

