



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC191845

**DESAIN ALTERNATIF DAN METODE PELAKSANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN NAYUMI SAM
TOWER MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS DAMPER*
(FVD)**

**NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066**

**Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002**

**Dosen Pembimbing II
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2021**



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC191845

**DESAIN ALTERNATIF DAN METODE PELAKSANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN NAYUMI SAM
TOWER MENGGUNAKAN *FLUID VISCOUS
DAMPER (FVD)***

NAFI MAULA ABDULLAH

NRP. 10111710010066

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.

NIP. 19590209 198603 1 002

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

NIP. 19780201 200604 2 002

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PENGELOLAAN DAN

PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI



FINAL PROJECT - VC191845

ALTERNATIVE DESIGN AND IMPLEMENTATION METHOD NAYUMI SAM TOWER APARTMENT BUILDING STRUCTURE USING FLUID VISCOUS DAMPER (FVD)

NAFI MAULA ABDULLAH

NRP. 10111710010066

Supervisor I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.

NIP. 19590209 198603 1 002

Supervisor II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

NIP. 19780201 200604 2 002

**STUDY PROGRAM OF TECHNOLOGY MANAGEMENT AND MAINTENANCE
OF CIVIL BUILDINGS**
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONAL STUDIES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2021

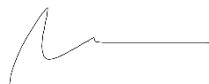
LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN ALTERNATIF DAN METODE PELAKSANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN NAYUMI SAM TOWER MENGGUNAKAN
FLUID VISCOUS DAMPER (FVD)

PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Terapan
Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Rekayasa Pengelolaan dan
Pemeliharaan Bangunan Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
Surabaya, 18 Agustus 2021

Disusun oleh:
Mahasiswa



Nafi Maula Abdullah
NRP. 10111710010066
Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Yuvyn Tajinnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

**DESAIN ALTERNATIF DAN METODE PELAKSANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN NAYUMI SAM TOWER MENGGUNAKAN
*FLUID VISCOSUS DAMPER (FVD)***

| | | |
|---------------------|---|-----------------------------------|
| Nama Mahasiswa | : | Nafi Maula Abdullah |
| NRP | : | 10111710010066 |
| Departemen | : | Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS |
| Dosen Pembimbing I | : | Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS. |
| NIP | : | NIP. 19590209 198603 1 002 |
| Dosen Pembimbing II | : | Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT |
| NIP | : | NIP. 19780201 200604 2 002 |

ABSTRAK

Fluid Viscous Damper (FVD) pada sistem rangka bangunan tahan gempa merupakan penahan beban lateral alternatif selain *shearwall*, karena jika dibandingkan dengan alat peredam yang lain, *FVD* dipilih sebagai alternatif yang lebih baik karena biaya tambahan yang diakibatkan kurang dari 1% dari biaya konstruksi, penggunaan dan penempatannya yang lebih fleksibel dibandingkan dengan *bracing* konvensional, dan yang terpenting adalah pembentukan sendi plastis pada elemen-elemen struktur dicegah sehingga struktur tetap pada keadaan elastis.

Proyek Akhir Terapan ini dilakukan desain alternatif struktur pada gedung tersebut yang awalnya dari konstruksi beton bertulang dengan *dual system* (SRPM dan *Shearwall*) menjadi konstruksi beton SRPMB dan *Fluid Viscous Damper* (FVD). Dalam menentukan FVD, ditinjau dengan *trial and error* menggunakan 4 pola penempatan sehingga bangunan dapat menerima beban lateral dengan baik.

Alternatif desain gedung mengalami perubahan kinerja struktur baik dari periode struktur, simpangan antar lantai, gaya geser dasar dan kebutuhan elemen strukturnya. Penempatan FVD yang efektif adalah penempatan FVD pada pola 3 dan dipasang pada lantai 2 sampai lantai 10 dengan kapasitas FVD sebesar 500 kN. Akibat pemasangan *fluid viscous damper* maka pembangunan gedung apartemen nayumi sam tower memerlukan biaya tambahan sebesar dua miliar sembilan ratus empat juta delapan ratus ribu rupiah.

Kata Kunci : *Fluid Viscous Damper*, FVD, Struktur Beton, SRPMB

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**ALTERNATIVE DESIGN AND IMPLEMENTATION METHOD
NAYUMI SAM TOWER APARTMENT BUILDING
STRUCTURE USING FLUID VISCOSUS DAMPER (FVD)**

Student's Name : Nafi Maula Abdullah
NRP : 10111710010066
Department : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisor I : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
NIP : NIP. 19590209 198603 1 002
Supervisor II : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT
NIP : NIP. 19780201 200604 2 002

ABSTRACT

The use of a fluid viscous damper (FVD) in an earthquake-resistant building frame system is an alternative lateral load resisting addition to shearwall because when compared to other dampers, FVD is chosen as a better alternative because the additional costs caused are less than 1% of construction costs, its use and placement are more flexible than conventional bracing, and most importantly the formation of plastic hinges on the structural elements is prevented so that the structure remains in an elastic state.

This Final Applied Project carried out an alternative design of the structure in the building, which was originally a reinforced concrete construction with a dual system (SRPM and Shearwall) to an SRPMB and Fluid Viscous Damper (FVD) concrete construction. In determining the FVD, it was reviewed by trial and error using 4 placement patterns so that the building can receive lateral loads well.

From the analysis and calculation results, the alternative building design changes in the performance of the structure from the period of the structure, the deviation between floors, the basic shear force, and the needs of the structural elements. The effective placement of VFD is the placement of FVD in pattern 3 and installed on the 2nd floor to the 10th floor with an FVD capacity of 500 kN. Due to the installation of a fluid viscous damper, the construction of the Nayumi Sam Tower apartment building requires an additional cost of two billion nine hundred four million eight hundred thousand rupiah.

Keywords: Fluid Viscous Damper, FVD, Concrete Structure, SRPMB

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, dan karunia-Nya sehingga tugas akhir terapan yang berjudul “Desain Alternatif dan Metode Pelaksanaan Struktur Gedung Apartemen Nayumi Samtower Menggunakan *Fluid Viscous Damper (FVD)*” dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Penyusunan proyek akhir terapan ini sebagai salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Diploma IV Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir terapan ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS Surabaya.
2. Ibu Ir. Srie Subekti, MT. selaku dosen wali.
3. Bapak dan Ibu dosen Program Diploma yang selama ini membimbing dan membantu dalam proses perkuliahan.
4. Bapak dan Ibu karyawan ITS yang selama ini membantu dan membimbing dalam urusan administrasi selama perkuliahan.
5. Seluruh keluarga mahasiswa ITS pada umumnya dan mahasiswa kampus ITS Manyar khususnya yang selama ini telah mendukung dan berpartisipasi dalam membantu terlaksananya penyusunan proposal tugas akhir terapan ini.
6. Seluruh pihak yang terlibat dalam membantu terlaksananya proposal tugas akhir terapan ini.

Kami selaku penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kami berharap saran dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir terapan ini. Semoga tugas akhir terapan ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, 6 Juli 2021

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | 4 |
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan | 2 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| 1.6 Gambaran Umum Proyek..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Pengertian <i>Fluid Viscous Damper</i> (FVD)..... | 5 |
| 2.1.1 Kapasitas Gaya Damping <i>Fluid Viscous Damper</i> | 6 |
| 2.1.2 Hubungan Gaya Damping dengan Kecepatan..... | 7 |
| 2.1.3 Kekakuan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 7 |
| 2.1.4 Pemasangan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 8 |
| 2.2 Kelebihan dan Kelemahan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 9 |
| 2.2.1 Kelebihan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 9 |
| 2.2.2 Kelemahan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 9 |
| 2.3 Perencanaan Pembebatan | 9 |
| 2.4.1 Beban Mati..... | 9 |
| 2.4.2 Beban Hidup | 10 |

| | | |
|-------------------------|-------------------------------------------------|----|
| 2.4.3 | Beban Angin | 10 |
| 2.4.4 | Beban Gempa..... | 11 |
| 2.4.5 | Kombinasi Pembebanan | 19 |
| 2.4 | Sistem Struktur Gedung..... | 19 |
| 2.4.1 | Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) | 19 |
| 2.5 | Analisis Struktur | 20 |
| 2.5.1 | Partisipasi Massa | 20 |
| 2.5.2 | Periode Fundamental | 20 |
| 2.5.3 | Gaya Geser Dasar | 21 |
| 2.5.1 | Kontrol Simpangan Antar Lantai..... | 22 |
| 2.6 | Perhitungan Struktur Bangunan Atas | 23 |
| 2.6.1. | Pelat Lantai | 23 |
| 2.6.2. | Balok..... | 26 |
| 2.6.3. | Kolom | 33 |
| 2.6.4. | Bresing Baja..... | 34 |
| 2.6.5. | Sambungan Bresing | 38 |
| 2.6.6. | Sambungan <i>End Plate</i> | 42 |
| 2.7 | Perhitungan Struktur Bangunan Bawah..... | 42 |
| 2.7.1 | Daya Dukung Tanah | 42 |
| 2.7.2 | Tiang Pancang | 45 |
| 2.7.3 | Pile Cap..... | 46 |
| BAB III METODOLOGI..... | | 49 |
| 3.1 | Diagram Alir | 49 |
| 3.1.1 | Tahapan Analisis | 50 |
| 3.2 | Studi Literatur..... | 51 |
| 3.3 | Pengumpulan Data..... | 51 |
| 3.4 | Analisa Pembebanan..... | 53 |

| | | |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----|
| 3.5 | Permodelan Struktur | 54 |
| 3.6 | Kontrol Struktur | 54 |
| 3.7 | Penggambaran Output Desain..... | 55 |
| 3.8 | Merencanakan Metode Pelaksanaan <i>Fluid Viscous Damper</i> .. | 55 |
| BAB IV ANALISA PEMBEBANAN | | 57 |
| 4.1 | Beban Mati..... | 57 |
| 4.2 | Beban Hidup | 60 |
| 4.3 | Beban Angin | 60 |
| 4.4 | Beban Hujan..... | 64 |
| 4.5 | Beban Gempa..... | 65 |
| 4.5.1. | Respon Spektrum | 65 |
| BAB V ANALISA PERMODELAN STRUKTUR | | 71 |
| 5.1 | Penentuan Lokasi Pemasangan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 71 |
| 5.2 | Permodelan Struktur Eksisting <i>Dual System</i> | 73 |
| 5.2.1 | Kontrol Periode Fundamental | 73 |
| 5.2.2 | Kontrol Simpangan Antar Lantai | 75 |
| 5.3 | Permodelan Struktur SRPMB Tanpa <i>Shearwall</i> | 77 |
| 5.5.1 | Kontrol Periode Fundamental | 78 |
| 5.5.2 | Kontrol Rasio Partisipasi Massa | 80 |
| 5.5.3 | Kontrol Gaya Geser Dasar | 80 |
| 5.5.4 | Kontrol Simpangan Antar Lantai | 82 |
| 5.4 | Menentukan Kapasitas <i>Fluid Viscous Damper</i> | 84 |
| 5.5 | Permodelan Struktur Dengan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 86 |
| 5.5.1 | Input Parameter <i>Fluid Viscous Damper</i> | 86 |
| 5.5.2 | Permodelan <i>Fluid Viscous Damper</i> Pola 1..... | 88 |
| 5.5.3 | Kontrol Periode Fundamental | 89 |
| 5.5.4 | Kontrol Rasio Partisipasi Massa | 91 |

| | | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|
| 5.5.5 | Kontrol Simpangan Antar Lantai | 91 |
| 5.6 | Perbandingan Tiap Alternatif | 93 |
| 5.6.1 | Perbandingan Periode Struktur | 93 |
| 5.6.2 | Perbandingan Gaya Geser Dasar | 94 |
| 5.6.3 | Perbandingan Simpangan Antar Tingkat | 94 |
| 5.6.4 | Perbandingan Simpangan | 97 |
| BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS | | 101 |
| 6.1 | Struktur Pelat Lantai | 101 |
| 6.1.1 | Pelat Lantai | 101 |
| 6.1.2 | Pelat Tangga | 106 |
| 6.1.3 | Pelat Kolam Renang | 109 |
| 6.1.4 | Pelat Atap..... | 114 |
| 6.2 | Struktur Balok..... | 118 |
| 6.3 | Struktur Kolom | 123 |
| 6.4 | Perbandingan Elemen Struktur | 127 |
| 6.4.1 | Struktur Balok..... | 128 |
| 6.4.2 | Struktur Kolom | 128 |
| 6.5 | Breising, Sambungan & Baut Angkur | 129 |
| 6.5.1 | Perhitungan <i>Bracing</i> | 129 |
| 6.5.2 | Perhitungan Sambungan <i>Gusset Plate</i> | 132 |
| 6.5.3 | Perhitungan Baut Angkur | 138 |
| 6.5.4 | Perhitungan Sambungan HSS-FVD..... | 142 |
| BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR PONDASI | | 145 |
| 7.1 | Umum | 145 |
| 7.2 | Perhitungan Pondasi | 145 |
| 7.2.1 | Perhitungan Daya Dukung Tanah..... | 147 |
| 7.2.2 | Perhitungan Pondasi | 150 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| BAB VIII METODE PELAKSANAAN DAN RAB <i>FLUID VISCOSUS DAMPER</i> | 161 |
| 8.1 Metode Pelaksanaan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 161 |
| 8.1.1 Fabrikasi Profil Baja HSS | 162 |
| 8.1.2 Fabrikasi Profil Plat Baja | 162 |
| 8.1.3 Pemasangan <i>Baseplate</i> | 163 |
| 8.1.4 Pemasangan <i>Gusset Plate</i> dan Sambungan | 164 |
| 8.1.5 Uplifting Bracing HSS | 164 |
| 8.1.6 Pemasangan Bracing HSS | 165 |
| 8.1.7 Pemasangan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 165 |
| 8.2 Rencana Anggaran Biaya <i>Fluid Viscous Damper</i> | 166 |
| 8.2.1 Volume Pekerjaan | 166 |
| 8.2.2 Perhitungan Total Biaya Kebutuhan Pemasangan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 169 |
| BAB IX PENUTUP | 171 |
| 9.1 Kesimpulan | 171 |
| 9.2 Saran | 172 |
| DAFTAR PUSTAKA | 173 |

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Ilustrasi Gedung Nayumi SamTower | 3 |
| Gambar 2.1 Potongan Memanjang <i>FVD</i> | 5 |
| Gambar 2.2 Contoh Aplikasi <i>FVD</i> pada Gedung | 6 |
| Gambar 2.3 Grafik Hubungan Antara Gaya Damper dan Kecepatan | 7 |
| Gambar 2.4 Model Pemasangan <i>Fluid Viscous Damper</i> | 8 |
| Gambar 2.5 Parameter Gerak tanah Periode Pendek (<i>Ss</i>) | 14 |
| Gambar 2.7 Peta Transisi Periode Panjang (<i>T_L</i>) | 15 |
| Gambar 2.8 Spektrum Respons Desain | 18 |
| Gambar 2.9 Penentuan Simpangan Antar Lantai | 22 |
| Gambar 2.10 Balok L dan T | 24 |
| Gambar 2.11 Penampang Tulangan Rangkap, Diagram Regangan, Diagram Tegangan | 27 |
| Gambar 2.12 Offset Tulangan Kolom | 34 |
| Gambar 2.13 <i>End Tee Bolted Connection</i> Dan <i>Slotted HSS/Gusset Bolted Connection</i> | 39 |
| Gambar 2.14 Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Pancang | 43 |
| Gambar 2.15 Diagram <i>l/d</i> Untuk Mencari Daya Dukung Tanah | 44 |
| Gambar 2.16 Mencari Panjang Ekivalen | 44 |
| Gambar 2.16 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang | 45 |
| Gambar 2.18 Efisiensi Kelompok Tiang | 45 |
| Gambar 3.1 Denah Apartemen Nayumi Sam Tower | 52 |
| Gambar 3.2 (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang Apartemen Nayumi Sam Tower | 53 |
| Gambar 3.3 Permodelan Struktur Pada ETABS 17 | 54 |
| Gambar 4.1 Denah <i>Hoistway</i> | 58 |
| Gambar 4.2 Denah Ruang Mesin..... | 58 |
| Gambar 4.3 Potongan <i>Hoistway</i> | 59 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.4 Ilustrasi Beban Angin yang Bekerja | 62 |
| Gambar 4.5 Respon Spektrum Desain Kota Malang | 70 |
| Gambar 5.1 Model Struktur Eksisting <i>Dual System</i> | 73 |
| Gambar 5.2 Model Struktur SRPMB <i>Open Frame</i> | 78 |
| Gambar 5.3 Input FVD ke ETABS | 87 |
| Gambar 5.4 Support Link Pada ETABS..... | 88 |
| Gambar 5.5 Model Pemasangan FVD | 88 |
| Gambar 5.6 Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X..... | 95 |
| Gambar 5.7 Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah Y | 96 |
| Gambar 5.8 Grafik Simpangan Arah X | 98 |
| Gambar 6.1 Denah Pelat yang Ditinjau | 101 |
| Gambar 6.2 Denah Pelat yang Ditinjau | 106 |
| Gambar 6.3 Denah Pelat yang Ditinjau | 109 |
| Gambar 6.4 Denah Pelat yang Ditinjau | 114 |
| Gambar 6.5 Kolom yang Ditinjau | 124 |
| Gambar 6.6 Hasil Perhitungan dengan SpColumn | 125 |
| Gambar 6.7 Panjang Kait Tulangan Kolom | 126 |
| Gambar 6.8 Skema Sambungan FVD & <i>Bracing</i> | 129 |
| Gambar 6.9 Posisi FVD..... | 130 |
| Gambar 6.10 Sketsa Sambungan Bresing HSS- <i>Gusset Plate</i> | 133 |
| Gambar 6.11 Penyebaran Gaya Melalui Kepala Pelat..... | 137 |
| Gambar 6.12 Visualisasi Jebol (<i>Breakout</i>) Baut Sisi Tepi | 139 |
| Gambar 6.13 Skema Pengambilan Nilai A_{Nc} | 140 |
| Gambar 6.14 Skema <i>End Plate Connector</i> HSS-FVD | 143 |
| Gambar 7.1 Denah Rencana Pondasi | 145 |
| Gambar 7.2 Brosur Spesifikasi Tiang Pancang | 146 |
| Gambar 7.4 Jarak Tiang Pancang dan Pondasi..... | 151 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 7.5 Daya Dukung Tiang Pondasi | 152 |
| Gambar 7.6 Mekanika Gaya pada <i>pilecap</i> Arah X | 156 |
| Gambar 8.1 Fabrikasi Profil Baja HSS untuk Elemen Bresing..... | 162 |
| Gambar 8.2 Fabrikasi Profil Plat tebal 25 mm..... | 162 |
| Gambar 8.3 Fabrikasi <i>Baseplate</i> | 163 |
| Gambar 8.4 Pemasangan Baseplate pada Kolom..... | 163 |
| Gambar 8.5 Pemasangan Gusset Plate..... | 164 |
| Gambar 8.6 Uplifting Bracing HSS | 164 |
| Gambar 8.7 Pemasangan Bracing HSS..... | 165 |
| Gambar 8.8 Pemasangan FVD..... | 165 |

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Perencanaan Beban Mati menurut SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1 | 9 |
| Tabel 2.2 Perencanaan Beban Hidup menurut (SNI 1727:2020)Tabel 4.3-1 | 10 |
| Tabel 2.3 Kategori risiko bangunan SNI 1726-2019 Tabel 3 | 11 |
| Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019) Tabel 4 | 13 |
| Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Situs..... | 14 |
| Tabel 2.6 Nilai Perceptan Respon Spektrum Apartemen Nayumi Sam Tower | 16 |
| Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_a | 17 |
| Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a | 17 |
| Tabel 2.11 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung .. | 20 |
| Tabel 2.12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x | 21 |
| Tabel 2.13 h Minimum Pada Pelat Lantai | 23 |
| Tabel 2.14 Luas Minimum Tulangan (SNI 2847 : 2013)..... | 26 |
| Tabel 2.15 Tinggi Minimum Balok | 26 |
| Tabel 2.16 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tarik | 30 |
| Tabel 2.17 Faktor Modifikasi Untuk Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tarik..... | 31 |
| Tabel 2.18 Faktor Modifikasi Untuk Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tekan | 32 |
| Tabel 2.19 Batas Rasio Kelangsungan Penampang | 36 |
| Tabel 4.1 Spesifikasi Lift..... | 57 |
| Tabel 4.2 Koefisien Tekan Dinding..... | 62 |
| Tabel 4.3 Rekapitulasi Beban Angin yang Terjadi | 63 |
| Tabel 4.4 Rekapitulasi Beban Angin yang Terjadi Setiap Lantai | 64 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.5 Nilai Percepatan Respon Spektrum Apartemen Nayumi Sam Tower..... | 66 |
| Tabel 4.6 Koefisien Situs, F_a | 67 |
| Tabel 4.7 Koefisien Situs, F_a | 67 |
| Tabel 4.8 Rekapitulasi Respons Spektrum | 69 |
| Tabel 5.1 Denah Pemasangan FVD | 71 |
| Tabel 5.2 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung.... | 74 |
| Tabel 5.3 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x | 74 |
| Tabel 5.4 Periode Struktur Bangunan | 75 |
| Tabel 5.5 Simpangan Antar Tingkat Izin | 76 |
| Tabel 5.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X | 76 |
| Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y | 77 |
| Tabel 5.8 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung.... | 78 |
| Tabel 5.9 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x | 79 |
| Tabel 5.10 Periode Struktur Bangunan | 80 |
| Tabel 5.11 Rasio Partisipasi Massa Struktur | 80 |
| Tabel 5.12 Berat Struktur | 81 |
| Tabel 5.13 Gaya Geser Gempa Dinamis dari ETABS | 82 |
| Tabel 5.14 Simpangan Antar Tingkat Izin | 83 |
| Tabel 5.15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X | 83 |
| Tabel 5.16 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y | 84 |
| Tabel 5.17 Spesifikasi FVD | 85 |
| Tabel 5.18 Rekomendasi Nilai Kekakuan FVD | 85 |
| Tabel 5.19 Rekapitulasi Kapasitas FVD Rencana..... | 86 |
| Tabel 5.20 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung... | 89 |
| Tabel 5.21 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x | 90 |
| Tabel 5.22 Periode Struktur Bangunan | 90 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 5.23 Rasio Partisipasi Massa Struktur | 91 |
| Tabel 5.24 Simpangan Antar Tingkat Izin..... | 92 |
| Tabel 5.25 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X | 92 |
| Tabel 5.26 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y | 93 |
| Tabel 5.27 Periode Struktur | 94 |
| Tabel 5.28 Periode Struktur | 94 |
| Tabel 5.29 Simpangan Antar Tingkat Arah X | 95 |
| Tabel 5.30 Simpangan Antar Tingkat Arah Y | 96 |
| Tabel 5.31 Simpangan Arah X | 97 |
| Tabel 5.32 Simpangan Arah Y | 98 |
| Tabel 6.1 Koefisien Momen Pelat | 102 |
| Tabel 6.2 Koefisien Momen Pelat | 110 |
| Tabel 6.3 Koefisien Momen Pelat | 115 |
| Tabel 6.4 Rekapitasi Gaya Dalam Balok B1 | 119 |
| Tabel 6.5 Gaya Dalam Kolom (Aksial dan Geser) | 123 |
| Tabel 6.6 Gaya Dalam Kolom (Torsi dan Momen) | 123 |
| Tabel 6.7 Perbandingan Elemen Struktur Balok | 128 |
| Tabel 6.8 Perbandingan Elemen Struktur Kolom | 128 |
| Tabel 6.9 Kuat Baut Angkur Berdasarkan Pola Keruntuhan | 138 |
| Tabel 6.10 Rekapitulasi Kuat Batas Angkur | 142 |
| Tabel 7.1 Data Tanah..... | 147 |
| Tabel 7.2 Data Tanah..... | 148 |
| Tabel 7.2 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Tetap..... | 152 |
| Tabel 7.3 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Sementara Arah X | 153 |
| Tabel 7.3 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Sementara Arah Y | 153 |
| Tabel 8.1 Volume Pekerjaan..... | 166 |
| Tabel 8.2 Total Biaya | 169 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang dikelilingi oleh cincin api (*Ring of Fire*). Daerah yang berada pada kawasan ini memiliki potensi gempa dan tsunami akibat aktifnya gunung-gunung berapi. Hal ini membuat wilayah khususnya Jawa Timur memiliki resiko gempa yang tinggi karena disebabkan oleh lempeng tektonik dan gunung berapi. Karena kondisi tersebut, maka bangunan-bangunan gedung di Indonesia dituntut untuk tahan terhadap gempa. Seperti halnya gedung Apartemen Nayumi Sam Tower Malang.

Sebelumnya gedung ini menggunakan dua sistem (*Dual System*). Yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Dinding Geser (*Shear Wall*). Dinding geser diletakkan di sisi-sisi lift dan tangga darurat di seluruh tingkat. Pada gedung ini akan dimodifikasi dengan mengganti dinding geser menjadi alat peredam gempa (*damper*). Bangunan ini memiliki jumlah lantai sebanyak 20 lantai beserta semi *basement* dan atap. Gedung Apartemen Nayumi Sam Tower didesain dengan menggunakan peraturan gempa SNI-1726-2012 dan peraturan beban yang mengacu pada SNI 1727-2013. Sehingga dibutuhkan modifikasi seiring dengan keluarnya peraturan gempa baru yaitu SNI 1726-2019. Peraturan baru ini membuat *response spectrum* gempa menjadi lebih besar dari peraturan sebelumnya.

Untuk mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat gempa, telah dikembangkan metode perencanaan bangunan tahan gempa. Metode ini bekerja dengan meredam gaya gempa dengan menggunakan peredam (*Damper*). Sehingga, struktur bangunan menjadi lebih elastis dan mampu meredam guncangan gempa. Alat peredam gempa ada berbagai jenis, seperti *hysteretic damper*, *fluid viscous damper*, *tued mass*, *lock up devices*, *base isolator* dan lain-lain. Namun, alat peredam gempa yang akan dibahas adalah *fluid viscous damper* (*FVD*) yang akan diterapkan pada gedung Apartemen Nayumi SamTower yang berlokasi di Kota Malang. *Fluid Viscous Damper* (*FVD*) dipilih sebagai alternatif yang lebih baik karena biaya tambahan yang diakibatkan kurang dari 1% dari biaya konstruksi (relatif karena peralatan produsennya harus impor), penggunaan dan penempatannya yang lebih fleksibel dibandingkan dengan *bracing* konvensional, dan yang terpenting adalah pembentukan sendi plastis pada elemen-elemen struktur dicegah sehingga struktur tetap

pada keadaan elastis (Scholl and Miyamoto, 1998). Serta tidak membutuhkan persyaratan khusus seperti halnya *Base Isolator* yang membutuhkan persyaratan tidak dapat digunakan pada klasifikasi tanah lunak.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada penulisan Proyek Akhir ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan kinerja struktur meliputi periode struktur, *base shear*, kebutuhan elemen struktur dan simpangan lantai total antara kondisi eksisting dengan kondisi sesudah dipasang FVD?
2. Bagaimana menempatkan FVD pada struktur gedung sehingga struktur dapat menerima beban lateral dengan baik?
3. Bagaimana menjelaskan metode pelaksanaan dari *Fluid Viscous Damper* (FVD)?
4. Bagaimana menghitung biaya dari pelaksanaan *Fluid Viscous Damper* (FVD)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas pada Proyek Akhir ini terbatas pada :

1. Proyek akhir ini tidak meninjau arsitektur, manajemen proyek dan mekanikal elektrikal.
2. Metode pelaksanaan hanya membahas pada pengerjaan *Fluid Viscous Damper* (FVD).
3. Rencana anggaran biaya hanya meninjau pada pengerjaan *Fluid Viscous Damper* (FVD).

1.4 Tujuan

Tujuan penulisan proyek akhir ini yaitu :

1. Mengetahui perbandingan kinerja struktur meliputi periode struktur, *base shear*, kebutuhan elemen struktur dan simpangan lantai total antara kondisi eksisting dengan kondisi sesudah dipasang FVD.
2. Mengetahui pola penempatan FVD pada struktur gedung sehingga struktur dapat menerima beban lateral dengan baik.
3. Menjelaskan metode pelaksanaan dari *Fluid Viscous Damper* (FVD).
4. Mengetahui biaya dari pelaksanaan *Fluid Viscous Damper* (FVD).

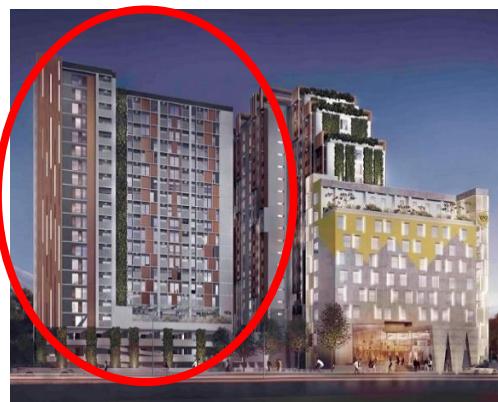
1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan adalah :

1. Mampu merencanakan struktur gedung bertingkat menggunakan alat peredam gempa, *fluid viscous damper* (FVD)
2. Menambah kemampuan dan wawasan secara lebih detail mengenai alternatif sistem struktur tahan gempa sehingga dapat diterapkan pada proyek sejenis maupun tidak.

1.6 Gambaran Umum Proyek

| | |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Nama gedung | : Gedung Apartement Nayumi Sam Tower |
| Lokasi gedung | : Jl. Soekarno Hatta No. 18, Kec. Lowokwaru, Malang. |
| Konsultan struktur | : PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung |
| Kontraktor | : PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung |
| Struktur Semula | : Beton bertulang dengan <i>dual system</i> (SRPM dan <i>Shearwall</i>) |
| Struktur Modifikasi | : Beton bertulang dengan SRPMB dan <i>Fluid Viscous Damper</i> (FVD) |
| Jumlah Lantai | : 20 lantai, 1 lantai semi basement dan 1 lantai atap. |



Gambar 1.1 Ilustrasi Gedung Nayumi SamTower
Sumber : Data Proyek Nayumi SamTower

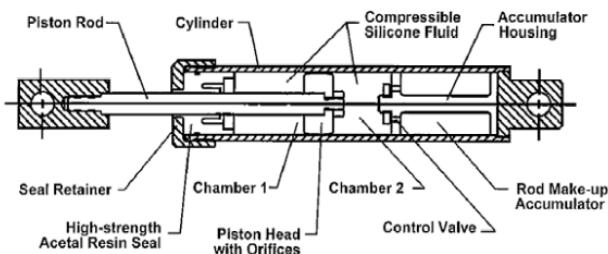
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Fluid Viscous Damper* (FVD)

Fluid Viscous Damper (FVD) adalah salah satu alat peredam gempa yang digunakan untuk meredam suatu gaya dinamis yang bekerja pada struktur seperti beban gempa, beban angin, dan beban getaran mesin. *Fluid viscous damper* (FVD) juga berfungsi sebagai peredam tambahan dengan mereduksi tegangan dan defleksi saat pembebahan terjadi serta mereduksi gaya (Taylor and Duflot, 2002). Selain FVD terdapat *damper* lain yang sejenis, yaitu *hysteretic damper* yang memiliki besaran *damper* yaitu fungsi dari deformasi, yang artinya semakin besar kerusakan yang terjadi maka *damper* ini semakin efektif karena *damper* ini cocok untuk menjaga struktur agar tidak rubuh atau dalam kondisi ultimate bukan kondisi service. Sedangkan FVD bergantung pada *velocity* yang artinya FVD dapat bekerja efektif baik dalam kondisi gempa service maupun ultimate. (Tanaka *et al.*, 2004)



Gambar 2.1 Potongan Memanjang FVD

Sumber : (Narkhede and Sinha, 2012)

Fluid Viscous Damper (FVD) menghilangkan energi dengan merubah energi kinetik menjadi energi panas, selanjutnya panas yang terjadi menghilang di udara. (Taylor and Duflot, 2002). *Fluid Viscous Damper* (FVD) terdiri dari piston baja tahan karat dengan kepala lubang perunggu dan akumulator piston. Peredam diisi dengan cairan kental yang dapat dimapatkan yang umumnya tidak mudah terbakar, tidak beracun, aman bagi lingkungan, dan stabil secara termal. (Narkhede and Sinha, 2012). Cara kerja FVD adalah jika piston FVD tertekan, fluida akan

mengalir dari *Chamber 2* (Ruang 2) ke *Chamber 1* (Ruang 1), sebaliknya jika piston FVD tertarik, maka fluida mengalir dari *Chamber 1* ke *Chamber 2*. Perbedaan tekanan yang besar yang melewati lubang menciptakan sebuah gaya redaman.

Pada struktur FVD, gaya redaman = 0 pada saat defleksi maksimum, karena kecepatan stroke = 0 dan kemudian berbalik arah. Saat kolom berbalik arah ke posisi semula maka akan menyebabkan kecepatan stroke menjadi maksimum atau gaya redamanannya maksimum. Pada posisi normal, tegangan kolom adalah minimum. Maka penggunaan FVD tidak akan meningkatkan beban pada kolom akibat gaya yang dikeluarkan karena saat gempa terjadi gaya damper maksimum dan tegangan pada kolom menjadi minimum.



Gambar 2.2 Contoh Aplikasi *FVD* pada Gedung
Sumber : (Taylor Devices Inc., 2020)

2.1.1 Kapasitas Gaya Damping *Fluid Viscous Damper*

Kapasitas peredam yang akan digunakan harus sesuai dengan kebutuhan gaya-gaya *bracing* yang sudah dimodelkan pada struktur. Pada umumnya tersedia mulai dari kapasitas 250 kN sampai 8000 kN.

FVD akan mendisipasi energi berdasarkan kecepatan gerak dari bagian *damper*. Gaya redaman/*damper* adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

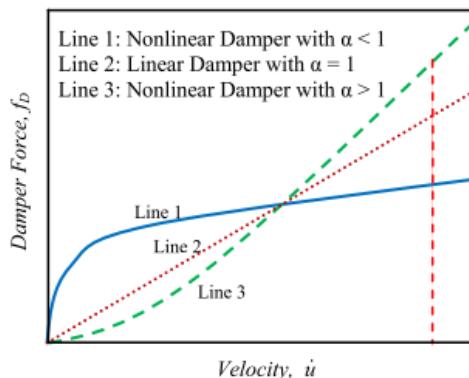
F_D = Gaya damping

C = Konstanta damping

V = Kecepatan

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

2.1.2 Hubungan Gaya Damping dengan Kecepatan



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Antara Gaya Damper dan Kecepatan
Sumber : (Narkhede and Sinha, 2012)

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan gaya damper yang terbagi menjadi tiga tipe. *Fluid viscous damper* dengan $\alpha = 1$ termasuk ke dalam linear damper, dimana gaya damping sebanding dengan kecepatan. Sedangkan jika $\alpha < 1$ atau $\alpha > 1$ disebut dengan damper non linear. Selain itu, gambar di atas juga menunjukkan besar gaya damper yang dihasilkan bergantung dengan kecepatan gerakan piston, besar lubang yang dilalui cairan, dan kekentalan cairan.

2.1.3 Kekakuan *Fluid Viscous Damper*

Kekakuan dari *fluid viscous damper* seperti diuraikan dalam persamaan berikut (Taylor, 2002):

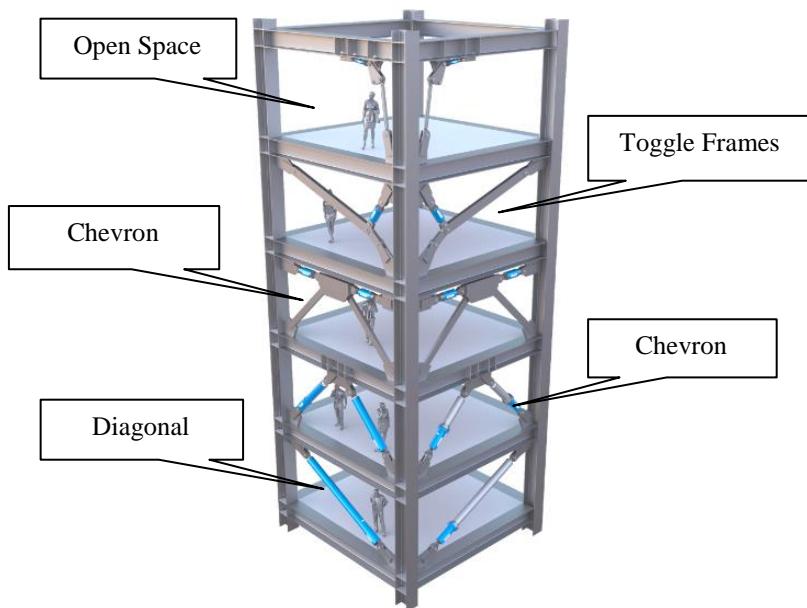
$$K = \frac{AE}{L} \quad (2.2)$$

Dimana :

- K = Kekakuan *fluid viscous damper* $\left[\frac{kg}{m}\right]$
- A = Luas selimut *fluid viscous damper* $[m^2]$
- E = Modulus elastisitas penampang $\left[\frac{kg}{m^2}\right]$
- L = Panjang *fluid viscous damper* [m]

2.1.4 Pemasangan *Fluid Viscous Damper*

Pemasangan *fluid viscous damper* memiliki banyak metode yang ada, namun konsep dasarnya adalah menghubungkan peredam di mana pergerakan akan terjadi, seperti di antara sambungan balok dan kolom atau antara permukaan lantai yang mengalami deformasi relatif satu sama lain. Berikut adalah beberapa contoh pemasangan *fluid viscous damper* :



Gambar 2.4 Model Pemasangan *Fluid Viscous Damper*
Sumber : (Taylor Devices Inc., 2020)

2.2 Kelebihan dan Kelemahan *Fluid Viscous Damper*

Pada dasarnya, *fluid viscous damper* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, berikut adalah diantaranya :

2.2.1 Kelebihan *Fluid Viscous Damper*

1. Dapat mereduksi gerakan struktur akibat gempa.
2. Fleksibel dalam pemilihan lokasi penempatan.
3. Peredam pasif yang mudah dipasang tanpa ketergantungan pada sumber energi luar.
4. Tahan lama dan minim perawatan

2.2.2 Kelemahan *Fluid Viscous Damper*

1. *FVD* umumnya dipasang pada struktur atas gedung sehingga dapat mengurangi nilai arsitektural.
2. Pada pemasangan perlu tambahan *bracing* karena panjang *FVD* yang tersedia di pasaran hanya sekitar 1 meter sehingga tidak mencapai panjang diagonal suatu portal yang akan dipasang.

2.3 Perencanaan Pembebatan

Pembebatan pada gedung Emerald Tower Apartemen Nayumi SamTower direncanakan dengan menggunakan peraturan pembebatan SNI 1727-2020 untuk beban hidup dan beban mati serta SNI 1726-2019 untuk beban gempa.

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi yang terpasang pada bangunan gedung termasuk dinding, lantai, atap, plafond, finishing, dan komponen lainnya.

Beban mati yang terdapat pada gedung ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perencanaan Beban Mati menurut SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1

| Jenis Beban | Beban | Satuan |
|-------------------------|-------|-------------------|
| Beban Beton Bertulang | 24 | kN/m ³ |
| Beban Spesi dan Keramik | 1.1 | kN/m ² |
| Penggantung Plafond | 0.1 | kN/m ² |
| Plafond | 0.05 | kN/m ² |

| | | |
|---------------------------|------|-------------------|
| Lapisan <i>waterproof</i> | 0.05 | kN/m ² |
| Dinding Bata | 5.51 | kN/m ² |

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna gedung dan tidak termasuk beban struktural. Beban hidup yang terdapat gedung ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Perencanaan Beban Hidup menurut (SNI 1727:2020) Tabel 4.3-1

| Jenis Beban | Beban | Satuan |
|--------------------------|-------|-------------------|
| Beban Hidup Apartemen | 1.92 | kN/m ² |
| Beban Hidup Parkiran | 1.92 | kN/m ² |
| Beban Hidup Kolam Renang | 3.39 | kN/m ² |
| Beban Hidup Tangga | 1.33 | kN/m ² |
| Beban Atap Datar | 0.96 | kN/m ² |

2.4.3 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang tegak lurus dengan tinggi bangunan. Beban angin diatur dalam SNI 1727-2020 pasal 27. Berikut adalah langkah-langkah menentukan beban angin pada bangunan gedung :

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V
3. Menentukan parameter beban angin :
 - Faktor arah angin, K_d
 - Kategori eksposur
 - Faktor topografi, K_z
 - Faktor elevasi tanah, K_e
 - Faktor efek hembusan angin, G atau G_f
 - Klasifikasi ketertutupan
 - Koefisien tekanan internal, GC_{pi}
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h

5. Menentukan tekanan velositas q_z atau q_h
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal C_p
7. Menghitung tekanan angin, P .

2.4.4 Beban Gempa

Peraturan gempa terbaru SNI 1726-2019 menyebutkan bahwa gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur 50 tahun adalah 2%.

1. Kategori Risiko Bangunan Dan Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko bangunan dibedakan berdasarkan fungsi bangunan, tingginya risiko terhadap jiwa manusia, dan menimbulkan gangguan di kehidupan masyarakat pada saat bangunan mengalami kegagalan struktur.

Tabel 2.3 Kategori risiko bangunan SNI 1726-2019 Tabel 3

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

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko 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 UGD • Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan masal 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 idak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar 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, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> | <p>III</p> <p>IV</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 UGD • 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 tanggapdarurat • Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaandarurat • Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaandarurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV</p> | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa Ie .

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019) Tabel 4

| Kategori Risiko | Faktor Keutamaan Gempa, Ie |
|-----------------|------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

2. Klasifikasi Kelas Situs

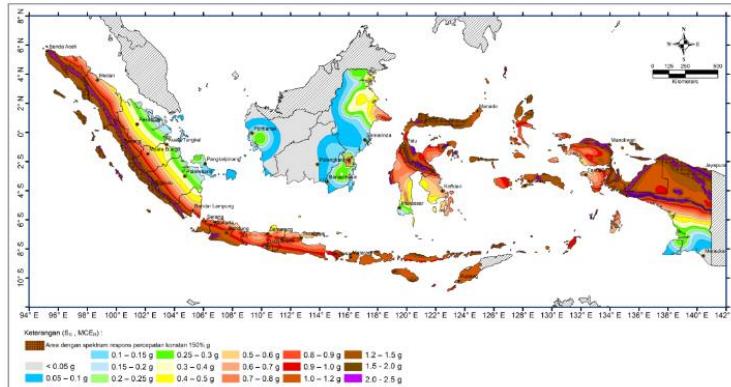
Klasifikasi situs dalam merencanakan beban gempa dengan cara identifikasi data tanah. Dari nilai N-SPT dapat ditentukan kelas situs pada bangunan. Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF.

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Situs

| Kelas situs | \bar{V}_s (m/detik) | \bar{N} atau \bar{N}_{ch} | \bar{s}_u (kPa) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras) | >1500 | N/A | N/A |
| SB (batuan) | 750 sampai 1500 | N/A | N/A |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750 | >50 | ≥ 100 |
| SD (tanah sedang) | 175 sampai 350 | 15 sampai 50 | 50 sampai 100 |
| SE (tanah lunak) | < 175 | <15 | < 50 |
| Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> Indeks plastisitas, $PI > 20$, Kadar air, $w \geq 40\%$, Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa | | | |
| SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0) | 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 likufaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) | | |

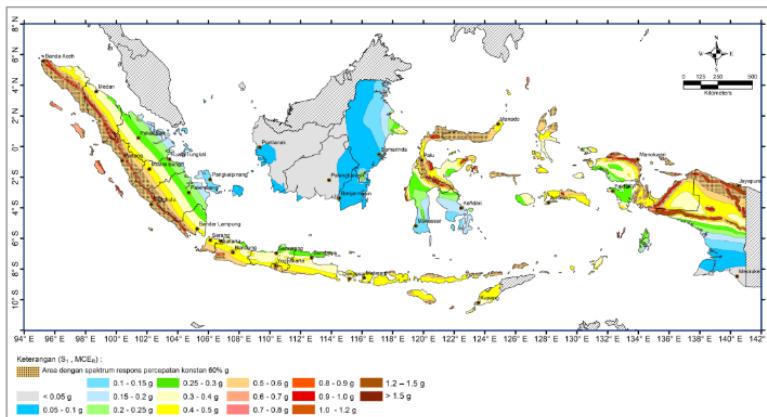
3. Percepatan Respon Spektrum

Percepatan respon gempa untuk periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_I) dibedakan sesuai dengan daerah-daerah yang ada di Indonesia, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :

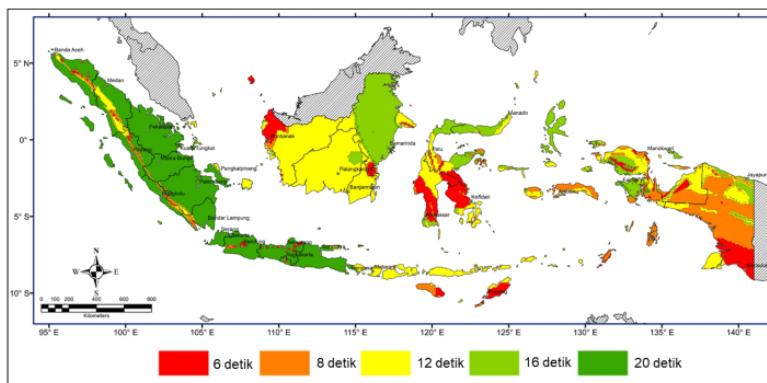


Gambar 2.5 Parameter Gerak tanah Periode Pendek (S_s)

Sumber : (SNI 1726:2019)



Gambar 2.6 Parameter Gerak tanah Periode 1 Detik (S_1)
Sumber : (SNI 1726:2019)



Gambar 2.7 Peta Transisi Periode Panjang (T_L)
Sumber : (SNI 1726:2019)

Percepatan respon gempa untuk periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_1) diperoleh dengan menggunakan SNI 1726-2019 dengan nilai yang diperoleh berikut :

Tabel 2.6 Nilai Percepatan Respon Spektrum Apartemen Nayumi Sam Tower

| Percepatan Respon Gempa | Gambar | Nilai |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Percepatan Periode Pendek (S_s) |  | 0,88 g |
| Percepatan Periode 1 Detik (S_1) |  | 0,41 g |
| Periode Transisi (T_L) |  | 20 detik |

4. Koefisien dan Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang di Perimbangkan risika – tertarget (MCE_R)

Nilai percepatan respon gempa untuk periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_1) yang diperoleh dari gambar 2.5 dan 2.6 tidak dapat langsung digunakan. Diperlukan adanya suatu faktor pembesaran pada periode 0.2 detik dan periode 1 detik. Nilai faktor pembesaran pada getaran periode

pendek (F_a) dan faktor pembesaran pada getaran periode 1 detik (F_v) dibagi berdasarkan kelas situs tanah dan nilai percepatan respon gempa untuk periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_1).

Nilai parameter respons spektrum untuk perioda pendek dan periode 1 detik dalam SNI 1726-2019 ditentukan sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.3)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.4)$$

Dengan nilai koefisien situs F_a dan F_v yang ditentukan pada SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut ini :

Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_a

| Kelas situs | Parameter respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCE_R) terpetakan pada periода pendek, $T = 0.2$ detik, S_s | | | | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | $S_s \leq 0.25$ | $S_s = 0.5$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.0$ | $S_s = 1.25$ | $S_s > 1.5$ |
| <i>SA</i> | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| <i>SB</i> | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| <i>SC</i> | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| <i>SD</i> | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| <i>SE</i> | 2.4 | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.8 |
| <i>SF</i> | SS ^(a) | | | | | |

Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a

| Kelas situs | Parameter respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 | | | | | |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| | $S_s \leq 0.25$ | $S_s = 0.5$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.0$ | $S_s = 1.25$ | $S_s \geq 1.5$ |
| <i>SA</i> | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| <i>SB</i> | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| <i>SC</i> | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.4 |
| <i>SD</i> | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 |
| <i>SE</i> | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.4 | 2.2 | 2.0 |
| <i>SF</i> | SS ^(a) | | | | | |

5. Parameter Percepatan Desain Spektral

Parameter percepatan desain spektral untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik S_{D1} harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 6.3 :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.5)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.6)$$

6. Desain Respon Spektrum

Bentuk kurva respon spektrum pada SNI 1726-2019 terbagi menjadi 4 segmen dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk periода lebih kecil dari T_0 , respon spektrum percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

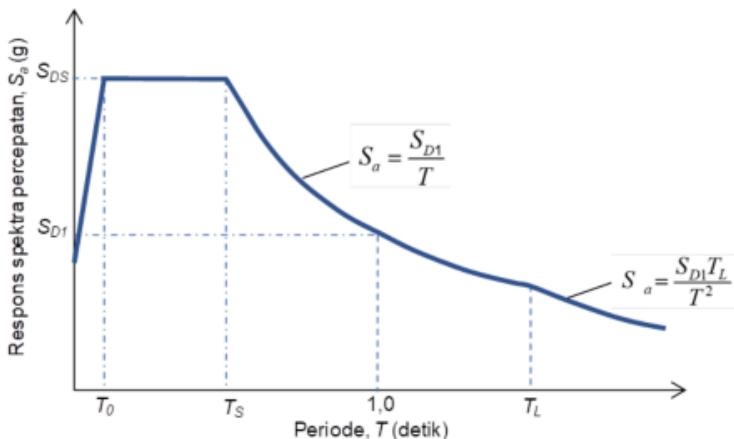
$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.7)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.8)$$

- Untuk Perioda lebih besar dari T_L , spektrum respon percepatan desain, S_a diambil dari persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (2.9)$$



Gambar 2.8 Spektrum Respons Desain

Sumber : (SNI 1726:2019)

2.4.5 Kombinasi Pembebaan

Kombinasi pembebaan yang digunakan dalam perhitungan beton bertulang sesuai dengan SNI 1726 – 2019 dengan kombinasi pembebaan sebagai berikut :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau R)
3. 1,2D + 1,6(L_r atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau R)
5. 0,9D + 1,0W
6. 1,2D + E_v + E_h + L
7. 0,9D – E_v + E_h

2.4 Sistem Struktur Gedung

Sistem struktur gedung yang awalnya menggunakan *dual system* yaitu SRPM dan *shearwall*. Pada desain alternatif ini *shearwall* akan diganti menggunakan *fluid viscous damper* yang akan membuat hilangnyakekakuan struktur gedung dan membuat struktur menjadi lebih elastis. Fluid *Viscous Damper* telah terbukti dapat mereduksi getaran struktur akibat pengaruh beban angin dan beban gempa pada struktur. FVD juga dapat melindungi struktur dari kerusakan elemen struktur yang berlebihan (Lu, Li and Jia, 2018). Selain itu, yang terpenting adalah pembentukan sendi plastis pada elemen-elemen struktur dicegah sehingga struktur tetap pada keadaan elastis (Scholl and Miyamoto, 1998). Maka dari itu, sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

2.4.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Persyaratan SRPMB sebagai penahan gaya gempa didasarkan pada SNI 2847-2019 pada pasal 18.3 sebagai berikut :

1. Balok
Balok harus memiliki paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua sisi atas dan bawah penampang. Tulangan bawah yang menerus harus memiliki luas tidak kurang dari seperempat luas maksimum tulangan bawah. Tulangan ini harus diangkur untuk dapat mencapai kekuatan leleh tarik f_y pada muka tumpuan.
2. Kolom
Kolom yang mempunyai panjang tak tertumpu bersih kurang dari sama dengan lima kali dimensi C₁ harus didesain untuk geser. ϕV_n kolom yang menahan pengaruh gempa, E, tidak boleh kurang dari yang terkecil dari :

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tinggi.
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan oleh Ω_0 sebagai pengganti E.

2.5 Analisis Struktur

2.5.1 Partisipasi Massa

Kontrol partisipasi massa diatur dalam SNI 1726-2019 yang harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi 100% dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, dizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05s dalam mode *single rigid body*.

2.5.2 Periode Fundamental

Periode fundamental struktur, T dalam arah yang ditinjau tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas periode yang dihitung (Cu) dan periode fundamental pendekatan (Ta).

$$T < Ta Cu \quad (2.10)$$

Dengan Cu diperoleh dari tabel berikut ini :

Tabel 2.11 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung

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

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 17

Periode fundamental pendekatan (T_a) ditentukan dari persamaan berdasarkan SNI 1726-2019 berikut ini :

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.11)$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental (detik)

h_n = ketinggian struktur (m)

Ct dan x = Koefisien yang ditentukan pada SNI 1726-2019

Tabel 2.12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x

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

2.5.3 Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar seismik ditentukan dalam arah yang ditetapkan pada SNI 1726-2019 dari persamaan berikut ini :

$$V = Cs \cdot W \quad (2.12)$$

Dimana :

Cs = Koefisien respon yang ditentukan dari SNI 1726-2019

W = berat seismik efektif struktur (harus menyertakan seluruh beban mati struktur)

Nilai Cs ditentukan dari :

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.13)$$

Dimana :

S_{DS} = Parameter percepatan respon dalam perioda pendek

R = koefisien modifikasi respon yang terdapat pada SNI 1726-2019

I_e = Faktor keutamaan gempa pada tabel 2.4

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan di atas tidak melebihi nilai persamaan berikut ini :

- Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.14)$$

- Untuk $T > T_L$

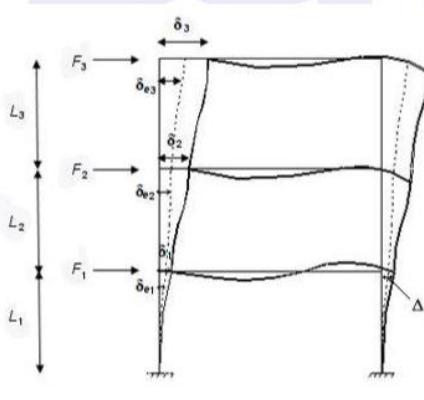
$$C_s = \frac{S_{D1}T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.15)$$

Dengan C_s tidak kurang dari $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$

2.5.1 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada gedung tidak boleh melebihi simpangan yang diizinkan (Δ_{izin}). Simpangan antar lantai (δ_x) harus ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 dari persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}{I_e} < \Delta_{izin} \quad (2.16)$$



Tingkat 3

F_3 = gaya gempa desain tingkat kekuatan
 δ_{e3} = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan
 $\delta_3 = C_d \delta_{e3}/I_E$ = perpindahan yang diperbesar
 $\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2})C_d/I_E \leq \Delta_d$ (Tabel 16)

Tingkat 2

F_2 = gaya gempa desain tingkat kekuatan
 δ_{e2} = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan
 $\delta_2 = C_d \delta_{e2}/I_E$ = perpindahan yang diperbesar
 $\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d/I_E \leq \Delta_d$ (Tabel 16)

Tingkat 1

F_1 = gaya gempa desain tingkat kekuatan
 δ_{e1} = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan
 $\delta_1 = C_d \delta_{e1}/I_E$ = perpindahan yang diperbesar
 $\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta_d$ (Tabel 16)
 Δ_l = Simpangan antar lantai
 Δ_l/L_i = Rasio simpangan antar lantai
 δ_3 = Perpindahan total

Gambar 5 - Penentuan simpangan antar lantai

Gambar 2.9 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Dimana :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726-2019

Δ_x = simpangan di tingkat ke-x

I_e = faktor keutamaan gempa

$$\Delta \text{izin} = 0,02 h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian antar lantai

2.6 Perhitungan Struktur Bangunan Atas

Perhitungan struktur atas direncanakan dengan menggunakan sistem struktur SRPMB dan berdasarkan SNI 2847-2019.

2.6.1. Pelat Lantai

Perhitungan dimensi pelat lantai dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.2. Untuk pelat pelat non prategang dengan balok membentang di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan pelat keseluruhan h harus memenuhi batasan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.13 h Minimum Pada Pelat Lantai

| a_m | h minimum, mm | |
|----------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $0,2 < a_m \leq 2,0$ | Terbesar dari : | $\frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (a_m - 0,2)}$ |
| | | 125 mm |
| $a_m > 2,0$ | Terbesar dari : | $\frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$ |
| | | 90 mm |

Dimana :

L_n : Panjang bentang bersih

S_n : Lebar bentang bersih

f_y : Tegangan leleh baja

β : Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah

a_m : Nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

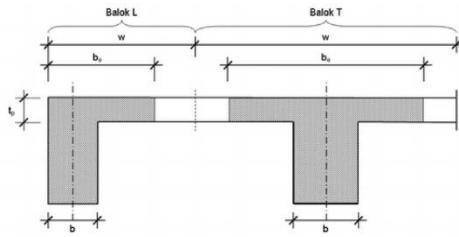
Nilai a_m didapat dari :

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{pelat} I_{pelat}} \quad I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

$$I_{pelat} = Ly \times \frac{hf^3}{12}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$



Gambar 2.10 Balok L dan T

Sumber : (SNI 03-2847:2019)

Perumusan untuk mencari lebar efektif pada balok berdasarkan SNI 03-2847:2019 pasal 6.3.2.

Lebar pelat efektif sebagai sayap balok-T tidak boleh melebihi seperempat panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- a. Delapan kali tebal pelat lantai
- b. Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya
- c. Seperempat lebar bentang bersih

*dari ketiga nilai be tersebut diambil nilai yang terkecil.

Untuk balok dengan pelat dengan satu sisi saja, lebar sayap efektif yang menggantung tidak boleh melebihi :

- a. Enam kali tebal pelat lantai
- b. Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya
- c. Seperduabelas panjang bentang balok

*dari ketiga nilai be tersebut diambil nilai yang terkecil.

1. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Tulangan untuk tegangan susut dan suhu tegak lurus terhadap tulangan lentur harus disediakan dalam pelat lantai struktural. Berikut langkah untuk menentukan kebutuhan tulangan pada pelat lantai :

- Penentuan momen pada pelat lantai

Penentuan besaran momen pada pelat lantai menggunakan program bantu ETABS 17.

- Menghitung momen nominal pelat lantai

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.17)$$

- Perhitungan penulangan pelat

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{fy} \quad (2.18)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'c' x \beta_1}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \quad (2.19)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \quad (2.20)$$

$$m = \frac{fy}{0.85 f'c'} \quad (2.21)$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \times d^2} \quad (2.22)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \quad (2.23)$$

$$A_s = \rho_{perlu} \times b \times d \quad (2.24)$$

2. Kontrol Spasi Antar Tulangan Susut dan Suhu

Kontrol spasi antar tulangan menurut SNI 2847-2013 pasal 7.12.2 tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau 5 kali tebal pelat lantai.

3. 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 (SNI 2847 : 2013)

| | | Rasio Tulangan |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| a. | Slab yang menggunakan batang ulir mutu 280 atau 350 | 0,0020 |
| b. | Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 | 0,0018 |
| c. | Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen | $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ |

4. Cek Jarak Tulangan terhadap Kontrol Retak

Spasi tulangan terdekat ke muka tarik tidak boleh melebihi yang diberikan oleh :

$$S = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5Cc \quad (2.25)$$

Tetapi tidak boleh melebihi

$$S = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) \quad (2.26)$$

Dimana Cc adalah jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik. Tegangan tulangan f_s boleh diambil sebesar $2/3 f_y$.

2.6.2. Balok

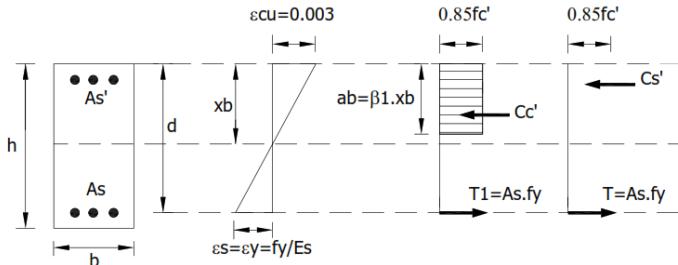
Langkah-langkah menghitung elemen balok harus memenuhi SNI 2847-2019. Tebal minimum balok dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 9.3.1 yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.15 Tinggi Minimum Balok

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

Dengan catatan, untuk nilai f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$, sedangkan untuk lebar dari balok dapat direncanakan sebesar $2/3 \times$ tinggi balok.

1. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal



Gambar 2.11 Penampang Tulangan Rangkap, Diagram Regangan, Diagram Tegangan
Sumber : (SNI 03-2847:2019)

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

- Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari program bantu ETABS 17.
- Menentukan nilai β_1 dengan rumus :
$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{28} \right) x 0,05 \quad (2.27)$$
- Menentukan nilai ρ_b

$$\rho_b = 0,85 x \beta_1 x \frac{600}{600+f_y} x \frac{f'_c}{f_y} \quad (2.28)$$
- Menentukan ρ minimum dan maksimum
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.29)$$

$$\rho_{max} = 0,025 \quad (2.30)$$
- Ambil nilai harga X, dimana $X \leq 075 X_b$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} x d \quad (2.31)$$
- Ambil As_c berdasarkan X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'} \cdot x}{f_y} \quad (2.32)$$

- Menentukan M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \quad (2.33)$$

- Menentukan M_n

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.34)$$

- Menghitung $M_n - M_{nc}$

Apabila : $M_n - M_{nc} > 0 \rightarrow$ perlu tulangan tekan
 $M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan tekan

- Tulangan Tekan

Apabila perlu tulangan tekan maka :

$$Cs = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \quad (2.35)$$

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

- Kontrol tulangan tekan leleh

$$fs' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) 600 \geq f_y \rightarrow \text{Sudah leleh} \quad (2.36)$$

$$fs' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) 600 \leq f_y \rightarrow \text{belum leleh} \quad (2.37)$$

- Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A'_{ss} = \frac{Cs_I}{fs'_I - 0,85 f_{c'}} \quad (2.38)$$

$$A_{sc} = \frac{T_2}{f_y} \quad (2.39)$$

- Tulangan Perlu

$$As = A_{sc} + A_{ss} \quad (2.40)$$

$$As' = A_{ss}' \quad (2.41)$$

- Kontrol Kekuatan

$$\phi M_n \geq Mu \quad (2.42)$$

2. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.3, maka tidak terdapat persyaratan khusus terkait perencanaan tulangan geser untuk balok SRPMB. Dengan demikian, perencanaan geser balok akan didesain seperti biasa yang mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 9. Berikut adalah tahapan perhitungan tulangan geser :

- Tentukan gaya geser ultimate yang didapat melalui output program bantu ETABS 17.
- Tentukan jarak tulangan Spakai

- Tentukan V_n

$$V_n = V_s + V_c \quad (2.43)$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f'_c} \quad (2.44)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} \quad (2.45)$$

- Tentukan V_u Kap.

$$V_u \text{ Kap} = V_n \cdot \emptyset \quad (2.46)$$

- Kontrol kekuatan

$$V_u \text{ ETABS} < V_u \text{ Kap.} \quad (2.47)$$

- Cek persyaratan jarak antar tulangan geser

$$S_{maks} = \frac{d}{2} > S_{pakai} \quad (2.48)$$

- Cek peryaratuan luas tulangan minimum

$$A_{v1} = \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} \quad (2.49)$$

$$A_{v2} = \frac{0,062 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} \times \sqrt{f'_c} \quad (2.50)$$

Dari dua rumus diatas diambil yang terbesar, maka $A_v > A_v \text{ min.}$

3. Perhitungan Tulangan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.3, maka tidak terdapat persyaratan khusus terkait perencanaan tulangan torsi untuk balok SRPMB. Dengan demikian, perencanaan torsi balok akan didesain seperti biasa berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.1.

- Cek syarat pengaruh puntir

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap syarat umum puntir. Hal ini sesuai SNI 2847-2019 pasal 22.7.1. bila memenuhi syarat, maka pengaruh puntir dapat diabaikan. Berikut perhitungannya :

$$A_o = 0,85 \times ((h - (2 \cdot t_{selimut}) - \emptyset_{sengkang}) \times (b - (2 \cdot t_{selimut}) - \emptyset_{sengkang})) \quad (2.51)$$

$$T_u \text{ kap} = 0,85 \times \left(\text{Cot}\theta \cdot \left(\frac{2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot (A_t + A_v)}{s} \right) \right) \quad (2.52)$$

Apabila $T_u \text{ Kap.}$ lebih dari T_u maka balok sudah memenuhi syarat dari pengaruh torsi/puntir. Fyt merujuk pada tulangan torsi geser tertutup dan fy merujuk pada tulangan longitudinal. Tulangan longitudinal yang diperlukan untuk torsi harus didistribusikan di sekeliling perimeter sengkang tertutup dengan spasi maksimum 300 mm.

4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 25.4.2.2. panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm. untuk batang ulir atau kawat ulir dalam kondisi tarik, nilai l_d didapatkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.16 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tarik

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

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan di atas diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 25.4.2.4. adalah sebagai berikut :

Tabel 2.17 Faktor Modifikasi Untuk Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tarik

| Faktor Modifikasi | Kondisi | Faktor |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Bobot Beton λ | Beton ringan | 0,75 |
| | Beton Normal | 1,0 |
| Epoksi Ψ_e | Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan selimut bersih kurang dari $3d_b$ atau spasi kurang dari $6d_b$ | 1,5 |
| | Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan kondisi lainnya | 1,2 |
| | Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis) | 1,0 |
| Ukuran Ψ_s | Batang D22 dan yang lebih besar | 1,0 |
| | Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat ulir | 0,8 |
| Posisi pengecoran Ψ_t | Lebih dari 30 mm beton segar diletakkan di bawah tulangan horizontal | 1,3 |
| | lainnya | 1,0 |

Panjang penyaluran (l_d), untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 25.4.9.1 dan diambil yang terbesar dari persamaan berikut ini :

a. 200 mm

b. $\left(\frac{0,24 f_y \Psi_r}{\lambda \sqrt{f_{c'}}} \right) d_b \quad (2.53)$

c. $0,043 f_y \Psi_r d_b \quad (2.54)$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan di atas diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 25.4.9.3. adalah sebagai berikut :

Tabel 2.18 Faktor Modifikasi Untuk Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tekan

| Faktor Modifikasi | Kondisi | Faktor |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Bobot Beton λ | Beton ringan | 0,75 |
| | Beton Normal | 1,0 |
| Tulangan Pengekang Ψ_e | Tulangan dilingkupi oleh : <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulangan spiral 2. Tulangan lingkaran menerus dengan $d_b \geq 6$ mm dan jarak 100 mm 3. Sengkang D13 atau pengikat kawat D10, yang sesuai dengan spasi pusatnya ≤ 100 mm 4. Sengkang pengekang yang sesuai dengan | 0,75 |

| | | |
|---------|---------------------------|-----|
| | spasinya ≤ 100 mm | |
| Lainnya | | 1,0 |

2.6.3. Kolom

Pada dasarnya tidak ada syarat khusus terkait dimensi kolom SRPMB. Sehingga ketentuan dimensi bisa mengikuti persyaratan umum kolom pada SNI 2847-2019 pasal 10.3.1. pada pasal tersebut juga disebutkan bahwa ukuran minimum kolom tidak ditentukan secara eksplisit sehingga penggunaan kollom beton bertulang dengan penampang kecil untuk struktur dengan beban ringan diijinkan. Dengan kata lain, asalkan memenuhi persyaratan kekuatan maka berapapun dimensi kolom diperkenankan.

1. Perencanaan Tulangan Utama Kolom SRPMB

Pada dasarnya tidak terdapat pasal khusus terkait batasan tulangan longitudinal kolom SRPMB. Sehingga dalam perencanaan tulangan utama kolom SRPMB, proses desain bisa mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 10.6.1. yaitu terkait rasio minimum dan maksimum tulangan. Berdasarkan pasal tersebut, rasio tulangan minimum sebesar 0,01 atau (1%) dan rasio tulangan maksimum sebesar 0,08 atau (8%). Namun disarankan bila rasio tulangan mencapai 4%, maka lebih baik merubah dimensi sehingga rasio tulangan bisa berkurang.

Proses penentuan tulangan kolom akan menggunakan program bantu SpColumn dengan metode *trial-and-error*, sehingga memperoleh rasio tulangan yang kuat memikul beban kerja yang terjadi.

2. Perencanaan Tulangan Geser Kolom

- Tentukan Vu dan Nu pada kolom
Vu dan Nu ditentukan dari output gaya dalam program bantu ETABS 17. Dimana, Vu adalah gaya geser maksimum pada kolom dan Nu adalah gaya aksial maksimum kolom.
- Tentukan tulangan yang akan digunakan
- Cek syarat jarak tulangan geser pada kolom
Penentuan jarak tulangan geser kolom SRPMB berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 25.7.2.
Spasi minimum :

$$S_{min} \geq \frac{4}{3} d_{agg} \quad (2.55)$$

Spasi pusat ke pusat sengkang tidak melebihi nilai terkecil dari $16d_b$, tulangan longitudinal, $48d_b$ sengkang ikat, dan dimensi terkecil komponen struktur.

- Tentukan nilai V_n

$$V_n = V_s + V_c \quad (2.56)$$

Dimana,

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'} \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \quad (2.57)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_yt \cdot d}{s} \quad (2.58)$$

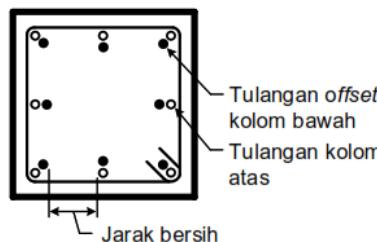
- Tentukan V_u Kap.

$$V_u \text{ Kap.} = \Phi V_n \quad (2.59)$$

Maka, V_u ETABS < V_u Kap.

3. Perencanaan Sambungan Lewatan Kolom

Tidak ada ketentuan khusus pada sambungan lewatan kolom SRPMB dalam SNI 2847-2019. Sehingga perhitungan akan mengacu berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 10.7.5.2. pada kasus ini, sambungan lewatan didesain pada daerah tengah tinggi kolom dan didesain sebagai sambungan lewatan pada kondisi tarik.



Gambar 2.12 Offset Tulangan Kolom
Sumber : (SNI 03-2847:2019)

2.6.4. Bresing Baja

Elemen bresing adalah baja dengan profil WF, HSS atau BRB (*Buckling Restrained Brace*). Elemen ini mengalami gaya aksial akibat gaya lateral yang dialami oleh struktur.

Pemilihan elemen bresing menggunakan profil baja atau HSS (*Hollow Steel Structure*). Profil ini dipilih karena momen inersia lebih

kecil dari profil WF mampu menahan gaya aksial yang sama besarnya serta elemen lebih ringan daripada profil WF.

1. Penampang Bresing Menerima Tarik

a. Cek kelangsungan penampang

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

b. Kuat tarik nominal

Kekuatan tarik desain, ϕP_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 :

$$P_n = Ag \times F_y \quad (2.60)$$

- Untuk penampang bersih :

$$P_n = Ae \times F_u \quad (2.61)$$

Dimana :

$$Ag = \text{luas penampang utuh (mm}^2\text{)}$$

$$Ae = \text{luas penampang bersih (mm}^2\text{)}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)}$$

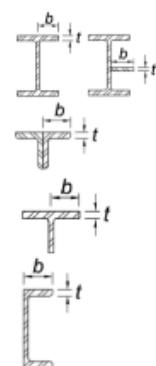
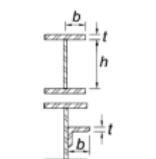
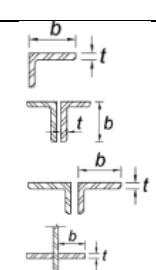
$$F_u = \text{kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)}$$

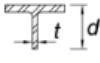
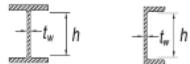
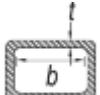
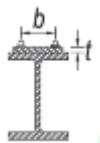
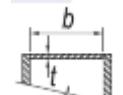
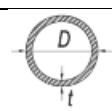
2. Penampang Bresing Menerima Tekan

a. Cek kelangsungan penampang

Penampang baja akan mengalami tekuk apabila menerima gaya tekan aksial. Tekuk ini memiliki 2 jenis yaitu tekuk lokal dan global. Risiko terhadap tekuk lokal harus dihindari supaya perencanaan batang tekan baja bekerja secara optimal. Maka dari itu, dibuatkan klasifikasi untuk memisahkan penampang yang tidak langsing dan langsing. Dilakukan dengan mengevaluasi rasio lebar dan tebal tiap elemen penampang dengan meninjau penampang supaya tidak melebihi batas kelangsungan pada AISC 360-16 tabel B4 :

Tabel 2.19 Batas Rasio Kelangsungan Penampang

| | Kasus | Deskripsi Elemen | Rasio tebal terhadap lebar | Batasan rasio tebal terhadap lebar | Contoh |
|-----------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Elemen yang diperkaku | 1 | Sayap dari profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T | b/t | $0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |
| | 2 | Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun | 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 tak diperkaku lainnya | b/t | $0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |

| | | | | | |
|--|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| | 4 | Stem dari T | b/t | $0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |
| | 5 | Badan dari profil I simetris ganda dan kanal | b/t | $1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |
| | 6 | Dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata | b/t | $1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |
| | 7 | Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las | b/t | $1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |
| | 8 | Semua elemen diperkaku lainnya | b/t | $1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ |  |
| | 9 | PSB bulat | D/t | $0,11 \frac{E}{f_y}$ |  |

b. Kuat Tekan Nominal

Untuk merencanakan kuat tekan nominal penampang bresing, yang perlu diperhatikan adalah perilaku tekuk yang terjadi : tekuk torsional, tekuk lentur, dan tekuk lentur-torsi. Tekuk lokal akan terjadi apabila penampang yang disyaratkan tidak memenuhi batasan rasio lebar-tebal atau langsing.

$$P_n = A_g \times F_{cr} \quad (2.62)$$

Dimana :

$$A_g = \text{luas penampang utuh}$$

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

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} dihitung berdasarkan persyaratan berikut :

- Tekuk inelastis

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2.63)$$

Atau

$$\frac{f_y}{f_e} \leq 2,25 \quad (2.64)$$

Maka rumus F_{cr} menggunakan :

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y \quad (2.65)$$

- Tekuk elastis

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2.66)$$

Atau

$$\frac{f_y}{f_e} \leq 2,25 \quad (2.67)$$

Maka rumus F_{cr} menggunakan :

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (2.68)$$

Dimana :

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

E = Modulus elastisitas baja

K = Faktor konversi panjang efektif batang tekan

L = Panjang as to as kolom

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

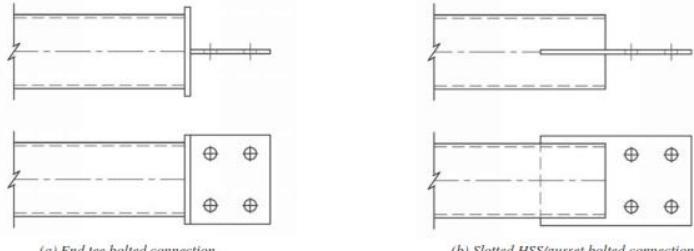
f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

2.6.5. Sambungan Bresing

Untuk menghubungkan elemen bresing ke elemen lain diperlukan suatu perencanaan sambungan. Elemen bresing ini harus disambungkan

ke elemen struktur beton dan desain sambungan PSB ini sedikit berbeda dari sambungan profil 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 2.13 End Tee Bolted Connection Dan Slotted HSS/Gusset Bolted Connection.

Sumber : (AISC Design Guide 24, 2010)

1. Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan yang bisa dikatakan sambungan relatif sempurna karena dengan penggerjaan 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*).

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

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} \times A_{BM} \quad (2.69)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} \times A_{we} \quad (2.70)$$

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} = $t_e \cdot L$ (mm^2)

A_{BM} = Luas penampang logam dasar (mm^2)

L = Panjang pengelasan (mm)

2. Sambungan Baut

a. Persyaratan spasi baut

Berdasarkan AISC 360-16 bab J3 spasi baut direkomendasikan untuk semua tipe baut adalah $S = 3d$, 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

Ukuran dan 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 deformasi yang terjadi mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus :

$$R_n = 1,2l_c t f_u \leq 2,4 d t f_u \quad (2.71)$$

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

$$R_n = 1,5l_c t f_u \leq 3 d t f_u \quad (2.72)$$

Dimana :

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

t = tebal pelat tumpu (mm)

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

d = Diameter baut (mm)

d. Kuat geser baut

Baut mengalami tumpu dan geser baut akan mengalami kerusakan terlebih dahulu daripada pelat. 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 dievaluasi bahwa kuat geser baut lebih besar dari mekanisme yang lain. Berikut adalah rumus kuat geser baut per satu bidang geser :

$$R_n = F_{nv} x A_b \quad (2.73)$$

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

Geser blok adalah mekanisme keruntuhan yang terakhir pada baut. Geser blok terjadi apabila 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).

$$R_n = 0,6f_u A_{nv} + U_{bs} f_u A_{nt} \leq 0,6f_y A_{gv} + U_{bs} f_u A_{nt} \quad (2.74)$$

Dimana :

- F_u = Kuat tarik minimum pelat baja yang ditinjau (MPa)
- F_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (MPa)
- A_{nv} = Luas netto penampang yang mengalami gaya geser (mm^2)
- A_{gv} = Luas utuh penampang yang mengalami gaya geser (mm^2)
- A_{nt} = Luas netto penampang yang mengalami gaya tarik (mm^2)
- U_{bs} = Untuk tegangan tarik merata, nilai $U_{bs} = 1$. Untuk tegangan tarik tidak merata, nilai $U_{bs} = 0,5$.

3. Pelat Landas

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 perencanaannya mengacu pada 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 $\varphi_c P_c$ dengan $\varphi_c = 0,65$. Adapun kuat tumpu nominal P_p tergantung dari luasan beton tumpuan yang tersedia, sebagai berikut :

Luasan beton tumpuan = luas pelat landasan, maka :

$$P_p = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 \quad (2.75)$$

Atau dalam format tegangan tumpu nominal maka :

$$f_{p(max)} = \varnothing_c \cdot 0,85 \cdot f_c' \quad (2.76)$$

2.6.6. Sambungan End Plate

Sambungan *end plate* mengacu pada AISC *Design Guide 24*, desain sambungan untuk bresing *HSS Circle* yang disambung pada *end plate*. Dalam menentukan ketebalan pelat tp , jumlah baut n , dan tebal las w :

1. Tebal minimum *end plate*

$$tp \geq \sqrt{\frac{2Pt}{c f_{yp} \pi f_3}} \quad (2.77)$$

2. Jumlah baut

$$n \geq \frac{Pt}{Rc} \left(1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln(r_1/r_2)} \right) \quad (2.78)$$

3. Tebal las minimum

$$w \geq \frac{Pr\sqrt{2}}{F_{wt} \pi D} \quad (2.79)$$

Dimana :

D = Diameter terluar *HSS* (mm)

F_{yp} = Tegangan leleh minimum pelat (MPa)

P_r = Kekuatan yang dibutuhkan menggunakan kombinasi beban LRFD atau ASD. (kN)

Rc = Kekuatan tarik baut (kN)

$$F_s = \frac{1}{2k_1} \left(k_3 + \sqrt{k_3^2 - 4k_1} \right) \quad (2.80)$$

$$K_1 = \ln(r_2/r_3) \quad (2.81)$$

$$K_3 = k_1 + 2 \quad (2.82)$$

$$r_1 = \frac{D}{2} + 2b \quad (2.83)$$

$$r_2 = \frac{D}{2} + b \quad (2.84)$$

$$r_3 = \frac{D-t}{2} \quad (2.85)$$

$$t = \text{Ketebalan } HSS \text{ (mm)} \quad (2.86)$$

2.7 Perhitungan Struktur Bangunan Bawah

Perencanaan struktur pondasi menggunakan tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data tanah N-SPT dari Apartemen Nayumi Sam Towes di Jl. Soekarno-Hatta, Malang. Berikut adalah hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi :

2.7.1 Daya Dukung Tanah

Daya duung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung tiang dan tahanan geser pada dinding tiang.

(Nakazawa, 2000). Dan besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan berikut :

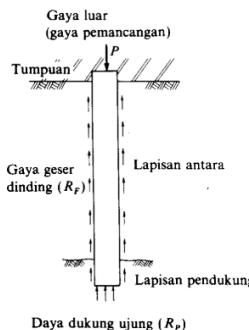
$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f) \quad (2.87)$$

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

R_u : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p : Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f : Gaya geser dinding tiang (ton)



Gambar 2.14 Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Pancang
Sumber : (Nakazawa, 2000)

Hasil daya dukung di atas digunakan sebagai daya dukung izin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang kelompok. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan data SPT.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u \quad (2.88)$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \quad (2.89)$$

Dimana, R_a , R_u , dan n adalah besaran yang sama seperti di atas.

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m^2)

U = Panjang keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

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

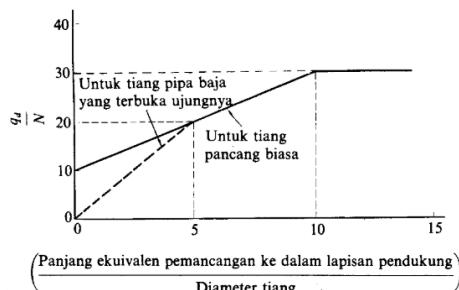
Perkiraan satuan (unit) daya dukung terpusan q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N . L adalah panjang kivalen penetrasi pada lapisan pendukung. D adalah diameter tiang, \bar{N} adalah harga rata-rata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut :

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} (\bar{N} \leq 40) \quad (2.90)$$

Dimana, \bar{N} :Nilai N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

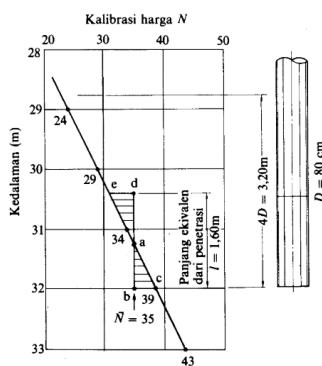
N_1 : Nilai N pada ujung tiang

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



Gambar 2.15 Diagram l/d Untuk Mencari Daya Dukung Tanah

Sumber : (Nakazawa, 2000)



Gambar 2.16 Mencari Panjang Ekvivalent

Sumber : (Nakazawa, 2000)

(Satuan: t/m²)

| 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 $\frac{N}{2} (\leq 12)$ |

Gambar 2.16 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang

Sumber : (Nakazawa, 2000)

2.7.2 Tiang Pancang

- (a) Perhitungan jarak antara tiang pancang

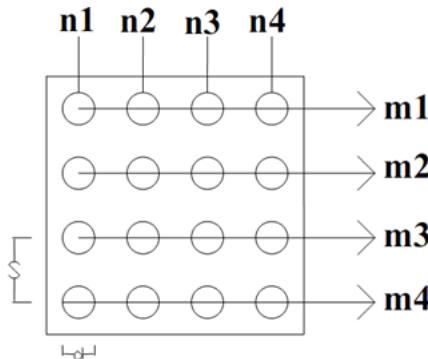
$$2,5D \leq S \leq 3D \quad (2.91)$$

- (b) Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D \leq S \leq 2D \quad (2.92)$$

- (c) Efisiensi (η)

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right) \right\} \quad (2.93)$$



Gambar 2.18 Efisiensi Kelompok Tiang

Sumber : Dok. Pribadi

Keterangan :

m = Jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

d = Diameter tiang

s = Jarak pusat ke pusat tiang

(d) **Kekuatan kelompok tiang**

$$P_{\text{Keluropok}} = P_{ijin} \times \eta \quad (2.94)$$

(e) **Gaya yang dipikul tiang pancang**

$$P = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y X_{max}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\sum Y^2} \quad (2.95)$$

(f) **Kontrol tiang pancang**

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

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

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

2.7.3 Pile Cap

a. **Penulangan Lentur Pile Cap**

- Rencanaan ketinggian pile cap (h)

- Tentukan momen yang terjadi :

$$Mu = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot l^2) \quad (2.96)$$

- Hitung nilai R_n :

$$R_n = \frac{Mu \cdot X_{max}}{b \cdot d} \quad (2.97)$$

- Hitung tulangan minimum pilecap :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.98)$$

- Hitung tulangan maksimum pilecap :

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.99)$$

- Hitung nilai m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \quad (2.100)$$

- Hitung kebutuhan tulangan pilecap :

$$\rho_{max} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.101)$$

b. **Penulangan Geser Pile Cap**

Untuk perencanaan tulangan geser, nilai V_c harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan berikut :

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \quad (2.102)$$

$$V_c = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \quad (2.103)$$

Cek kondisi perencanaan geser $\phi V_c \geq V_u$

c. **Spasi Tulangan Geser Maksimum**

- Kondisi 1 (perlu tulangan geser minimum)

Apabila :

$$\varphi Vc \leq Vu \leq (\varphi Vc + \varphi Vs_{min}) \quad (2.104)$$

Dengan :

$$Vs_{perlu} = Vs_{min} \quad (2.105)$$

Luas tulangan geser minimum dan spasi tulangan geser maksimum :

$$Av_{min} = \frac{b_w x s}{3 x f_y} \quad (2.106)$$

$$S_{maks} \leq d \leq 60 \text{ cm} \quad (2.107)$$

- Kondisi 2 (perlu tulangan geser)

Apabila :

$$\varphi(Vc + Vs_{min}) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d \right) \quad (2.108)$$

Dengan :

$$\varphi Vs_{perlu} = Vu - \varphi Vc \quad (2.109)$$

Luas tulangan geser minimum dan spasi tulangan geser maksimum :

$$Av_{min} = \frac{Vs x s}{d x f_y} \quad (2.110)$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm} \quad (2.111)$$

- Kondisi 3 (perlu tulangan geser)

Apabila :

$$\varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d \right) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d \right) \quad (2.112)$$

Dengan :

$$\varphi Vs_{perlu} = Vu - \varphi Vc \quad (2.113)$$

Luas tulangan geser minimum dan spasi tulangan geser maksimum :

$$Av_{min} = \frac{Vs x s}{d x f_y} \quad (2.114)$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 30 \text{ cm} \quad (2.115)$$

d. **Kontrol Geser Pons Pilecap**

- Geser satu arah, maka :

- a. Menentukan beban pilecap, dimana

$$qt = \frac{P}{A_g} \quad (2.116)$$

- b. Tentukan luasan tributary akibat geser satu arah
- c. Kontrol tebal pilecap (d) berdasarkan gaya geser satu arah
- d. Menentukan beban ultimate pilecap, dimana :

$$qu = \frac{\Sigma P}{Ag} \quad (2.118)$$

$$Vu = qu \cdot x (\text{luas total pilecap} - \text{luas pons}) \quad (2.119)$$

- e. Kontrol tulangan geser perlu, apabila :
 - $\phi Vc > Vu \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser
 - $\phi Vc < Vu \rightarrow$ perlu tulangan geser

- Geser dua arah, maka :
Kontrol kemampuan beton sesuai dengan persamaan 2.75 dan 2.76 serta persamaan berikut :

$$Vc = 0,083 x \left(2 + \frac{as \cdot d}{bw} \right) x \lambda x \sqrt{fc'} x bw x d \quad (2.120)$$

Dimana : as = 40, untuk kolom interior

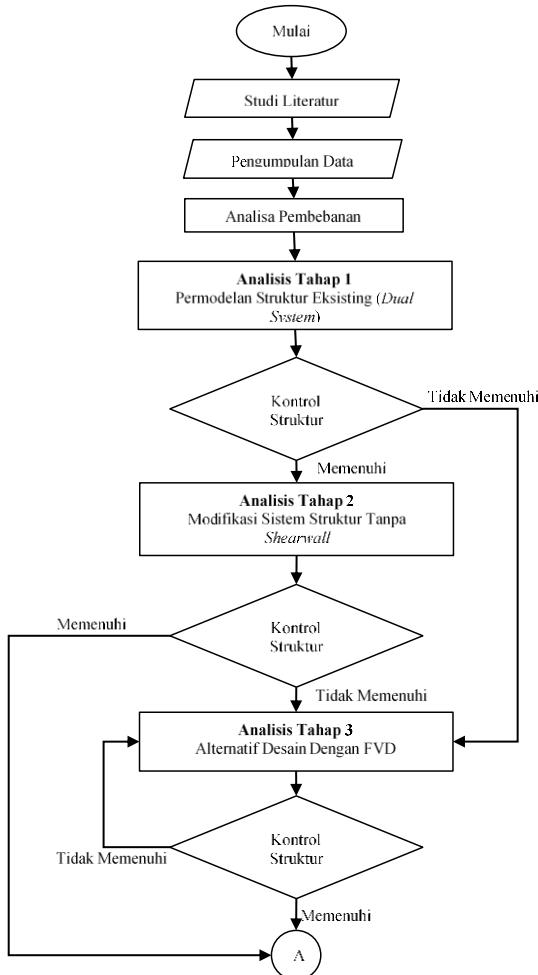
as = 30, untuk kolom tepi

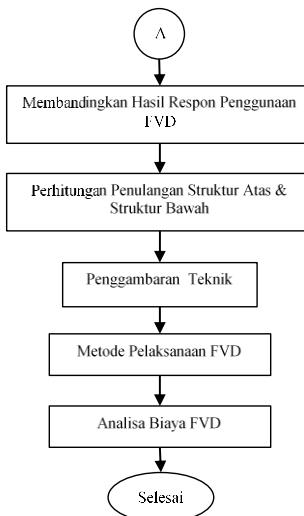
as = 20, untuk kolom sudut

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir secara global dalam menyelesaikan tugas akhir ini secara garis besar :





3.1.1 Tahapan Analisis

Tahapan analisis dibagi menjadi tiga dengan rincian yaitu sebagai berikut :

1. Analisis Tahap 1 – analisis pada struktur eksisting SRPMK dengan *shearwall (dual system)*, diperiksa pada perilaku strukturnya yaitu periode fundamental, gaya geser dasar, rasio partisipasi massa, dan simpangan.
2. Analisis Tahap 2 – analisis dilakukan dengan dimensi elemen struktur sama seperti kondisi eksisting, namun sistem struktur diubah menjadi SRPMB dan tanpa *shearwall*. Diperiksa pada perilaku strukturnya yaitu periode fundamental, gaya geser dasar, rasio partisipasi massa, dan simpangan. Setelah itu, cek kebutuhan tulangannya melalui ETABS.
3. Analisis Tahap 3 – analisis struktur SRPMB ditambahkan dengan FVD yang dimodelkan sebagai *Link*. Pemasangan FVD dilakukan dengan 4 macam alternatif pola pemasangan. Kemudian dilakukan analisis dengan pembebatan lengkap, periksa perilaku strukturnya yaitu periode fundamental, gaya geser dasar, rasio partisipasi massa, dan simpangan. Setelah itu, cek kebutuhan tulangannya melalui ETABS. Setelah itu

dibandingkan dampak apa saja yang terjadi setelah dipasang FVD dan pola penempatan FVD mana yang paling optimal.

3.2 Studi Literatur

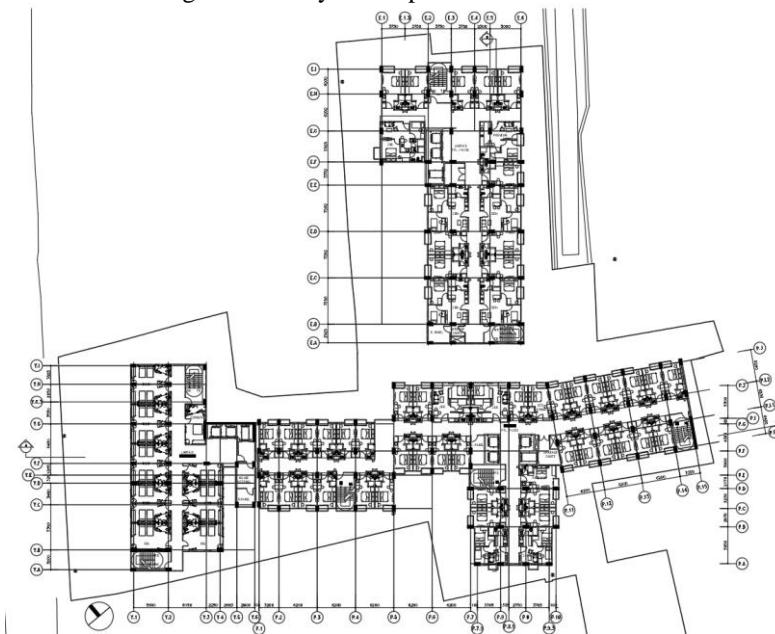
Adapun literatur dan peraturan yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung
2. SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
3. SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
4. SNI 1727-2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
5. AISC 360-16 *about Specification for Structural Steel Buildings*
6. Buku-buku struktur beton dan referensi-referensi lainnya.

3.3 Pengumpulan Data

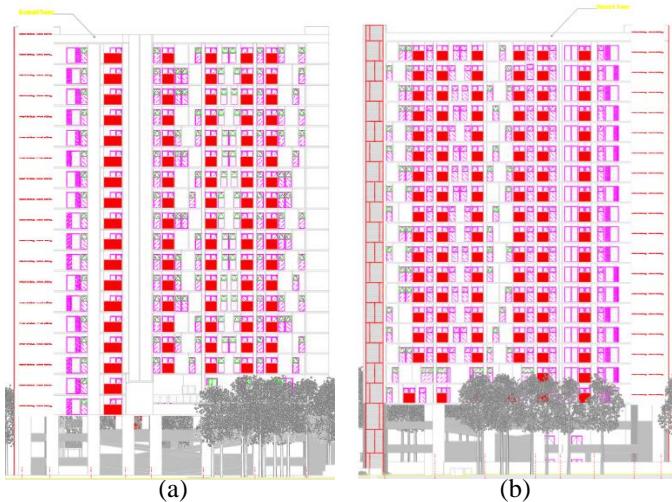
1. Data bangunan sebelum dimodifikasi:
 - a. Nama gedung : Gedung Emerald Tower Apartemen Nayumi Sam Tower
 - b. Fungsi : Hotel dan Apartemen
 - c. Lokasi : Kota Malang
 - d. Jumlah lantai : 20 lantai, 1 lantai semi-basement dan 1 lantai atap
 - e. Sistem : Dinding geser beton bertulang dan SRPM (*Dual System*)
2. Data Gambar
Data gambar arsitektur dan struktur.
3. Data Tanah
Data tanah berupa grafik SPT.
4. Data bangunan setelah dimodifikasi:
 - a. Nama gedung : Gedung Emerald Tower Apartemen Nayumi Sam Tower
 - b. Fungsi : Hotel dan Apartemen
 - c. Jumlah lantai : 20 lantai, 1 lantai semi-basement dan 1 lantai atap
 - d. Lokasi : Kota Malang

- e. Mutu beton
 - Kolom : $f_c' = 40 \text{ Mpa}$ (lt. 1 – 10), $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ (lt. 11 – atap)
 - Balok : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 - Pelat : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
- f. Sistem : SRPMB dan *Fluid Viscous Damper*
- g. Mutu tulangan
 - Tulangan Lentur: $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 - Tulangan Geser : $f_y = 280 \text{ Mpa}$



Gambar 3.1 Denah Apartemen Nayumi Sam Tower
Sumber : Dok. Pribadi

Dalam proyek akhir ini, objek yang akan dimodifikasi adalah Gedung Emerald Tower Apartemen Nayumi SamTower seperti yang tertera pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.2 (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang Apartemen
Nayumi Sam Tower
Sumber : Data Proyek

3.4 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan dihitung dengan mengacu pada SNI 1727-2020 untuk beban gravitasi dan SNI 1726-2019 untuk beban gempa. Berikut merupakan beban-beban yang akan diperlukan pada proyek akhir ini :

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kladding gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan.

3. Beban Angin

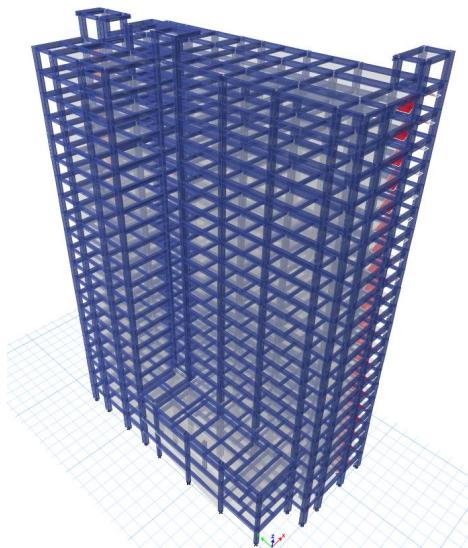
Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

4. Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan pada analisis gedung ini adalah beban gempa dinamik respons spektrum yang diatur dalam SNI 1726-2019.

3.5 Permodelan Struktur

Permodelan struktur dilakukan secara struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS 17. Permodelan bertujuan untuk mempermudah analisis bangunan, serta mengontrol ketepatan bangunan terhadap peraturan yang akan direncanakan.



Gambar 3.3 Permodelan Struktur Pada ETABS 17

Sumber : Dok. Pribadi

3.6 Kontrol Struktur

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

- a. Kontrol Partisipasi Massa
- b. Kontrol Periode Fundamental

- c. Kontrol Gaya Geser Dasar
- d. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Apabila kontrol di atas sudah memenuhi, maka tahap selanjutnya dapat dilakukan perencanaan sambungan pada FVD. Jika kontrol dinamis di atas tidak memenuhi, maka perlu dilakukan perubahan volume pada struktur gedung dan penempatan FVD menggunakan metode *trial and error* agar dapat dilakukan proses selanjutnya.

3.7 Penggambaran Output Desain

Penggambaran dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan di atas, dengan menggunakan program bantu AutoCAD. Penggambaran meliputi gambar berikut ini :

1. Gambar eksisting
 - a. Gambar Struktur
 - b. Gambar Arsitektur
2. Gambar modifikasi
 - a. Gambar denah pemasangan *fluid viscous damper*
 - b. Gambar detail sambungan elemen *fluid viscous damper*.

3.8 Merencanakan Metode Pelaksanaan *Fluid Viscous Damper*

Metode pelaksanaan untuk *Fluid Viscous Damper (FVD)* adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan pelat landas dan *gusset plate*
2. Pemasangan bresing *HSS*
3. Pemasangan Sambungan *End Plate*
4. Pemasangan *FVD*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA PEMBEBANAN

4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri elemen struktur dan elemen non struktural. Berat elemen non struktural adalah berat seluruh bahan konstruksi yang terpasang pada bangunan gedung termasuk dinding, lantai, atap, plafond, finishing, dan komponen lainnya. Beban mati tambahan mengacu pada SNI 1727-2020 tabel C3.1-1 yang terdapat pada gedung ini adalah sebagai berikut :

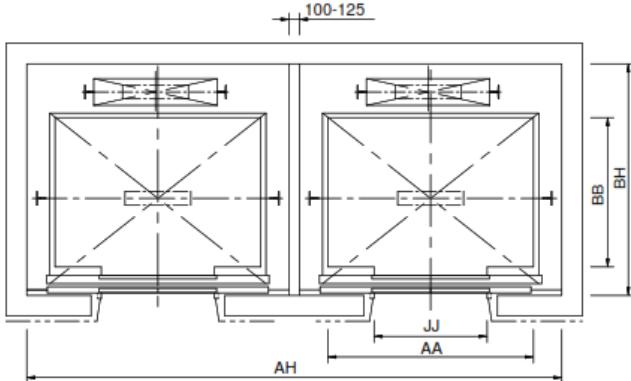
- Beban beton bertulang = 24 kN/m³
- Beban spesi dan keramik = 1.10 kN/m²
- Beban penggantung plafond = 0.10 kN/m²
- Beban plafond = 0.05 kN/m²
- Beban lapisan *waterproof* = 0.05 kN/m²
- Beban *Mechanical Electrical (ME)* = 0.19 kN/m²
- Beban dinding bata = 5.51 kN/m²
- Beban lift

Lift yang digunakan pada gedung Apartemen Nayumi Sam Tower ini adalah merk *Mitsubishi Nexway P12* dengan spesifikasi sebagai berikut :

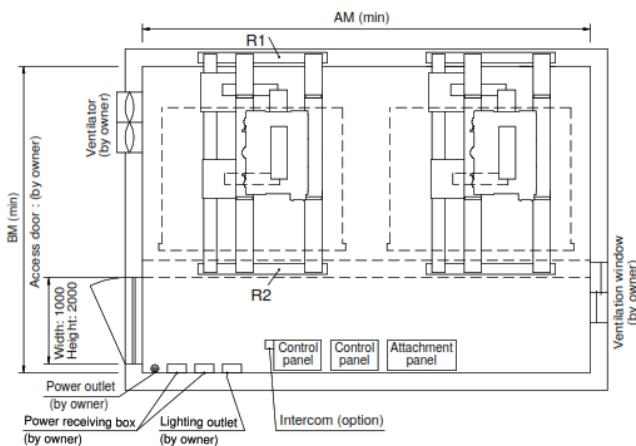
Tabel 4.1 Spesifikasi Lift

| | | |
|--------------------------------|-------------|-------|
| Kapasitas | 12 | Orang |
| Kecepatan | 3.5 | m/s |
| Kapasitas beban | 900 | Kg |
| Dimensi Pintu masuk | 900 | mm |
| Dimensi internal car | 1600 x 1300 | mm |
| Dimensi ruang mesin | 4750 x 3455 | mm |
| Ruang <i>hoistway</i> (2 unit) | 4400 x 2100 | mm |
| Pit Depth (PD) | 3020 | mm |
| Top Clearance | 2520 | mm |
| Tinggi ruang mesin | 2500 | mm |
| R1 | 106 | kN |

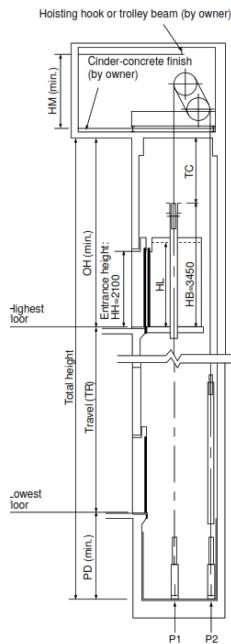
| | | |
|----|-----|----|
| R2 | 70 | kN |
| P1 | 149 | kN |
| P2 | 138 | kN |



Gambar 4.1 Denah Hoistway
Sumber : Brosur Lift



Gambar 4.2 Denah Ruang Mesin
Sumber : Brosur Lift

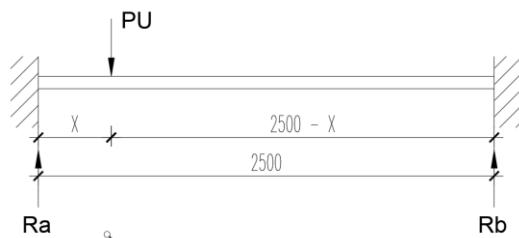


Gambar 4.3 Potongan Hoistway

Sumber : Brosur Lift

Panjang balok penggantung lift = 2.5 m

Beban impak menurut SNI 1727-2020 pasal 4.6.3 dimana akibat mesin timbal balik, maka beban harus dikalikan sebesar 50%.



Maka, nilai R1 dan R2 adalah sebagai berikut :

$$Ra = R1 \times 1.5 = 106 \text{ kN} \times 1.5 = 159 \text{ kN}$$

$$Rb = R2 \times 1.5 = 70 \text{ kN} \times 1.5 = 105 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = 2.5 \text{ m} \times 105 \text{ kN} - Pu \times X$$

$$Pu = \frac{262.5 \text{ kNm}}{X}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$0 = -2.5 \text{ m} \times 159 \text{ kN} + (Pu \times (2.5m - X))$$

$$0 = -397.5 \text{ kNm} + \frac{262.5 \text{ kNm}}{X} (2.5m - X)$$

$$0 = -397.5 \text{ kNm} + \frac{656.25 \text{ kNm}^2 - 262.5 \times kNm}{X}$$

$$0 = -660 \text{ kNm} + \frac{656.25 \text{ kNm}^2}{X}$$

$$X = \frac{656.25 \text{ kNm}^2}{660} = 0.994 \text{ m}$$

$$Pu = \frac{262.5 \text{ kNm}}{X} = \frac{262.5 \text{ kNm}}{0.994m} = 264 \text{ kN}$$

4.2 Beban Hidup

Besaran beban hidup menggunakan SNI 1727-2020 tabel 4.3-1, dimana besaran beban hidup yang digunakan pada gedung ini adalah sebagai berikut :

- Beban Hidup Apartemen = 1.92 kN/m²
- Beban Hidup Parkiran = 1.92 kN/m²
- Beban Kolam Renang = 3.39 kN/m²
- Beban Hidup Tangga = 1.33 kN/m²
- Beban Atap Datar = 0.96 kN/m²

4.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) dan seluruh komponen dan kladding gedung harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin yang sudah ditetapkan menurut SNI 1727-2020 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.

Berikut adalah parameter dasar untuk penentuan beban angin pada SPGAU berdasarkan SNI 1727-2020 :

- Kecepatan angin dasar (V)
Kecepatan angin dasar sesuai dengan data BMKG pada lokasi bangunan untuk wilayah Kota Malang.
 $V = 15 \text{ km/jam} = 4,17 \text{ m/s}$
 - Faktor arah angin (Kd)
Faktor arah angin ditentukan berdasarkan pasal 26.6 tabel 26.6-1 untuk tipe bangunan gedung SPGAU adalah 0,85
 - Kategori Eksposur
Apartemen Nayumi Sam Tower ini terletak di tengah kota dan berdasarkan pasal 26.7 maka gedung ini mendapatkan kategori eksposur B.
 - Faktor topografi (Kzt)
Menurut pasal 26.8 faktor topografi Kzt ditentukan sebesar 1,0.
 - Faktor efek hembusan angin
Berdasarkan pasal 26.11 faktor efek hembusan angin ditentukan sebesar 0,85
 - Klasifikasi ketertutupan
Bangunan apartemen ini merupakan bangunan dengan klasifikasi bangunan gedung tertutup.
 - Koefisien tekanan internal (GCpi)
Koefisien tekanan internal ditentukan berdasarkan pasal 26.12 dengan klasifikasi bangunan tertutup maka nilai GCpi adalah +0.18 dan -0.18. tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi permukaan internal.
 - Koefisien eksposur tekanan velositas (Kz atau Kh)
Tinggi bangunan, $z = 65,1$ meter. Sedangkan nilai z_g menurut tabel 26.11 sesuai dengan eksposur B adalah 365,76 m. maka
- $$K_z = K_h = 2,01 \cdot \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2/a} = 2,01 \cdot \left(\frac{65,1}{365,76} \right)^{2/7} = 1,2275$$
- Menentukan tekanan velositas q_z atau q_h
Tekanan velositas ditentukan berdasarkan rumus dari pasal 26.10.2, yaitu :

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

$$q_z = 0,613 \cdot 1,2275 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 4,17^2 = 11,104 \text{ N/m}^2$$
 - Menentukan koefisien tekanan eksternal C_p atau C_N

Koefisien tekanan eksternal ditentukan berdasarkan gambar 27.3-1 SNI 1727-2020

Tabel 4.2 Koefisien Tekan Dinding

| 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 | q _h |
| | ≥ 4 | - 0.2 | q _h |
| | Seluruh Nilai | - 0.7 | q _h |

$$\text{Panjang bangunan, } L = 44,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bangunan, } B = 22.5 \text{ m}$$

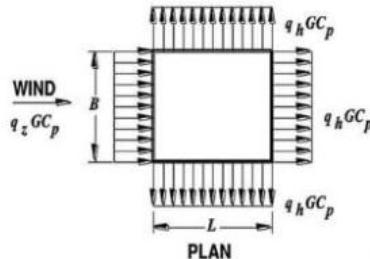
$$L/B = 1,9667$$

Maka, koefisien :

$$\text{a. Dinding di sisi angin datang (q}_z\text{)} = 0,8$$

$$\text{b. Dinding di sisi angin pergi (q}_h\text{)} = -0,3$$

$$\text{c. Dinding tepi (q}_h\text{)} = -0,7$$



Gambar 4.4 Ilustrasi Beban Angin yang Bekerja

Sumber : SNI 1727-2020

- Pengaruh angin pada dinding

Maka besaran angin datang, tepi dan hisap adalah sebagai berikut :

| | |
|-------------------|----------------------------------|
| Arah angin datang | = $q_z \cdot G \cdot C_p$ |
| | = $11,104 \cdot 0,85 \cdot 0,8$ |
| | = $7,5507 \text{ N/m}^2$ |
| Arah angin tepi | = $q_z \cdot G \cdot C_p$ |
| | = $11,104 \cdot 0,85 \cdot -0,7$ |
| | = $-6,6068 \text{ N/m}^2$ |
| Arah angin pergi | = $q_z \cdot G \cdot C_p$ |
| | = $11,104 \cdot 0,85 \cdot -0,3$ |
| | = $-2,8315 \text{ N/m}^2$ |

- Rekapitulasi beban angin

Berikut adalah rekapitulasi beban angin yang terjadi di setiap lantai dari gedung ini :

Tabel 4.3 Rekapitulasi Beban Angin yang Terjadi

| Lantai | Tinggi | zg (m) | a (m) | Kz=Kh | Kzt | Kd | qz=qh [N/m2] | qz.G.Cp Datang | qz.G.Cp Tepi | qz.G.Cp Pergi |
|--------|--------|-----------|----------|-------|-----|------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|
| | Lantai | | | | | | | Datang | Tepi | Pergi |
| | (m) | | | | | | | (N/m2) | (N/m2) | (N/m2) |
| 1 | 3.5 | 365.76 | 7 | 0.53 | 1 | 0.85 | 4.817 | 3.27543 | -2.866 | -1.22829 |
| 2 | 7.2 | 365.76 | 7 | 0.65 | 1 | 0.85 | 5.919 | 4.02506 | -3.52193 | -1.5094 |
| 3 | 10.2 | 365.76 | 7 | 0.72 | 1 | 0.85 | 6.539 | 4.44623 | -3.89045 | -1.66733 |
| 4 | 13.2 | 365.76 | 7 | 0.78 | 1 | 0.85 | 7.038 | 4.78613 | -4.18786 | -1.7948 |
| 5 | 16.2 | 365.76 | 7 | 0.82 | 1 | 0.85 | 7.463 | 5.07453 | -4.44021 | -1.90295 |
| 6 | 19.2 | 365.76 | 7 | 0.87 | 1 | 0.85 | 7.834 | 5.32694 | -4.66107 | -1.9976 |
| 7 | 22.2 | 365.76 | 7 | 0.9 | 1 | 0.85 | 8.166 | 5.55255 | -4.85848 | -2.08221 |
| 8 | 25.2 | 365.76 | 7 | 0.94 | 1 | 0.85 | 8.467 | 5.75732 | -5.03765 | -2.15899 |
| 9 | 28.2 | 365.76 | 7 | 0.97 | 1 | 0.85 | 8.743 | 5.94534 | -5.20218 | -2.2295 |
| 10 | 31.2 | 365.76 | 7 | 0.99 | 1 | 0.85 | 8.999 | 6.11958 | -5.35463 | -2.29484 |
| 11 | 34.2 | 365.76 | 7 | 1.02 | 1 | 0.85 | 9.239 | 6.28222 | -5.49694 | -2.35583 |
| 12 | 37.2 | 365.76 | 7 | 1.05 | 1 | 0.85 | 9.463 | 6.43497 | -5.6306 | -2.41311 |
| 13 | 40.2 | 365.76 | 7 | 1.07 | 1 | 0.85 | 9.675 | 6.57916 | -5.75676 | -2.46718 |
| 14 | 43.2 | 365.76 | 7 | 1.09 | 1 | 0.85 | 9.876 | 6.71585 | -5.87637 | -2.51844 |
| 15 | 46.2 | 365.76 | 7 | 1.11 | 1 | 0.85 | 10.07 | 6.84592 | -5.99018 | -2.56722 |
| 16 | 49.2 | 365.76 | 7 | 1.13 | 1 | 0.85 | 10.25 | 6.9701 | -6.09883 | -2.61379 |
| 17 | 52.2 | 365.76 | 7 | 1.15 | 1 | 0.85 | 10.42 | 7.08897 | -6.20285 | -2.65836 |
| 18 | 55.2 | 365.76 | 7 | 1.17 | 1 | 0.85 | 10.59 | 7.20306 | -6.30268 | -2.70115 |
| 19 | 58.2 | 365.76 | 7 | 1.19 | 1 | 0.85 | 10.75 | 7.3128 | -6.3987 | -2.7423 |
| 20 | 61.2 | 365.76 | 7 | 1.21 | 1 | 0.85 | 10.91 | 7.41858 | -6.49125 | -2.78197 |
| Atap | 64.2 | 365.76 | 7 | 1.22 | 1 | 0.85 | 11.06 | 7.52071 | -6.58062 | -2.82027 |

Berdasarkan SNI 1727-2020 Pasal 27.1.5, beban angin untuk gedung tertutup tidak boleh lebih kecil dari $0,77 \text{ kN/m}^2 = 770 \text{ N/m}^2$ untuk

dinding bangunan. Sehingga untuk pembebanan angin yang terjadi menggunakan beban angin minimum :

Tabel 4.4 Rekapitulasi Beban Angin yang Terjadi Setiap Lantai

| Lantai | Tinggi | zg | <i>a</i> | Kz=Kh | Kzt | Kd | qz=qbh (N/m ²) | qz.G.Cp Datang | qz.G.Cp Tepi | qz.G.Cp Pergi |
|--------|---------------|--------|----------|-------|-----|------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Lantai (m) | | | | | | | (N/m ²) | (N/m ²) | (N/m ²) |
| 1 | 3.5 | 365.76 | 7 | 0.53 | 1 | 0.85 | 4.817 | 770 | 770 | 770 |
| 2 | 7.2 | 365.76 | 7 | 0.65 | 1 | 0.85 | 5.919 | 770 | 770 | 770 |
| 3 | 10.2 | 365.76 | 7 | 0.72 | 1 | 0.85 | 6.539 | 770 | 770 | 770 |
| 4 | 13.2 | 365.76 | 7 | 0.78 | 1 | 0.85 | 7.038 | 770 | 770 | 770 |
| 5 | 16.2 | 365.76 | 7 | 0.82 | 1 | 0.85 | 7.463 | 770 | 770 | 770 |
| 6 | 19.2 | 365.76 | 7 | 0.87 | 1 | 0.85 | 7.834 | 770 | 770 | 770 |
| 7 | 22.2 | 365.76 | 7 | 0.9 | 1 | 0.85 | 8.166 | 770 | 770 | 770 |
| 8 | 25.2 | 365.76 | 7 | 0.94 | 1 | 0.85 | 8.467 | 770 | 770 | 770 |
| 9 | 28.2 | 365.76 | 7 | 0.97 | 1 | 0.85 | 8.743 | 770 | 770 | 770 |
| 10 | 31.2 | 365.76 | 7 | 0.99 | 1 | 0.85 | 8.999 | 770 | 770 | 770 |
| 11 | 34.2 | 365.76 | 7 | 1.02 | 1 | 0.85 | 9.239 | 770 | 770 | 770 |
| 12 | 37.2 | 365.76 | 7 | 1.05 | 1 | 0.85 | 9.463 | 770 | 770 | 770 |
| 13 | 40.2 | 365.76 | 7 | 1.07 | 1 | 0.85 | 9.675 | 770 | 770 | 770 |
| 14 | 43.2 | 365.76 | 7 | 1.09 | 1 | 0.85 | 9.876 | 770 | 770 | 770 |
| 15 | 46.2 | 365.76 | 7 | 1.11 | 1 | 0.85 | 10.07 | 770 | 770 | 770 |
| 16 | 49.2 | 365.76 | 7 | 1.13 | 1 | 0.85 | 10.25 | 770 | 770 | 770 |
| 17 | 52.2 | 365.76 | 7 | 1.15 | 1 | 0.85 | 10.42 | 770 | 770 | 770 |
| 18 | 55.2 | 365.76 | 7 | 1.17 | 1 | 0.85 | 10.59 | 770 | 770 | 770 |
| 19 | 58.2 | 365.76 | 7 | 1.19 | 1 | 0.85 | 10.75 | 770 | 770 | 770 |
| 20 | 61.2 | 365.76 | 7 | 1.21 | 1 | 0.85 | 10.91 | 770 | 770 | 770 |
| Atap | 64.2 | 365.76 | 7 | 1.22 | 1 | 0.85 | 11.06 | 770 | 770 | 770 |

4.4 Beban Hujan

Beban air hujan direncanakan berdasarkan SNI 1727-2020 Pasal 8.3. adalah sebagai berikut :

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

d_s = tinggi statis

d_h = tinggi hidrolis

Diasumsikan,

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

Sehingga,

$$R = 0,196 \text{ kN/m}^2$$

4.5 Beban Gempa

4.5.1. Respon Spektrum

Gempa rencana ditetapkan berdasarkan peraturan gempa terbaru SNI 1726-2019 sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarannya selama umur struktur 50 tahun adalah 2%. Respon spektrum ditetapkan sesuai gempa Kota Malang.

1. Kategori Risiko Bangunan Dan Faktor Keutamaan Gempa

Bangunan yang didesain untuk fasilitas gedung apartemen termasuk ke dalam kategori risiko II. Maka dari itu berdasarkan tabel 2.4 dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yaitu $I_e = 1,00$.

2. Menentukan Klasifikasi Kelas Situs

Hasil tes tanah menggunakan uji bor sehingga didapat nilai N-SPT dengan kedalaman 30m pada Jl. Soekarno Hatta, Malang :

Keterangan :

| Tebal Lapisan (d) | N-SPT rerata (Ni) | di/ni | Depth (m) | Jenis Lapisan |
|-------------------|-------------------|----------|-------------|------------------|
| 4 | 3.75 | 1.066667 | 0 - 4 | Lempung berlanau |
| 5.5 | 26.6 | 0.206767 | 4 - 9.5 | Lanau Berpasir |
| 5 | 10.2 | 0.490196 | 9.5 - 14.5 | Lempung berlanau |
| 5 | 45.2 | 0.110619 | 14.5 - 19.5 | Pasir berlanau |
| 2.5 | 10.25 | 0.243902 | 19.5 - 22 | Lempung berlanau |
| 3.5 | 18 | 0.194444 | 22 - 25.5 | Lanau Berpasir |
| 4.5 | 47.4 | 0.094937 | 25.5 - 30 | Berpasir |

d = Tebal setiap lapisan

N = Tahanan penetrasi

Maka nilai N-SPT rata-rata tanah :

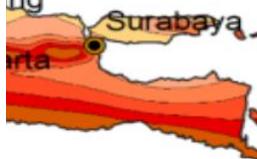
$$\bar{N} = \frac{d}{\sum di/ni} = \frac{30}{2.407} = 12.461$$

Klasifikasi tanah untuk $N\text{-SPT} < 15$ menurut SNI 1726-2019 diklasifikasikan menjadi kategori tanah SE (TANAH LUNAK).

3. Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Percepatan respon gempa untuk periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_I) diperoleh dengan menggunakan SNI 1726-2019 dengan nilai yang diperoleh berikut :

Tabel 4.5 Nilai Percepatan Respon Spektrum Apartemen Nayumi Sam Tower

| Percepatan Respon Gempa | Gambar | Nilai |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Percepatan Periode Pendek (S_s) |  | 0,88 g |
| Percepatan Periode 1 Detik (S_I) |  | 0,41 g |
| Periode Transisi (T_L) |  | 20 detik |

4. Menentukan Koefisien Situs

Koefisien situs ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 Seperti berikut ini :

Tabel 4.6 Koefisien Situs, F_a

| Kelas situs | Parameter respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0.2$ detik, S_s | | | | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|-------------|
| | $S_s \leq 0.25$ | $S_s = 0.5$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.0$ | $S_s = 1.25$ | $S_s > 1.5$ |
| SA | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SB | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| SC | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| SD | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| SE | 2.4 | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.8 |
| SF | | | | SS ^(a) | | |

Tabel 4.7 Koefisien Situs, F_a

Tabel 7 – Koefisien situs, F_v

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

Nilai $S_s = 0,88$ g, maka $F_a = 1,148$

Nilai $S_I = 0,41$ g, maka $F_v = 1,889$

5. Menentukan Percepatan Desain Spektral

Nilai percepatan desain spektral ditentukan berdasarkan persamaan 2.3 dan 2.4 pada bab II, didapatkan nilai sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,148 \cdot 0,88 = 1,01$$

$$S_{M1} = F_a \cdot S_I = 1,889 \cdot 0,41 = 0,775$$

Nilai percepatan desain spektral ditentukan berdasarkan persamaan 2.5 dan 2.6, didapatkan nilai sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,01 = 0,673$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,775 = 0,516$$

6. Menentukan Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019, untuk $0,50 \leq S_{DS}$; $0,20 \leq S_{D1}$ dengan kategori resiko II didapatkan Kategori Desain Seismik (KDS) D.

7. Menentukan Parameter Gempa

Parameter gempa menurut SNI 1726-2019 tidak disebutkan dengan sistem struktur yang menggunakan *fluid viscous damper*, namun sesuai dengan metodologi struktur direncanakan SRPMB maka ditentukan parameter gempa rencana sebagai berikut :

- Koefisien modifikasi respons (R) = 3
- Faktor kuat-lebih sistem (Ω_0) = 2,5
- Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 2,5

8. Analisa Respons Spektrum

Bentuk kurva respon spektrum pada SNI 1726-2019 dihitung dengan menggunakan aplikasi spektrum respon desain dari PUSKIM dengan parameter sebagai berikut :

Program Respons Spektra Peta Gempa Indonesia 2019
(C) Copyright Puskim-PusGen-ESRC, 2019-2020

```

Nama Kota      : Malang (B)
Bujur / Longitude : 112.6332 Degrees
Lintang / Latitude : -7.9783 Degrees

Kelas Situs      : SD - Tanah Sedang

PGA = 0.406277 g
PGAm = 0.484982 g
CRs = 0.000000
CR1 = 0.000000
Ss = 0.879897 g
S1 = 0.410188 g
TL = 20.000000 detik
Fa = 1.148041
Fv = 1.889812
Sms = 1.010158 g
Sm1 = 0.775178 g
Sds = 0.673439 g
Sd1 = 0.516785 g
T0 = 0.153477 detik
Ts = 0.767383 detik

```

Tabel 4.8 Rekapitulasi Respons Spektrum

| Time (sec) | Value (g) | 1.650 | 0.3132 | 4.300 | 0.1202 |
|------------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| | | 1.700 | 0.3040 | 4.350 | 0.1188 |
| | | 1.750 | 0.2953 | 4.350 | 0.1175 |
| 0.000 | 0.2694 | 1.800 | 0.2871 | 4.400 | 0.1161 |
| 0.050 | 0.4010 | 1.850 | 0.2793 | 4.450 | 0.1148 |
| 0.100 | 0.5326 | 1.900 | 0.2720 | 4.500 | 0.1136 |
| 0.150 | 0.6643 | 1.950 | 0.2650 | 4.550 | 0.1123 |
| 0.153 | 0.6734 | 2.000 | 0.2584 | 4.600 | 0.1111 |
| 0.200 | 0.6734 | 2.050 | 0.2521 | 4.650 | 0.1100 |
| 0.250 | 0.6734 | 2.100 | 0.2461 | 4.700 | 0.1088 |
| 0.300 | 0.6734 | 2.150 | 0.2404 | 4.750 | 0.1077 |
| 0.350 | 0.6734 | 2.200 | 0.2349 | 4.800 | 0.1066 |
| 0.400 | 0.6734 | 2.250 | 0.2297 | 4.850 | 0.1055 |
| 0.450 | 0.6734 | 2.300 | 0.2247 | 4.900 | 0.1044 |
| 0.500 | 0.6734 | 2.350 | 0.2199 | 4.950 | 0.1034 |
| 0.550 | 0.6734 | 2.400 | 0.2153 | 5.000 | 0.1023 |
| 0.600 | 0.6734 | 2.450 | 0.2109 | 5.100 | 0.1013 |
| 0.650 | 0.6734 | 2.500 | 0.2067 | 5.150 | 0.1003 |
| 0.700 | 0.6734 | 2.550 | 0.2027 | 5.200 | 0.0994 |
| 0.750 | 0.6734 | 2.600 | 0.1988 | 5.250 | 0.0984 |
| 0.767 | 0.6734 | 2.650 | 0.1950 | 5.300 | 0.0975 |
| 0.800 | 0.6460 | 2.700 | 0.1914 | 5.350 | 0.0966 |
| 0.850 | 0.6080 | 2.750 | 0.1879 | 5.400 | 0.0957 |
| 0.900 | 0.5742 | 2.800 | 0.1846 | 5.450 | 0.0948 |
| 0.950 | 0.5440 | 2.850 | 0.1813 | 5.500 | 0.0940 |
| 1.000 | 0.5168 | 2.900 | 0.1782 | 5.550 | 0.0931 |
| 1.050 | 0.4922 | 2.950 | 0.1752 | 5.600 | 0.0923 |
| 1.100 | 0.4698 | 3.000 | 0.1723 | 5.650 | 0.0915 |
| 1.150 | 0.4494 | 3.050 | 0.1694 | 5.700 | 0.0907 |
| 1.200 | 0.4307 | 3.100 | 0.1667 | 5.750 | 0.0899 |
| 1.250 | 0.4134 | 3.150 | 0.1641 | 5.800 | 0.0891 |
| 1.300 | 0.3975 | 3.200 | 0.1615 | 5.850 | 0.0883 |
| 1.350 | 0.3828 | 3.250 | 0.1590 | 5.900 | 0.0876 |
| 1.400 | 0.3691 | 3.300 | 0.1566 | 5.950 | 0.0869 |
| 1.450 | 0.3564 | 3.350 | 0.1543 | 6.000 | 0.0861 |
| 1.500 | 0.3445 | 3.400 | 0.1520 | | |
| 1.550 | 0.3334 | 3.450 | 0.1498 | | |
| 1.600 | 0.3230 | 3.500 | 0.1477 | | |
| | | 3.550 | 0.1456 | | |
| | | 3.600 | 0.1436 | | |
| | | 3.650 | 0.1416 | | |
| | | 3.700 | 0.1397 | | |



Gambar 4.5 Respon Spektrum Desain Kota Malang

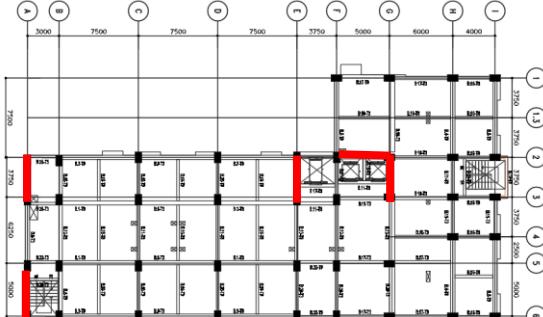
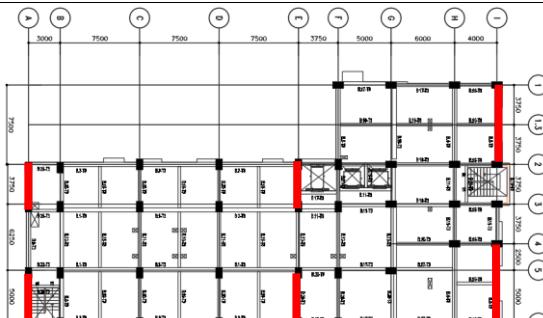
BAB V

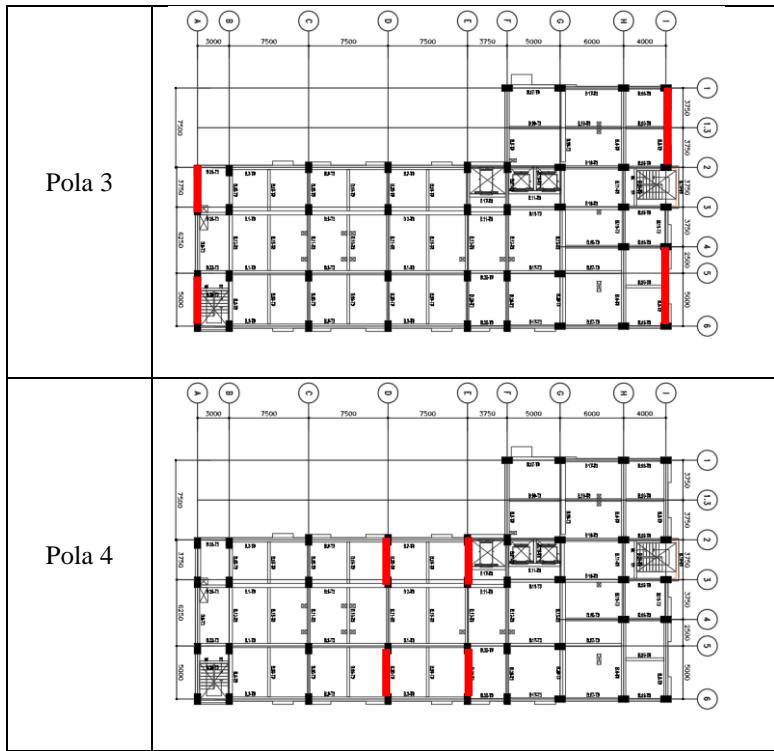
ANALISA PERMODELAN STRUKTUR

5.1 Penentuan Lokasi Pemasangan *Fluid Viscous Damper*

FVD dipasang dalam 4 variasi berdasarkan peluang terjadinya deformasi lateral dan digunakan sebagai perbandingan letak FVD yang paling efektif. Dalam menentukan lokasi pemasangan juga memperhatikan elemen arsitektur dan tidak mengganggu fungsi ruang yang berada pada bangunan tersebut. Beberapa variasi dalam pemasangan FVD adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Denah Pemasangan FVD

| Tipe | Denah Pemasangan Damper |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Pola 1 |  |
| Pola 2 |  |



Direncanakan 4 pola penempatan *fluid viscous damper* dengan rincian sebagai berikut :

- 1. Pola 1 (Lokasi Shearwall Eksisting)**

Pada desain eksisting struktur didesain *dual system* SRPM dengan *shearwall*. Sehingga pada alternatif desain dicoba memasang FVD dengan lokasi yang sama dengan *shearwall*.

- 2. Pola 2 (Sumbu Lemah)**

Pada pola 2 dicoba memasang FVD pada portal dengan arah sumbu lemah dan dipasang pada portal terluar dan portal tengah bangunan.

- 3. Pola 3 (Area Portal Terluar)**

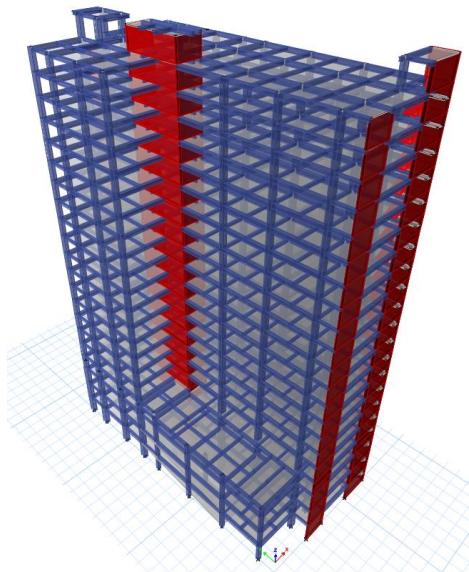
Pada pola 3 dicoba memasang FVD pada portal dengan arah sumbu X dan dipasang pada portal terluar saja (jauh dari titik pusat bangunan).

4. Pola 4 (Titik Pusat Gedung)

Pada pola 4 dicoba memasang FVD pada portal interior bangunan yang berdekat pada inti gedung.

5.2 Permodelan Struktur Eksisting *Dual System*

Model 3 dimensi struktur bangunan eksisting dengan *dual system* ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini yang merupakan permodelan menggunakan program bantu ETABS.



Gambar 5.1 Model Struktur Eksisting *Dual System*

5.2.1 Kontrol Periode Fundamental

Periode fundamental struktur, T dalam arah yang ditinjau tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas periode yang dihitung (Cu) dan periode fundamental pendekatan (Ta).

$$T < Ta \ Cu$$

Dengan Cu diperoleh dari tabel berikut ini :

Tabel 5.2 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

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

Karena nilai $S_{DI} = 0,6 > 0,4$, maka didapatkan nilai $Cu = 1,4$

$$Ta \times Cu = 1,118 \times 1,4 = 1,566 \text{ detik}$$

Periode fundamental pendekatan (Ta) ditentukan dari persamaan berdasarkan SNI 1726-2019 berikut ini :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental (detik)

h_n = ketinggian struktur (m)

Ct dan x = Koefisien yang ditentukan pada SNI 1726-2019

Tabel 5.3 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x

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

Untuk nilai struktur didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$ sehingga

$$Ta = 0,0466 \times 65,1^{0,75} = 1,118 \text{ detik}$$

Pada permodelan struktur di ETABS didapatkan periode sebesar :

Tabel 5.4 Periode Struktur Bangunan

| Case | Mode | Period | UX | UY |
|-------|------|--------|--------|--------|
| | | sec | | |
| Modal | 1 | 1.901 | 0.6291 | 0.0117 |
| Modal | 2 | 1.623 | 0.0542 | 0.3685 |
| Modal | 3 | 1.32 | 0.0143 | 0.2897 |
| Modal | 4 | 0.561 | 0.1081 | 0.0028 |
| Modal | 5 | 0.418 | 0.0033 | 0.1163 |

$$Ta < Ta . Cu < Tstruktur$$

$$1,118 < 1,566 < 1,901$$

Karena nilai periode fundamental struktur berada melebihi dari batasan yang ditetapkan, maka periode fundamental struktur **belum memenuhi**.

5.2.2 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada gedung tidak boleh melebihi simpangan yang diizinkan (Δ_{izin}). Simpangan antar lantai (δ_x) harus ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 dari persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d(\delta e_x - \delta e_{x-1})}{Ie} < \Delta_{izin}$$

Dimana :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726-2019

Δ_x = simpangan di tingkat ke-x

Ie = faktor keutamaan gempa

Δ_{izin} = 0,02 h_{sx}

h_{sx} = ketinggian antar lantai

Tabel 5.5 Simpangan Antar Tingkat Izin

| Struktur | Kategori risiko | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------|
| | I atau II | III | IV |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. | 0,025 h_{xx}^c | 0,020 h_{xx} | 0,015 h_{xx} |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d | 0,010 h_{xx} | 0,010 h_{xx} | 0,010 h_{xx} |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya | 0,007 h_{xx} | 0,007 h_{xx} | 0,007 h_{xx} |
| Semua struktur lainnya | 0,020 h_{xx} | 0,015 h_{xx} | 0,010 h_{xx} |

Tabel 5.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

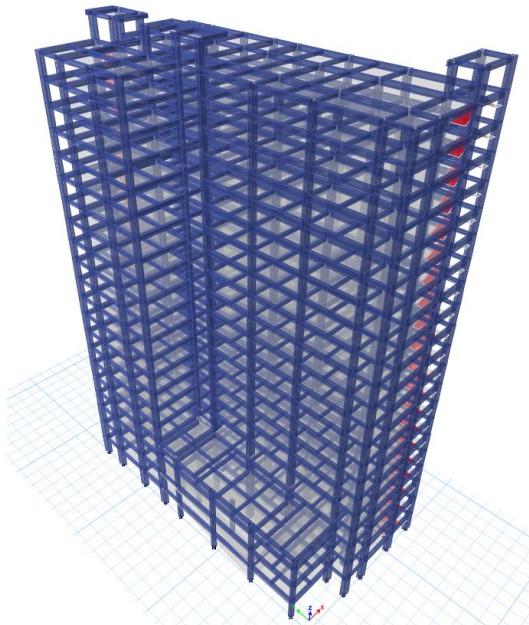
| Story | Direction | Delta Total | Delta xe | Delta x | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Cek |
|-------|-----------|-------------|----------|---------|----------------|------------|-----|
| | | mm | mm | mm | mm | mm | |
| 22 | X | 69.869 | 2.381 | 13.0955 | 3000 | 60 | OK |
| 21 | X | 67.488 | 2.533 | 13.9315 | 3000 | 60 | OK |
| 20 | X | 64.955 | 2.49 | 13.695 | 3000 | 60 | OK |
| 19 | X | 62.465 | 2.631 | 14.4705 | 3000 | 60 | OK |
| 18 | X | 59.834 | 2.798 | 15.389 | 3000 | 60 | OK |
| 17 | X | 57.036 | 2.972 | 16.346 | 3000 | 60 | OK |
| 16 | X | 54.064 | 3.145 | 17.2975 | 3000 | 60 | OK |
| 15 | X | 50.919 | 3.313 | 18.2215 | 3000 | 60 | OK |
| 14 | X | 47.606 | 3.467 | 19.0685 | 3000 | 60 | OK |
| 13 | X | 44.139 | 3.59 | 19.745 | 3000 | 60 | OK |
| 12 | X | 40.549 | 3.697 | 20.3335 | 3000 | 60 | OK |
| 11 | X | 36.852 | 3.819 | 21.0045 | 3000 | 60 | OK |
| 10 | X | 33.033 | 3.892 | 21.406 | 3000 | 60 | OK |
| 9 | X | 29.141 | 3.933 | 21.6315 | 3000 | 60 | OK |
| 8 | X | 25.208 | 3.944 | 21.692 | 3000 | 60 | OK |
| 7 | X | 21.264 | 3.891 | 21.4005 | 3000 | 60 | OK |
| 6 | X | 17.373 | 3.767 | 20.7185 | 3000 | 60 | OK |
| 5 | X | 13.606 | 3.339 | 18.3645 | 3000 | 60 | OK |
| 4 | X | 10.267 | 3.781 | 20.7955 | 3000 | 60 | OK |
| 3 | X | 6.486 | 3.201 | 17.6055 | 3700 | 74 | OK |
| 2 | X | 3.285 | 2.285 | 12.5675 | 3500 | 70 | OK |
| 1 | X | 1 | 1 | 5.5 | 3500 | 70 | OK |

Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

| Story | Direction | Delta Total | Delta ye | Delta y | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Cek |
|-------|-----------|-------------|----------|---------|----------------|------------|-----|
| | | mm | mm | mm | mm | mm | |
| 22 | Y | 46.085 | 1.736 | 9.548 | 3000 | 60 | OK |
| 21 | Y | 44.349 | 2.05 | 11.275 | 3000 | 60 | OK |
| 20 | Y | 42.299 | 2.162 | 11.891 | 3000 | 60 | OK |
| 19 | Y | 40.137 | 2.215 | 12.1825 | 3000 | 60 | OK |
| 18 | Y | 37.922 | 2.274 | 12.507 | 3000 | 60 | OK |
| 17 | Y | 35.648 | 2.332 | 12.826 | 3000 | 60 | OK |
| 16 | Y | 33.316 | 2.386 | 13.123 | 3000 | 60 | OK |
| 15 | Y | 30.93 | 2.431 | 13.3705 | 3000 | 60 | OK |
| 14 | Y | 28.499 | 2.466 | 13.563 | 3000 | 60 | OK |
| 13 | Y | 26.033 | 2.491 | 13.7005 | 3000 | 60 | OK |
| 12 | Y | 23.542 | 2.489 | 13.6895 | 3000 | 60 | OK |
| 11 | Y | 21.053 | 2.484 | 13.662 | 3000 | 60 | OK |
| 10 | Y | 18.569 | 2.455 | 13.5025 | 3000 | 60 | OK |
| 9 | Y | 16.114 | 2.403 | 13.2165 | 3000 | 60 | OK |
| 8 | Y | 13.711 | 2.331 | 12.8205 | 3000 | 60 | OK |
| 7 | Y | 11.38 | 2.222 | 12.221 | 3000 | 60 | OK |
| 6 | Y | 9.158 | 2.084 | 11.462 | 3000 | 60 | OK |
| 5 | Y | 7.074 | 1.923 | 10.5765 | 3000 | 60 | OK |
| 4 | Y | 5.151 | 1.815 | 9.9825 | 3000 | 60 | OK |
| 3 | Y | 3.336 | 1.621 | 8.9155 | 3000 | 60 | OK |
| 2 | Y | 1.715 | 1.144 | 6.292 | 3000 | 60 | OK |
| 1 | Y | 0.571 | 0.571 | 3.1405 | 3000 | 60 | OK |

5.3 Permodelan Struktur SRPMB Tanpa *Shearwall*

Model 3 dimensi struktur bangunan tanpa *shearwall* ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini merupakan permodelan menggunakan program bantu ETABS 17. Permodelan ini digunakan untuk membandingkan hasil kontrol struktur dari struktur SRPM *open frame* dengan struktur yang ditambahkan *fluid viscous damper*.



Gambar 5.2 Model Struktur SRPMB *Open Frame*

Hasil desain yang telah ditentukan kemudian dianalisa dan dilakukan kontrol struktur.

5.5.1 Kontrol Periode Fundamental

Periode fundamental struktur, T dalam arah yang ditinjau tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas periode yang dihitung (Cu) dan periode fundamental pendekatan (Ta).

$$T < Ta \ Cu$$

Dengan Cu diperoleh dari tabel berikut ini :

Tabel 5.8 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung

| Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik, S_{D1} | Koefisien Cu |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| $\geq 0,4$ | 1,4 |

| | |
|------------|-----|
| 0,3 | 1,4 |
| 0,2 | 1,5 |
| 0,15 | 1,6 |
| $\leq 0,1$ | 1,7 |

Karena nilai $S_{D1} = 0,6 > 0,4$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$

$$Ta \times Cu = 1,998 \times 1,4 = 2,797 \text{ detik}$$

Periode fundamental pendekatan (T_a) ditentukan dari persamaan berdasarkan SNI 1726-2019 berikut ini :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental (detik)

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t dan x = Koefisien yang ditentukan pada SNI 1726-2019

Tabel 5.9 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

| Tipe Struktur | <i>Ct</i> | <i>x</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|
| Sistem rangka permikul momen dimana rangaka memikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik | | |
| - Rangka baja pemikul momen | 0,0724 | 0,8 |
| - Rangka beton pemikul momen | 0,0466 | 0,9 |
| Rangka baja dengan brasing eksentris | 0,0731 | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 0,0731 | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya | 0,0488 | 0,75 |

Untuk nilai struktur didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$ sehingga

$$Ta = 0,0466 \times 65,1^{0,9} = 1,998 \text{ detik}$$

Pada permodelan struktur di ETABS didapatkan periode sebesar :

Tabel 5.10 Periode Struktur Bangunan

| Case | Mode | Period | UX | UY |
|-------|------|--------|--------|--------|
| | | sec | | |
| Modal | 1 | 2.219 | 0.6728 | 0.0546 |
| Modal | 2 | 2.103 | 0.0669 | 0.6222 |
| Modal | 3 | 1.884 | 0.1Q61 | 0.0012 |
| Modal | 4 | 0.737 | 0.1081 | 0.0028 |
| Modal | 5 | 0.695 | 0.0033 | 0.1163 |

$$Ta < Ta . Cu < Tstruktur$$

$$1,998 < 2.219 < 2,797$$

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

5.5.2 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Kontrol partisipasi massa diatur dalam SNI 1726-2019 yang harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi 100% dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05s dalam mode *single rigid body*. Maka berikut adalah partisipasi ragam yang dihasilkan oleh program bantu ETABS.

Tabel 5.11 Rasio Partisipasi Massa Struktur

| Case | Item Type | Item | Static % | Dynamic % |
|-------|--------------|------|----------|-----------|
| Modal | Acceleration | UX | 99.98 | 93.81 |
| Modal | Acceleration | UY | 99.96 | 92.66 |

Partisipasi Massa Arah X = 93,81%

Partisipasi Massa Arah Y = 92,66%

5.5.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung ditentukan dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 100% nilai respons statik.

$$V \leq Vt$$

Gaya geser statik didapatkan dari persamaan berikut :

$$V = Cs \cdot W$$

Dimana :

Cs = koefisien respon seismik

W = berat struktur

Perhitungan nilai Cs

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R/I_e}{0,673}} = \frac{0,673}{3/1} = 0,224$$

Nilai Cs diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari :

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

$$Cs_{min} = 0,044 \cdot 0,673 \cdot 1 = 0,0296$$

Nilai Cs diatas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari :

$$Cs_{max} = \frac{S_{D1}}{\frac{T}{I_e}}$$

Dimana T terdiri dari periode arah x dan y, didapatkan dari output ETABS periode fundamental struktur didapatkan sebesar :

Arah X = 2,103 detik

Arah Y = 2,219 detik

$$Cs_{max}X = \frac{0,517}{2,103 \cdot \frac{3}{1}} = 0,0819$$

$$Cs_{max}Y = \frac{0,517}{2,219 \cdot \frac{3}{1}} = 0,0776$$

$Cs_{min} < Cs < Cs_{max}$

Maka, nilai Cs yang digunakan = Cs_{max}

Dari permodelan struktur menggunakan ETABS didapatkan nilai berat total struktur adalah :

Tabel 5.12 Berat Struktur

| Load Case/Combo | FX kN | FY kN | FZ kN |
|-----------------|------------|------------|-------------|
| BOBOT | -6.946E-07 | -5.127E-06 | 122832.4097 |

$$V = Cs \cdot W$$

$$V_x = 10059,83 \text{ kN}$$

$$V_y = 9533,95 \text{ kN}$$

Didapatkan gaya geser dasar dinamis dari ETABS sebagai berikut :

Tabel 5.13 Gaya Geser Gempa Dinamis dari ETABS

| Load Case | Vi | |
|------------------|-----------|-----------|
| | FX | FY |
| | kN | kN |
| Ex Max | 7856.9912 | 1461.3596 |
| Ey Max | 1461.3598 | 7773.5308 |

Kontrol :

- Gempa arah X
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $7856,99 \text{ kN} \geq 10059,83 \text{ kN}$ (NOT OK)
Maka, faktor skala gempa dibesarkan menjadi $4185,37 \text{ mm/s}^2$
- Gempa arah Y
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $7773,53 \text{ kN} \geq 9533,95 \text{ kN}$ (NOT OK)
Maka, faktor skala gempa dibesarkan menjadi $4009,16 \text{ mm/s}^2$

Kontrol setelah pembesaran faktor skala gempa :

- Gempa arah X
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $10059,83 \text{ kN} \geq 10059,83 \text{ kN}$ (OK)
- Gempa arah Y
Gempa Dinamis \geq Gempa Statik
 $9533,95 \text{ kN} \geq 9533,95 \text{ kN}$ (OK)

5.5.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada gedung tidak boleh melebihi simpangan yang diizinkan (Δ_{izin}). Simpangan antar lantai (δ_x) harus ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 dari persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d(\delta e_x - \delta e_{x-1})}{Ie} < \Delta_{izin}$$

Dimana :

- C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726-2019
 Δ_x = simpangan di tingkat ke-x

I_e = faktor keutamaan gempa

$\Delta_{\text{izin}} = 0,02 h_{sx}$

h_{sx} = ketinggian antar lantai

Tabel 5.14 Simpangan Antar Tingkat Izin

| Struktur | Kategori risiko | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| | I atau II | III | IV |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. | $0,025h_{sx}^c$ | $0,020h_{sx}$ | $0,015h_{sx}$ |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ |
| 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 5.15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

| Story | Direction | Delta Total | Delta xe | Delta x | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Cek |
|-------|-----------|-------------|----------|---------|----------------|------------|-----|
| | | mm | mm | mm | mm | mm | |
| 22 | X | 186.848 | 4.178 | 10.445 | 3000 | 60 | OK |
| 21 | X | 182.67 | 4.173 | 10.4325 | 3000 | 60 | OK |
| 20 | X | 178.497 | 4.893 | 12.2325 | 3000 | 60 | OK |
| 19 | X | 173.604 | 5.708 | 14.27 | 3000 | 60 | OK |
| 18 | X | 167.896 | 6.496 | 16.24 | 3000 | 60 | OK |
| 17 | X | 161.4 | 7.22 | 18.05 | 3000 | 60 | OK |
| 16 | X | 154.18 | 7.865 | 19.6625 | 3000 | 60 | OK |
| 15 | X | 146.315 | 8.444 | 21.11 | 3000 | 60 | OK |
| 14 | X | 137.871 | 8.978 | 22.445 | 3000 | 60 | OK |
| 13 | X | 128.893 | 9.489 | 23.7225 | 3000 | 60 | OK |
| 12 | X | 119.404 | 9.736 | 24.34 | 3000 | 60 | OK |
| 11 | X | 109.668 | 10.11 | 25.275 | 3000 | 60 | OK |
| 10 | X | 99.558 | 10.497 | 26.2425 | 3000 | 60 | OK |
| 9 | X | 89.061 | 10.879 | 27.1975 | 3000 | 60 | OK |
| 8 | X | 78.182 | 11.234 | 28.085 | 3000 | 60 | OK |
| 7 | X | 66.948 | 11.393 | 28.4825 | 3000 | 60 | OK |
| 6 | X | 55.555 | 10.96 | 27.4 | 3000 | 60 | OK |
| 5 | X | 44.595 | 9.043 | 22.6075 | 3000 | 60 | OK |
| 4 | X | 35.552 | 7.999 | 19.9975 | 3000 | 60 | OK |
| 3 | X | 27.553 | 11.777 | 29.4425 | 3700 | 74 | OK |
| 2 | X | 15.776 | 10.436 | 26.09 | 3500 | 70 | OK |
| 1 | X | 5.34 | 5.34 | 13.35 | 3500 | 70 | OK |

Tabel 5.16 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

| Story | Direction | Delta Total | Delta ye | Delta y | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Cek |
|-------|-----------|-------------|----------|---------|----------------|------------|-----|
| | | mm | mm | mm | mm | mm | |
| 22 | Y | 156.314 | 2.615 | 6.5375 | 3000 | 60 | OK |
| 21 | Y | 153.699 | 2.707 | 6.7675 | 3000 | 60 | OK |
| 20 | Y | 150.992 | 3.481 | 8.7025 | 3000 | 60 | OK |
| 19 | Y | 147.511 | 4.266 | 10.665 | 3000 | 60 | OK |
| 18 | Y | 143.245 | 5.004 | 12.51 | 3000 | 60 | OK |
| 17 | Y | 138.241 | 5.678 | 14.195 | 3000 | 60 | OK |
| 16 | Y | 132.563 | 6.268 | 15.67 | 3000 | 60 | OK |
| 15 | Y | 126.295 | 6.808 | 17.02 | 3000 | 60 | OK |
| 14 | Y | 119.487 | 7.331 | 18.3275 | 3000 | 60 | OK |
| 13 | Y | 112.156 | 7.839 | 19.5975 | 3000 | 60 | OK |
| 12 | Y | 104.317 | 8.146 | 20.365 | 3000 | 60 | OK |
| 11 | Y | 96.171 | 8.554 | 21.385 | 3000 | 60 | OK |
| 10 | Y | 87.617 | 8.953 | 22.3825 | 3000 | 60 | OK |
| 9 | Y | 78.664 | 9.318 | 23.295 | 3000 | 60 | OK |
| 8 | Y | 69.346 | 9.606 | 24.015 | 3000 | 60 | OK |
| 7 | Y | 59.74 | 9.802 | 24.505 | 3000 | 60 | OK |
| 6 | Y | 49.938 | 9.621 | 24.0525 | 3000 | 60 | OK |
| 5 | Y | 40.317 | 9.216 | 23.04 | 3000 | 60 | OK |
| 4 | Y | 31.101 | 8.49 | 21.225 | 3000 | 60 | OK |
| 3 | Y | 22.611 | 10.664 | 26.66 | 3000 | 60 | OK |
| 2 | Y | 11.947 | 7.982 | 19.955 | 3000 | 60 | OK |
| 1 | Y | 3.965 | 3.965 | 9.9125 | 3000 | 60 | OK |

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai struktur SRPMB *open frame* **masih memenuhi syarat**.

Tinjauan periode fundamental, gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai yang dimodelkan telah memenuhi persyaratan yang diizinkan. Namun, pada rasio partisipasi massa masih belum memenuhi persyaratan yang diizinkan sehingga perlu dilakukan pemasangan alternatif *fluid viscous damper* setelah itu dapat dibandingkan pengaruh pemasangan *fluid viscous damper* pada struktur bangunan.

5.4 Menentukan Kapasitas *Fluid Viscous Damper*

Terdapat beberapa kapasitas fluid viscous damper yang tersedia pada Taylor Device Inc. dimulai dari kapasitas 250 kN sampai dengan kapasitas 8000 kN dan juga terdapat nilai rekomendasi nilai kekakuan pada *fluid viscous damper*, seperti yang tertera pada tabel berikut ini :

Tabel 5.17 Spesifikasi FVD

| 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 5.18 Rekomendasi Nilai Kekakuan FVD

| 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 ditentukan berdasarkan gaya terbesar dari *trial and error* di setiap lantai. Berikut adalah rekapitulasi kapasitas *fluid viscous damper* rencana :

Tabel 5.19 Rekapitulasi Kapasitas FVD Rencana

| FVD Lantai | Tipe FVD | Rated Force | Stiffness |
|-----------------------|---------------------|------------------------|------------------|
| | | kN | kN/m |
| 10 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 9 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 8 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 7 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 6 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 5 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 4 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 3 | 17120 | 500 | 109454,2 |
| 2 | 17120 | 500 | 109454,2 |

5.5 Permodelan Struktur Dengan *Fluid Viscous Damper*

Fluid viscous damper dengan kapasitas yang telah ditentukan akan ditelakkan pada sumbu-sumbu tertentu dengan metode *trial & error* hingga didapatkan dimensi dan jumlah FVD yang memenuhi syarat meliputi :

1. Partisipasi massa
2. Gaya geser dasar
3. Periode fundamental struktur
4. Simpangan antar lantai
5. Kapasitas penampang.

Supaya memenuhi persyaratan diatas dilakukan *redesign* dimensi penampang dan ditentukan jumlah FVD yang akan digunakan.

5.5.1 Input Parameter *Fluid Viscous Damper*

Pada perencanaan gedung ini *fluid viscous damper* yang digunakan adalah produk dari Taylor Device Inc., Berikut adalah data-data dari FVD 17150 berdasarkan brosur material terlampir yang digunakan dalam perencanaan gedung ini :

Nomor Model : 17150

Gaya damping (F) : 1000 kN

Diameter FVD : 210 mm

Berat FVD : 254 kg

Eksponen velositas : 1

Kecepatan (V) : 375 mm/s

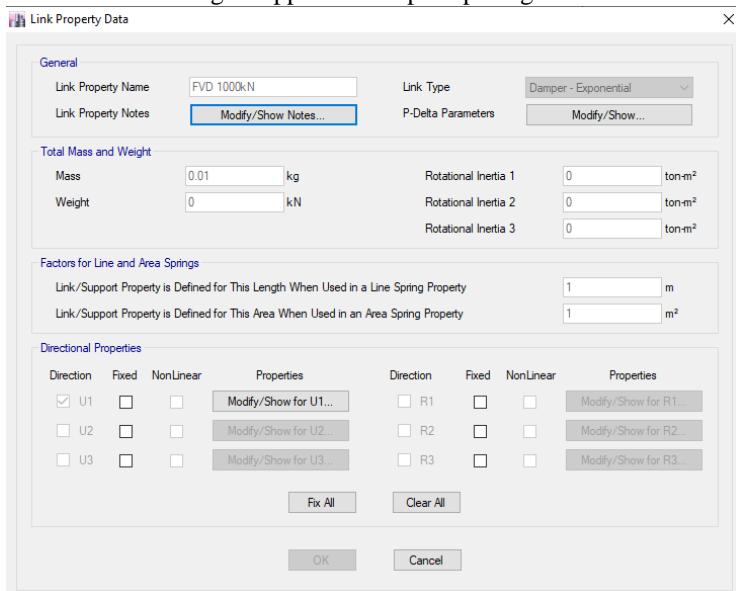
Koefisien damping (*damping coefficient*) dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$F = CV^a$$

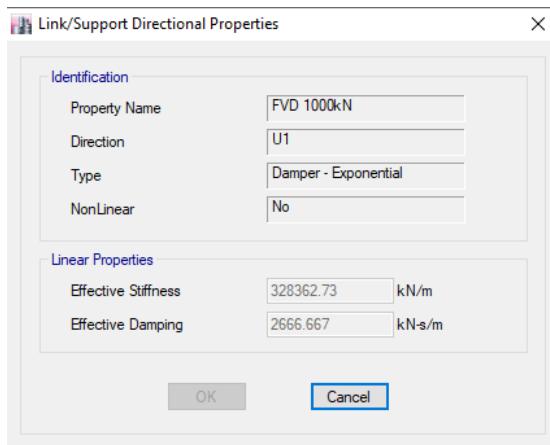
$$C = \frac{F}{V^a}$$

$$C = \frac{1000}{375^1} = 2.6667 \frac{kN}{mm} = 2666.67 \text{ kN} - s/m$$

Selanjutnya parameter di atas diinput ke program bantu ETABS dan dimodelkan sebagai support link seperti pada gambar di bawah ini :



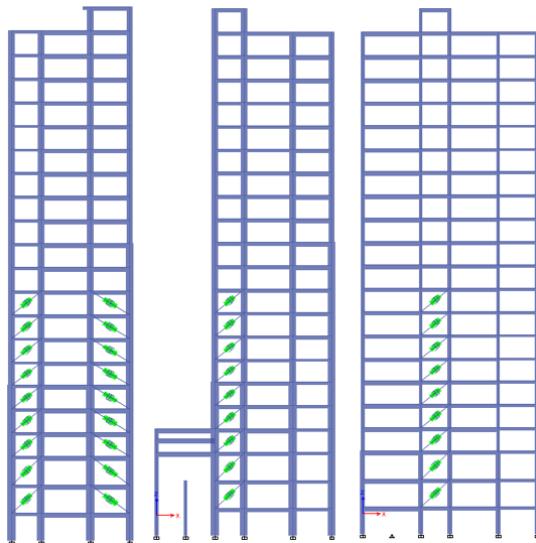
Gambar 5.3 Input FVD ke ETABS



Gambar 5.4 Support Link Pada ETABS

5.5.2 Permodelan *Fluid Viscous Damper* Pola 1

Hasil desain yang telah ditentukan kemudian dianalisa dan dilakukan kontrol struktur.



Gambar 5.5 Model Pemasangan FVD

5.5.3 Kontrol Periode Fundamental

Periode fundamental struktur, T dalam arah yang ditinjau tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas periode yang dihitung (Cu) dan periode fundamental pendekatan (T_a).

$$T < T_a \ Cu$$

Dengan Cu diperoleh dari tabel berikut ini :

Tabel 5.20 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

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

Karena nilai $S_{D1} = 0,6 > 0,4$, maka didapatkan nilai $Cu = 1,4$

$$T_a \times Cu = 1,998 \times 1,4 = 2,797 \text{ detik}$$

Periode fundamental pendekatan (T_a) ditentukan dari persamaan berdasarkan SNI 1726-2019 berikut ini :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental (detik)

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t dan x = Koefisien yang ditentukan pada SNI 1726-2019

Tabel 5.21 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x

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

Untuk nilai struktur didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$ sehingga

$$T_a = 0,0466 \times 65,1^{0,9} = 1,998 \text{ detik}$$

Pada permodelan struktur di ETABS didapatkan periode sebesar :

Tabel 5.22 Periode Struktur Bangunan

| Case | Mode | Period sec | Frequency cyc/sec | Circular Frequency rad/sec | Eigenvalue rad ² /sec ² |
|-------|------|------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| Modal | 1 | 2.102 | 0.476 | 2.9888 | 8.9329 |
| Modal | 2 | 2.063 | 0.485 | 3.0449 | 9.2717 |
| Modal | 3 | 1.778 | 0.563 | 3.5345 | 12.4928 |
| Modal | 4 | 0.711 | 1.406 | 8.8373 | 78.0972 |
| Modal | 5 | 0.686 | 1.457 | 9.1577 | 83.8637 |
| Modal | 6 | 0.606 | 1.65 | 10.3689 | 107.5149 |
| Modal | 7 | 0.404 | 2.475 | 15.5535 | 241.9105 |
| Modal | 8 | 0.391 | 2.557 | 16.0687 | 258.2033 |
| Modal | 9 | 0.346 | 2.891 | 18.1659 | 330.0006 |
| Modal | 10 | 0.281 | 3.556 | 22.3433 | 499.2211 |
| Modal | 11 | 0.271 | 3.696 | 23.2257 | 539.4309 |
| Modal | 12 | 0.24 | 4.16 | 26.1386 | 683.224 |
| Modal | 13 | 0.207 | 4.82 | 30.283 | 917.0624 |
| Modal | 14 | 0.2 | 4.99 | 31.3513 | 982.9061 |
| Modal | 15 | 0.178 | 5.63 | 35.3737 | 1251.299 |

$$\begin{aligned} Ta &< Ta . Cu < T_{struktur} \\ 1,998 &< 2.102 < 2,797 \end{aligned}$$

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

5.5.4 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Kontrol partisipasi massa diatur dalam SNI 1726-2019 yang harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi 100% dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, diizinkan untuk mewakili semua mode dengan periode kurang dari 0,05s dalam mode *single rigid body*. Maka berikut adalah partisipasi ragam yang dihasilkan oleh program bantu ETABS.

Tabel 5.23 Rasio Partisipasi Massa Struktur

| Case | Item Type | Item | Static % | Dynamic % |
|-------|--------------|------|----------|-----------|
| Modal | Acceleration | UX | 100 | 99.88 |
| Modal | Acceleration | UY | 100 | 99.94 |

Dari tabel di atas partisipasi massa arah X (UX) dan arah Y (UY) sudah mencapai 100%. Maka dapat disimpulkan kontrol struktur rasio partisipasi massa sudah memenuhi syarat.

5.5.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada gedung tidak boleh melebihi simpangan yang diizinkan (Δ_{izin}). Simpangan antar lantai (δ_x) harus ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 dari persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d(\delta e_x - \delta e_{x-1})}{I_e} < \Delta_{izin}$$

Dimana :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726-2019

Δ_x = simpangan di tingkat ke-x

I_e = faktor keutamaan gempa

Δ_{izin} = 0,02 h_{sx}

h_{sx} = ketinggian antar lantai

Tabel 5.24 Simpangan Antar Tingkat Izin

| Struktur | Kategori risiko | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------|
| | I atau II | III | IV |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. | 0,025 h_{xx}^c | 0,020 h_{xx} | 0,015 h_{xx} |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d | 0,010 h_{xx} | 0,010 h_{xx} | 0,010 h_{xx} |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya | 0,007 h_{xx} | 0,007 h_{xx} | 0,007 h_{xx} |
| Semua struktur lainnya | 0,020 h_{xx} | 0,015 h_{xx} | 0,010 h_{xx} |

Tabel 5.25 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

| Story | Direction | Delta Total | Delta xe | Delta x | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Cek |
|-------|-----------|-------------|----------|---------|----------------|------------|-----|
| | | mm | mm | mm | mm | mm | |
| 22 | X | 152.427 | 3.965 | 9.9125 | 3000 | 60 | OK |
| 21 | X | 148.462 | 3.31 | 8.275 | 3000 | 60 | OK |
| 20 | X | 145.152 | 3.93 | 9.825 | 3000 | 60 | OK |
| 19 | X | 141.222 | 4.683 | 11.7075 | 3000 | 60 | OK |
| 18 | X | 136.539 | 5.405 | 13.5125 | 3000 | 60 | OK |
| 17 | X | 131.134 | 6.053 | 15.1325 | 3000 | 60 | OK |
| 16 | X | 125.081 | 6.634 | 16.585 | 3000 | 60 | OK |
| 15 | X | 118.447 | 7.152 | 17.88 | 3000 | 60 | OK |
| 14 | X | 111.295 | 7.611 | 19.0275 | 3000 | 60 | OK |
| 13 | X | 103.684 | 8.013 | 20.0325 | 3000 | 60 | OK |
| 12 | X | 95.671 | 8.147 | 20.3675 | 3000 | 60 | OK |
| 11 | X | 87.524 | 8.249 | 20.6225 | 3000 | 60 | OK |
| 10 | X | 79.275 | 8.103 | 20.2575 | 3000 | 60 | OK |
| 9 | X | 71.172 | 8.206 | 20.515 | 3000 | 60 | OK |
| 8 | X | 62.966 | 8.51 | 21.275 | 3000 | 60 | OK |
| 7 | X | 54.456 | 8.742 | 21.855 | 3000 | 60 | OK |
| 6 | X | 45.714 | 8.463 | 21.1575 | 3000 | 60 | OK |
| 5 | X | 37.251 | 7.444 | 18.61 | 3000 | 60 | OK |
| 4 | X | 29.807 | 7.452 | 18.63 | 3000 | 60 | OK |
| 3 | X | 22.355 | 9.619 | 24.0475 | 3700 | 74 | OK |
| 2 | X | 12.736 | 8.416 | 21.04 | 3500 | 70 | OK |
| 1 | X | 4.32 | 4.32 | 10.8 | 3500 | 70 | OK |

Tabel 5.26 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

| Story | Direction | Delta Total | Delta ye | Delta y | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Cek |
|-------|-----------|-------------|----------|---------|----------------|------------|-----|
| | | mm | mm | mm | mm | mm | |
| 22 | Y | 137.309 | 0.584 | 1.46 | 3000 | 60 | OK |
| 21 | Y | 136.725 | 2.332 | 5.83 | 3000 | 60 | OK |
| 20 | Y | 134.393 | 3.215 | 8.0375 | 3000 | 60 | OK |
| 19 | Y | 131.178 | 4.063 | 10.1575 | 3000 | 60 | OK |
| 18 | Y | 127.115 | 4.579 | 11.4475 | 3000 | 60 | OK |
| 17 | Y | 122.536 | 5.326 | 13.315 | 3000 | 60 | OK |
| 16 | Y | 117.21 | 5.92 | 14.8 | 3000 | 60 | OK |
| 15 | Y | 111.29 | 6.467 | 16.1675 | 3000 | 60 | OK |
| 14 | Y | 104.823 | 6.969 | 17.4225 | 3000 | 60 | OK |
| 13 | Y | 97.854 | 7.448 | 18.62 | 3000 | 60 | OK |
| 12 | Y | 90.406 | 7.699 | 19.2475 | 3000 | 60 | OK |
| 11 | Y | 82.707 | 7.974 | 19.935 | 3000 | 60 | OK |
| 10 | Y | 74.733 | 8.128 | 20.32 | 3000 | 60 | OK |
| 9 | Y | 66.605 | 8.366 | 20.915 | 3000 | 60 | OK |
| 8 | Y | 58.239 | 8.607 | 21.5175 | 3000 | 60 | OK |
| 7 | Y | 49.632 | 8.721 | 21.8025 | 3000 | 60 | OK |
| 6 | Y | 40.911 | 8.446 | 21.115 | 3000 | 60 | OK |
| 5 | Y | 32.465 | 7.614 | 19.035 | 3000 | 60 | OK |
| 4 | Y | 24.851 | 7.666 | 19.165 | 3000 | 60 | OK |
| 3 | Y | 17.185 | 7.911 | 19.7775 | 3000 | 60 | OK |
| 2 | Y | 9.274 | 6.162 | 15.405 | 3000 | 60 | OK |
| 1 | Y | 3.112 | 3.112 | 7.78 | 3000 | 60 | OK |

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa struktur **sudah memenuhi syarat** simpangan antar lantai.

5.6 Perbandingan Tiap Alternatif

Setelah ditentukan dimensi penampang dan jumlah damper, selanjutnya dibuat perbandingan dari beberapa pola perletakan damper pada posisi yang berbeda untuk mendapatkan letak paling efektif.

5.6.1 Perbandingan Periode Struktur

Tabel 5.27 ini menunjukkan nilai periode struktur dari beberapa model struktur pada arah X dan Y. Terlihat bahwa konfigurasi pemasangan FVD pada pola 4 memiliki durasi terbesar pada arah X dan Y, hal ini karena pengaruh kinerja FVD yang dipasang secara sentris pada area interior membuat perilaku struktur menjadi lebih baik dalam menahan deformasi.

Tabel 5.27 Periode Struktur

| Arah | Periode Struktur (detik) | | | | | | Periode Izin (detik) |
|------|--------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|----------------------|
| | Eksisting | Tanpa FVD | Pola 1 | Pola 2 | Pola 3 | Pola 4 | |
| X | 1.901 | 2.103 | 2.063 | 1.994 | 2.024 | 2.068 | 2.797 |
| Y | 1.623 | 2.219 | 2.102 | 2.109 | 2.116 | 2.125 | 2.797 |

5.6.2 Perbandingan Gaya Geser Dasar

Tabel 5.28 ini menunjukkan nilai gaya geser dasar dari beberapa model struktur pada arah X dan Y. Terlihat bahwa konfigurasi pemasangan FVD pada pola 3 pada arah X dan Y memiliki nilai gaya geser dasar terkecil, hal ini menunjukkan bahwa formasi gaya redaman yang berada pada area portal terluar gedung lebih baik dalam memikul beban dibandingkan dengan formasi gaya redaman yang sentris (berpusat pada inti gedung). Pada pola 2 juga nilai gaya gesernya lebih kecil dibandingkan dengan pola 1, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak FVD yang dipasang pada portal dengan arah sumbu yang sama, maka tumpuan struktur menjadi lebih baik dalam menahan beban. Namun, secara umum pola 3 lebih baik.

Tabel 5.28 Gaya Geser Dasar

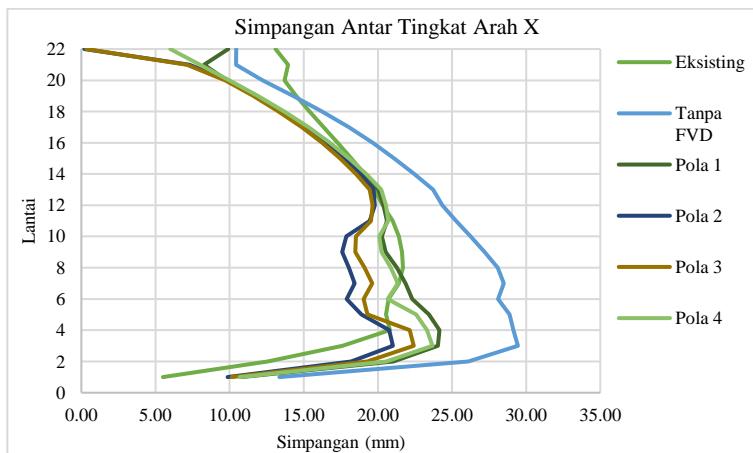
| Arah | Gaya Geser Dasar (kN) | | | | | |
|------|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | Eksisting | Tanpa FVD | Pola 1 | Pola 2 | Pola 3 | Pola 4 |
| X | 5377.76 | 10059.84 | 10060.05 | 10025.27 | 9914.126 | 10115.17 |
| Y | 5377.75 | 9533.95 | 9594.963 | 9500.912 | 9469.714 | 9348.332 |

5.6.3 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat

Tabel 5.29 ini menunjukkan nilai simpangan antar tingkat dari beberapa model struktur pada arah X dan Y. Dari nilai-nilai simpangan antar tingkat pada tabel di bawah dapat dicermati bahwa defleksi horizontal akan berkurang secara signifikan jika FVD dipasang pada portal terluar (jauh dari pusat sentris bangunan) pola 3.

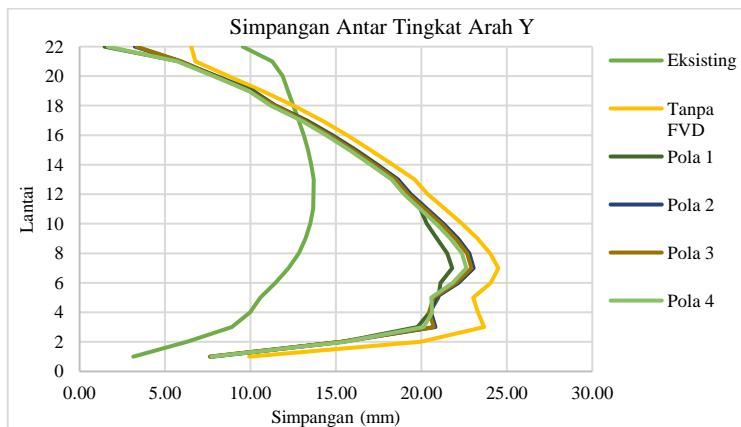
Tabel 5.29 Simpangan Antar Tingkat Arah X

| Lantai | Nilai Simpangan Antar Tingkat (mm) | | | | | | Simpangan Antar Tingkat Izin (mm) |
|--------|------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------|
| | Eksisting | Tanpa FVD | Pola 1 | Pola 2 | Pola 3 | Pola 4 | |
| Atap | 13.10 | 10.45 | 9.91 | 0.20 | 0.33 | 6.00 | 60 |
| Dak | 13.93 | 10.43 | 8.28 | 7.30 | 7.13 | 8.01 | 60 |
| 20 | 13.70 | 12.23 | 9.82 | 9.92 | 9.71 | 9.98 | 60 |
| 19 | 14.47 | 14.27 | 11.71 | 11.82 | 11.58 | 11.89 | 60 |
| 18 | 15.39 | 16.24 | 13.51 | 13.55 | 13.29 | 13.68 | 60 |
| 17 | 16.35 | 18.05 | 15.13 | 15.15 | 14.88 | 15.32 | 60 |
| 16 | 17.30 | 19.66 | 16.59 | 16.55 | 16.26 | 16.77 | 60 |
| 15 | 18.22 | 21.11 | 17.88 | 17.76 | 17.47 | 18.06 | 60 |
| 14 | 19.07 | 22.45 | 19.03 | 18.81 | 18.53 | 19.21 | 60 |
| 13 | 19.75 | 23.72 | 20.03 | 19.71 | 19.46 | 20.23 | 60 |
| 12 | 20.33 | 24.34 | 20.37 | 19.80 | 19.63 | 20.54 | 60 |
| 11 | 21.00 | 25.28 | 20.62 | 19.44 | 19.54 | 20.70 | 60 |
| 10 | 21.41 | 26.24 | 20.26 | 17.87 | 18.51 | 20.10 | 60 |
| 9 | 21.63 | 27.20 | 20.52 | 17.60 | 18.49 | 20.24 | 60 |
| 8 | 21.69 | 28.09 | 21.28 | 18.03 | 19.09 | 20.88 | 60 |
| 7 | 21.40 | 28.48 | 21.86 | 18.43 | 19.62 | 21.35 | 60 |
| 6 | 20.72 | 28.11 | 22.32 | 17.89 | 19.04 | 20.66 | 60 |
| 5 | 20.55 | 28.87 | 23.44 | 18.88 | 19.30 | 22.58 | 60 |
| 4 | 20.80 | 29.13 | 24.15 | 20.76 | 22.14 | 23.31 | 60 |
| 3 | 17.61 | 29.44 | 24.05 | 21.01 | 22.42 | 23.68 | 74 |
| 2 | 12.57 | 26.09 | 21.04 | 18.19 | 19.28 | 20.57 | 70 |
| 1 | 5.50 | 13.35 | 10.80 | 9.87 | 10.15 | 10.68 | 70 |

**Gambar 5.6** Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X

Tabel 5.30 Simpangan Antar Tingkat Arah Y

| Lantai | Nilai Simpangan Antar Tingkat (mm) | | | | | | Simpangan Antar Tingkat Izin (mm) |
|--------|------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------|
| | Eksisting | Tanpa FVD | Pola 1 | Pola 2 | Pola 3 | Pola 4 | |
| Atap | 9.55 | 6.54 | 1.46 | 3.24 | 3.35 | 1.65 | 60 |
| Dak | 11.28 | 6.77 | 5.83 | 5.93 | 5.92 | 5.70 | 60 |
| 20 | 11.89 | 8.70 | 8.04 | 7.95 | 7.92 | 7.83 | 60 |
| 19 | 12.18 | 10.67 | 10.16 | 9.95 | 9.90 | 9.88 | 60 |
| 18 | 12.51 | 12.51 | 11.45 | 11.46 | 11.42 | 11.17 | 60 |
| 17 | 12.83 | 14.20 | 13.32 | 13.22 | 13.15 | 12.98 | 60 |
| 16 | 13.12 | 15.67 | 14.80 | 14.72 | 14.64 | 14.44 | 60 |
| 15 | 13.37 | 17.02 | 16.17 | 16.10 | 16.00 | 15.78 | 60 |
| 14 | 13.56 | 18.33 | 17.42 | 17.39 | 17.28 | 17.04 | 60 |
| 13 | 13.70 | 19.60 | 18.62 | 18.63 | 18.51 | 18.26 | 60 |
| 12 | 13.69 | 20.37 | 19.25 | 19.37 | 19.24 | 18.98 | 60 |
| 11 | 13.66 | 21.39 | 19.94 | 20.34 | 20.21 | 19.92 | 60 |
| 10 | 13.50 | 22.38 | 20.32 | 21.29 | 21.15 | 20.86 | 60 |
| 9 | 13.22 | 23.30 | 20.92 | 22.14 | 22.01 | 21.70 | 60 |
| 8 | 12.82 | 24.02 | 21.52 | 22.80 | 22.67 | 22.37 | 60 |
| 7 | 12.22 | 24.51 | 21.80 | 23.06 | 22.93 | 22.63 | 60 |
| 6 | 11.46 | 24.05 | 21.12 | 22.16 | 22.05 | 21.83 | 60 |
| 5 | 10.58 | 23.04 | 20.99 | 20.82 | 20.71 | 20.57 | 60 |
| 4 | 9.98 | 23.32 | 20.49 | 20.56 | 20.45 | 20.64 | 60 |
| 3 | 8.92 | 23.66 | 19.78 | 20.81 | 20.72 | 20.13 | 74 |
| 2 | 6.29 | 19.96 | 15.41 | 15.38 | 15.31 | 15.55 | 70 |
| 1 | 3.14 | 9.91 | 7.78 | 7.66 | 7.62 | 7.72 | 70 |

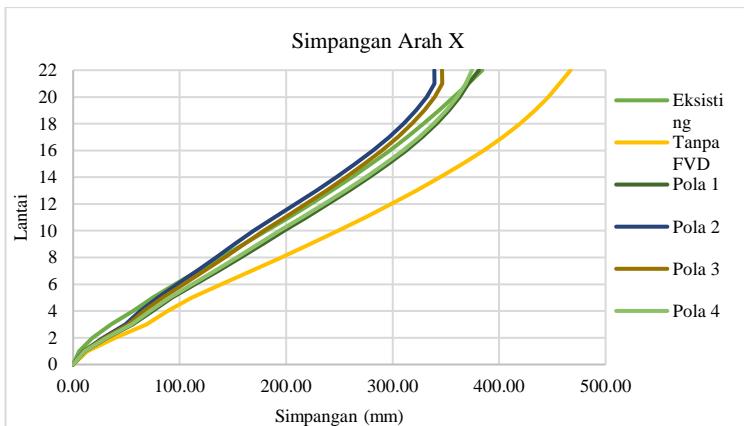
**Gambar 5.7** Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah Y

5.6.4 Perbandingan Simpangan

Tabel di 5.31 ini menunjukkan nilai simpangan dari beberapa model struktur pada arah X dan Y. Dari nilai-nilai simpangan pada tabel di bawah dapat dilihat bahwa defleksi horizontal akan berkurang secara signifikan jika FVD dipasang pada Pola 3.

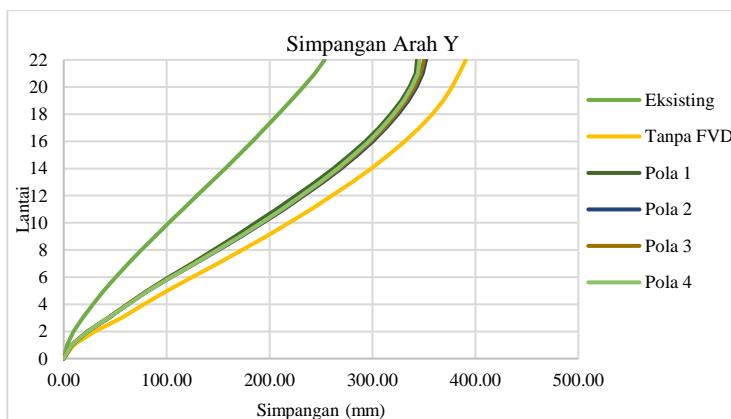
Tabel 5.31 Simpangan Arah X

| Lantai | Nilai Simpangan Total (mm) | | | | | Simpangan Total Izin (mm) | |
|--------|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|---------------------------|------|
| | Eksisting | Tanpa FVD | Pola 1 | Pola 2 | Pola 3 | | |
| Atap | 384.28 | 467.12 | 381.07 | 339.11 | 346.27 | 374.50 | 1354 |
| Dak | 371.18 | 456.68 | 371.16 | 339.31 | 346.60 | 368.50 | 1294 |
| 20 | 357.25 | 446.24 | 362.88 | 332.02 | 339.47 | 360.48 | 1234 |
| 19 | 343.56 | 434.01 | 353.06 | 322.10 | 329.77 | 350.50 | 1174 |
| 18 | 329.09 | 419.74 | 341.35 | 310.28 | 318.18 | 338.61 | 1114 |
| 17 | 313.70 | 403.50 | 327.84 | 296.73 | 304.89 | 324.93 | 1054 |
| 16 | 297.35 | 385.45 | 312.70 | 281.58 | 290.02 | 309.61 | 994 |
| 15 | 280.05 | 365.79 | 296.12 | 265.04 | 273.76 | 292.83 | 934 |
| 14 | 261.83 | 344.68 | 278.24 | 247.28 | 256.29 | 274.77 | 874 |
| 13 | 242.76 | 322.23 | 259.21 | 228.47 | 237.77 | 255.56 | 814 |
| 12 | 223.02 | 298.51 | 239.18 | 208.76 | 218.31 | 235.33 | 754 |
| 11 | 202.69 | 274.17 | 218.81 | 188.96 | 198.68 | 214.79 | 694 |
| 10 | 181.68 | 248.90 | 198.19 | 169.53 | 179.15 | 194.09 | 634 |
| 9 | 160.28 | 222.65 | 177.93 | 151.66 | 160.64 | 173.99 | 574 |
| 8 | 138.64 | 195.46 | 157.42 | 134.06 | 142.15 | 153.75 | 514 |
| 7 | 116.95 | 167.37 | 136.14 | 116.02 | 123.06 | 132.87 | 454 |
| 6 | 95.55 | 138.89 | 114.29 | 97.59 | 103.45 | 111.52 | 394 |
| 5 | 74.83 | 111.49 | 93.13 | 79.70 | 84.41 | 90.87 | 334 |
| 4 | 56.47 | 88.88 | 74.52 | 62.96 | 66.68 | 72.28 | 274 |
| 3 | 35.67 | 68.88 | 55.89 | 49.07 | 51.85 | 54.93 | 214 |
| 2 | 18.07 | 39.44 | 31.84 | 28.06 | 29.44 | 31.25 | 140 |
| 1 | 5.50 | 13.35 | 10.80 | 9.87 | 10.15 | 10.68 | 70 |
| Base | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |



Gambar 5.8 Grafik Simpangan Arah X

Tabel 5.32 Simpangan Arah Y



Gambar 5.9 Grafik Simpangan Arah Y

Berdasarkan hasil perbandingan dari beberapa parameter di atas, maka diketahui penempatan FVD yang paling optimal yaitu pola 3 FVD ditempatkan pada portal terluar bangunan (jauh dari titik pusat sentris bangunan).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB VI

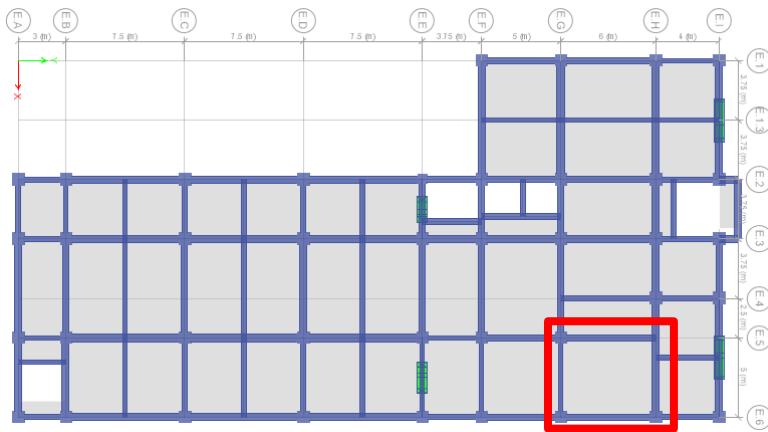
PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS

6.1 Struktur Pelat Lantai

Perhitungan struktur elemen pelat lantai mengacu pada koefisien momen yang terdapat pada tabel 13.3.1 & 13.3.32 PBI 1971.

6.1.1 Pelat Lantai

Pada analisa pelat lantai ini yang ditinjau adalah plat lantai lantai 1 sampai 20 karena tipikal dengan fungsi ruang sebagai apartemen.



Gambar 6.1 Denah Pelat yang Ditinjau

Data Pembebaan :

1. Beban Mati
 1. Berat sendiri pelat (12 cm) : 288 kg/m^2
 2. Plafond dan penggantung : 15 kg/m^2
 3. Mekanikal Elektrikal : 19 kg/m^2
 4. Spesi keramik : 110 kg/m^2
 5. Lapisan waterproof : 5 kg/m^2

 - Total beban mati (DL) : 437 kg/m^2
2. Beban Hidup
 1. Beban hidup apartemen (LL) : 192 kg/m^2
 3. Beban Ultimate Rencana
 1. $Q_{\text{ultimate}} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$

$$Q_{\text{ultimate}} = 1.2 (437) + 1.6 (192) = 831.6 \text{ kg/m}^2$$

Data Perencanaan

- Fungsi Bangunan : Apartemen
- BJ Beton : 2400 kg/m³
- Fy Tul. Lentur : 280 Mpa
- Fc' Beton : 30 Mpa
- Tebal Pelat (h) : 120 mm
- Lebar Pelat (b) : 1000 mm
- Tebal Selimut : 30 mm
- Ø Tul. Rencana : Ø10 - 100
- β1 : 0.85
- Lx : 5 m
- Ly : 6 m
- dx : t - decking - D/2
: 120 - 30 - 10/2 = 85 mm

Cek Jenis Pelat

Cek jenis pelat bertujuan untuk memenuhi pelat yang ditinjau tergolong pelat satu arah atau dua arah melalui persamaan berikut :

$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{6 \text{ m}}{5 \text{ m}} < 2$$

$$1.2 < 2$$

Sehingga termasuk ke dalam pelat 2 arah

Momen-Momen Pada Pelat

Tabel 6.1 Koefisien Momen Pelat

| Tipe Pelat | Momen | | | |
|-------------------|----------------------------|------------|------------|------------|
| | | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| I | $MI_x = + 0.001 q L_x^2 X$ | 44 | 52 | 59 |
| | $MI_y = + 0.001 q L_y^2 X$ | 44 | 45 | 45 |
| II | $MI_x = + 0.001 q L_x^2 X$ | 21 | 25 | 28 |
| | $MI_y = + 0.001 q L_y^2 X$ | 21 | 21 | 20 |
| | $MT_x = + 0.001 q L_x^2 X$ | 52 | 59 | 64 |
| | $MT_y = + 0.001 q L_y^2 X$ | 52 | 54 | 56 |

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan X} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 831.6 \times 5^2 \times 28 \\
 &= 582.12 \text{ kgm/m} = 5821200 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan Y} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 831.6 \times 5^2 \times 20 \\
 &= 415.8 \text{ kgm/m} = 4158000 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan X} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 831.6 \times 5^2 \times 64 \\
 &= 1330.56 \text{ kgm/m} = 13305600 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan Y} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 831.6 \times 5^2 \times 56 \\
 &= 1164.24 \text{ kgm/m} = 11642400 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{280}{0.85 \times 30} = 10.98$$

$$\rho b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 30}{280} \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0.05278$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho b = 0.75 \times 0.05278 = 0.03959$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} = 0.005$$

Penulangan Pelat Tumpuan Arah X

$$\text{Mu} = 13305600 \text{ Nmm/mm}$$

$$Mn = \frac{\text{Mu}}{\varphi} = \frac{13305600}{0.9} = 14784000 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{\text{Mu}}{b \cdot dx^2} = \frac{13305600}{1000 \cdot 85} = 2.0462$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 2.0462}{280}} \right) = 0.00763$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**memenuhi**)

Sehingga A_s perlu = $\rho \times b \times d = 0.00763 \times 1000 \times 85 = 648.325 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 100 \rightarrow A_s$ pakai = 785.71 mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Lapangan Arah X

$M_u = 5821200 \text{ Nmm/mm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{5821200}{0.9} = 6468000 \text{ Nmm/mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{5821200}{1000 \cdot 85} = 0.8952$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.8952}{280}} \right) = 0.00326$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga A_s perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 85 = 425 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 150 \rightarrow A_s$ pakai = 523.81 mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Tumpuan Arah Y

$M_u = 11642400 \text{ Nmm/mm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{111642400}{0.9} = 12936000 \text{ Nmm/mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{11642400}{1000 \cdot 85} = 1.7904$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 1.7904}{280}} \right) = 0.00664$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.00664 \times 1000 \times 85 = 648.325 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 100 \rightarrow A_s \text{ pakai} = 785.71 \text{ mm}^2$ (**OK**)

Penulangan Pelat Lapangan Arah Y

$M_u = 4158000 \text{ Nmm/mm}$

$$M_n = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{4158000}{0.9} = 4620000 \text{ Nmm/mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{4158000}{1000 \cdot 85} = 0.6394$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.6394}{280}} \right) = 0.00231$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 85 = 425 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 150 \rightarrow A_s \text{ pakai} = 523.81 \text{ mm}^2$ (**OK**)

Kontrol Jarak Maksimum Tulangan

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak tulangan maksimal adalah 2 kali tebal plat.

$S_{maks} = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$

$S_{tulangan} = 150 \text{ mm} < S_{maks} = 240 \text{ mm}$ (**OK**)

Kontrol Retak

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak maksimal tulangan pelat agar tidak terjadi retakan pada beton sebagai berikut :

$C_c = 30 \text{ mm}$

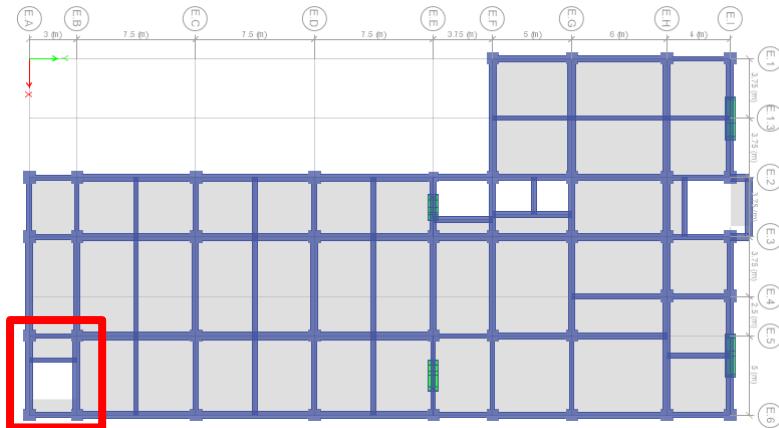
$F_s = (2/3) \times f_y = (2/3) \times 280 \text{ Mpa} = 186.67 \text{ Mpa}$

$$S_{maks} = 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 Cc = 380 \times \left(\frac{280}{186,67} \right) - 2,5 \cdot 30 = 494,98 \text{ mm}$$

Nilai Stulangan = 150 mm < S maks = 494.98 mm (**OK**)

6.1.2 Pelat Tangga

Pada analisa pelat lantai ini yang ditinjau adalah plat tangga.



Gambar 6.2 Denah Pelat yang Ditinjau

Data Pembebanan :

1. Beban Mati

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Berat sendiri pelat (12 cm) | : 288 kg/m ² |
| Spesi keramik | : 110 kg/m ² |
| Total beban mati (DL) | : 398 kg/m ² |
2. Beban Hidup

Beban hidup tangga (LL) : 133 kg/m²
3. Beban Ultimate Rencana

$$Q_{\text{ultimate}} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$Q_{\text{ultimate}} = 1.2 (398) + 1.6 (133) = 690.4 \text{ kg/m}^2$$

Data Perencanaan

- Fungsi Bangunan : Apartemen
- BJ Beton : 2400 kg/m³
- Fy Tul. Lentur : 280 Mpa
- Fc' Beton : 30 Mpa

- Tebal Pelat (h) : 120 mm
- Lebar Pelat (b) : 1000 mm
- Tebal Selimut : 30 mm
- Ø Tul. Rencana : Ø10 - 100
- β1 : 0.85
- Lx : 1.4 m
- Ly : 2.4 m
- dx : t – decking – D/2
: 120 – 30 – 10/2 = 85 mm

Cek Jenis Pelat

Cek jenis pelat bertujuan untuk memenuhi pelat yang ditinjau tergolong pelat satu arah atau dua arah melalui persamaan berikut :

$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{2.4 \text{ m}}{1.4 \text{ m}} < 2$$

$$1.7 < 2$$

Sehingga termasuk ke dalam pelat 2 arah

Momen-Momen Pada Pelat

Gaya dalam yang akan dihitung sebagai dasaran kebutuhan tulangan pada pelat akan diambil momen yang terbesar dan momen yang terjadi dari analisis menggunakan ETABS. Diambil momen 11 untuk arah X dan momen 22 untuk arah Y sebagai berikut :

| Momen 1-1 (Nmm) | Momen 2-2 (Nmm) |
|--------------------|--------------------|
| 11520000 | 25150000 |

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{280}{0.85 \times 30} = 10.98$$

$$\rho b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 30}{280} \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0.05278$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho b = 0.75 \times 0.05278 = 0.03959$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} = 0.005$$

Penulangan Pelat TanggaArah X

Mu = 11520000 Nmm/mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{11520000}{0.9} = 12800000 Nmm/mm$$

$$Rn = \frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{11520000}{1000 \cdot 85} = 1.7716$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 1.7716}{280}} \right) = 0.00656$$

Cek $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ (**memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.00656 \times 1000 \times 85 = 557.92 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 12 - 150 \rightarrow A_s$ pakai = 754.28 mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Tangga Arah Y

Mu = 25150000 Nmm/mm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{25150000}{0.9} = 27944444 Nmm/mm$$

$$Rn = \frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{25150000}{1000 \cdot 85} = 3.867$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 3.867}{280}} \right) = 0.01506$$

Cek $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ (**memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.01506 \times 1000 \times 85 = 1279.95 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 12 - 75 \rightarrow A_s$ pakai = 1508.57 mm^2 (**OK**)

Kontrol Jarak Maksimum Tulangan

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak tulangan maksimal adalah 2 kali tebal plat.

$$Smaks = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

S tulangan = 150 mm < Smaks = 240 mm (**OK**)

Kontrol Retak

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak maksimal tulangan pelat agar tidak terjadi retakan pada beton sebagai berikut :

$$Cc = 30 \text{ mm}$$

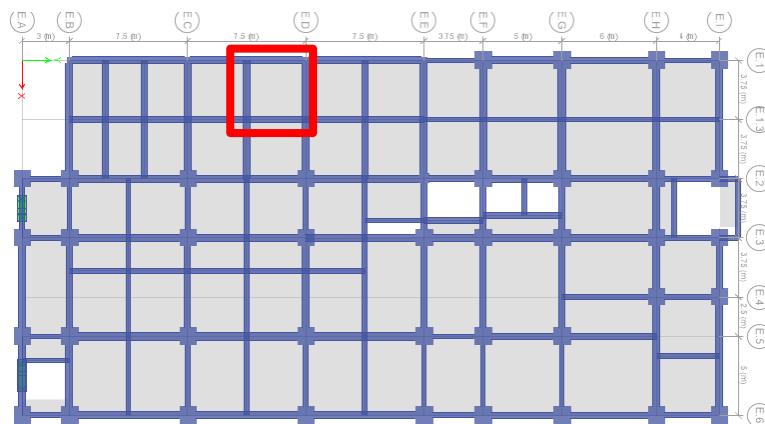
$$Fs = (2/3) \times fy = (2/3) \times 280 \text{ Mpa} = 186.67 \text{ Mpa}$$

$$S_{maks} = 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 Cc = 380 \times \left(\frac{280}{186,67} \right) - 2,5 \cdot 30 = 494.98 \text{ mm}$$

Nilai Stulangan = 150 mm < S maks = 494.98 mm (**OK**)

6.1.3 Pelat Kolam Renang

Pada analisa pelat lantai ini yang ditinjau adalah plat lantai 3 karena fungsi ruang sebagai kolam renang.



Gambar 6.3 Denah Pelat yang Ditinjau

Data Pembebanan :

1. Beban Mati

Berat sendiri pelat (15cm) : 360 kg/m²

Plafond dan penggantung : 15 kg/m²

Mekanikal Elektrikal : 19 kg/m²

Spesi keramik : 110 kg/m²

| | | |
|----|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| | Lapisan waterproof | : 5 kg/m ² |
| | Total beban mati (DL) | : 509 kg/m ² |
| 2. | Beban Hidup | |
| | Beban hidup kolam renang (LL) | : 339 kg/m ² |
| 3. | Beban Ultimate Rencana | |
| | $Q_{\text{ultimate}} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$ | |
| | $Q_{\text{ultimate}} = 1.2 (437) + 1.6 (339) = 1153.20 \text{ kg/m}^2$ | |

Data Perencanaan

- Fungsi Ruang : Kolam Renang
- BJ Beton : 2400 kg/m³
- Fy Tul. Lentur : 280 Mpa
- Fc' Beton : 30 Mpa
- Tebal Pelat (h) : 150 mm
- Lebar Pelat (b) : 1000 mm
- Tebal Selimut : 30 mm
- Ø Tul. Rencana : Ø10 - 100
- β1 : 0.85
- L_x : 3.8 m
- L_y : 3.8 m
- d_x : t - decking - D/2
: 150 - 30 - 10/2 = 115 mm

Cek Jenis Pelat

Cek jenis pelat bertujuan untuk memenuhi pelat yang ditinjau tergolong pelat satu arah atau dua arah melalui persamaan berikut :

$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{3.8 \text{ m}}{3.8 \text{ m}} < 2$$

$$1.0 < 2$$

Sehingga termasuk ke dalam pelat 2 arah

Momen-Momen Pada Pelat

Tabel 6.2 Koefisien Momen Pelat

| Tipe Pelat | Momen | 1.0 | | |
|------------|----------------------------|-----|-----|----|
| | | 1.1 | 1.2 | |
| I | $Ml_x = + 0.001 q l_x^2 X$ | 44 | 52 | 59 |
| | $Ml_y = + 0.001 q l_y^2 X$ | 44 | 55 | 45 |
| II | $Ml_x = + 0.001 q l_x^2 X$ | 21 | 25 | 28 |
| | $Ml_y = + 0.001 q l_y^2 X$ | 21 | 21 | 20 |
| | $Mt_x = + 0.001 q l_x^2 X$ | 52 | 59 | 64 |
| | $Mt_y = + 0.001 q l_y^2 X$ | 52 | 54 | 56 |

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan\ X} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 1153.2 \times 3.8^2 \times 21 \\
 &= 340.55 \text{ kgm/m} = 3405543.8 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan\ y} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 1153.2 \times 3.8^2 \times 21 \\
 &= 340.55 \text{ kgm/m} = 3405543.8 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan\ X} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 1153.2 \times 3.8^2 \times 52 \\
 &= 843.27 \text{ kgm/m} = 8432775 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan\ Y} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 1153.2 \times 3.8^2 \times 52 \\
 &= 843.27 \text{ kgm/m} = 8432775 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{280}{0.85 \times 30} = 10.98$$

$$\rho b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 30}{280} \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0.05278$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho b = 0.75 \times 0.05278 = 0.03959$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{280} = 0.005$$

Penulangan Pelat Tumpuan Arah X

$$\text{Mu} = 8432775 \text{ Nmm/mm}$$

$$Mn = \frac{\text{Mu}}{\varphi} = \frac{8432775}{0.9} = 9369750 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{9367950}{1000 \cdot 85} = 0.7085$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.7085}{280}} \right) = 0.00257$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga A_s perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 115 = 575 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 100 \rightarrow A_s$ pakai = 785.71 mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Lapangan Arah X

$$\text{Mu} = 3405543.75 \text{ Nmm/mm}$$

$$Mn = \frac{\text{Mu}}{\varphi} = \frac{3405543.75}{0.9} = 3783938 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{378398}{1000 \cdot 85} = 0.2861$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.2861}{280}} \right) = 0.00103$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga A_s perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 115 = 425 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 125 \rightarrow A_s$ pakai = 628.57 mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Tumpuan Arah Y

$$\text{Mu} = 8432775 \text{ Nmm/mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{8432775}{0.9} = 9369750 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{9367950}{1000 \cdot 85} = 0.7085$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.7085}{280}} \right) = 0.00257$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 115 = 575 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\emptyset 10 - 100 \rightarrow A_s$ pakai = 785.71 mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Lapangan Arah Y

$Mu = 3405543.75 \text{ Nmm/mm}$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{3405543.75}{0.9} = 3783938 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{378398}{1000 \cdot 85} = 0.2861$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.2861}{280}} \right) = 0.00103$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 115 = 425 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\emptyset 10 - 125 \rightarrow A_s$ pakai = 628.57 mm^2 (**OK**)

Kontrol Jarak Maksimum Tulangan

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak tulangan maksimal adalah 2 kali tebal plat.

$S_{maks} = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$

$S_{tulangan} = 150 \text{ mm} < S_{maks} = 300 \text{ mm}$ (**OK**)

Kontrol Retak

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak maksimal tulangan pelat agar tidak terjadi retakan pada beton sebagai berikut :

$$Cc = 30 \text{ mm}$$

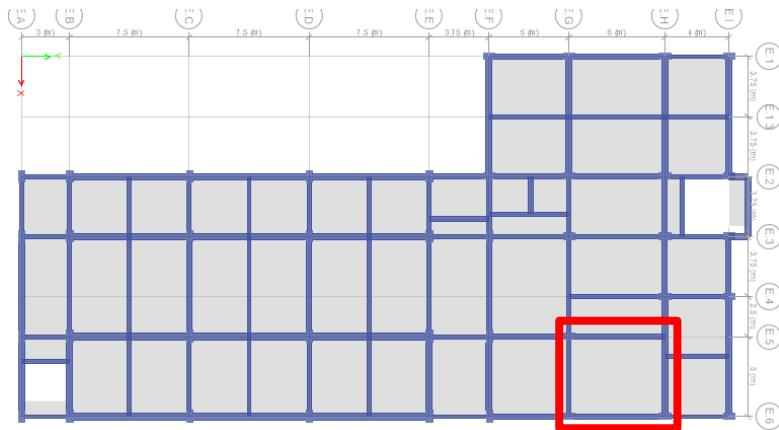
$$Fs = (2/3) \times fy = (2/3) \times 280 \text{ MPa} = 186.67 \text{ MPa}$$

$$S_{maks} = 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 Cc = 380 \times \left(\frac{280}{186,67} \right) - 2,5 \cdot 30 = 494.98 \text{ mm}$$

Nilai Stulangan = 125 mm < S maks = 494.98 mm (**OK**)

6.1.4 Pelat Atap

Pada analisa pelat lantai ini yang ditinjau adalah plat lantai 3 karena fungsi ruang sebagai kolam renang.



Gambar 6.4 Denah Pelat yang Ditinjau

Data Pembebanan :

1. Beban Mati

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Berat sendiri pelat (10 cm) | : 240 kg/m ² |
| Plafond dan penggantung | : 15 kg/m ² |
| Mekanikal Elektrikal | : 19 kg/m ² |
| Lapisan waterproof | : 5 kg/m ² |
| Total beban mati (DL) | : 279 kg/m ² |
2. Beban Hidup

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| Beban hidup atap datar (LL) | : 96 kg/m ² |
|-----------------------------|------------------------|
3. Beban Ultimate Rencana

$$Q_{ultimate} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$Q_{ultimate} = 1.2 (279) + 1.6 (96) = 488.4 \text{ kg/m}^2$$

Data Perencanaan

- Fungsi Ruang : Atap
- BJ Beton : 2400 kg/m³
- Fy Tul. Lentur : 280 Mpa
- Fc' Beton : 30 Mpa
- Tebal Pelat (h) : 100 mm
- Lebar Pelat (b) : 1000 mm
- Tebal Selimut : 30 mm
- Ø Tul. Rencana : Ø10 - 100
- β1 : 0.85
- L_x : 5 m
- L_y : 6 m
- d_x : t – decking – D/2
: 100 – 30 – 10/2 = 65 mm

Cek Jenis Pelat

Cek jenis pelat bertujuan untuk memenuhi pelat yang ditinjau tergolong pelat satu arah atau dua arah melalui persamaan berikut :

$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{6 \text{ m}}{5 \text{ m}} < 2$$

$$1.0 < 2$$

Sehingga termasuk ke dalam pelat 2 arah

Momen-Momen Pada Pelat

Tabel 6.3 Koefisien Momen Pelat

| Tipe Pelat | Momen | | | |
|------------|------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| | | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| I | M _{Ix} = + 0.001 q.l _x ² .X | 44 | 52 | 59 |
| | M _{Iy} = + 0.001 q.l _x ² .X | 44 | 4 | 15 |
| II | M _{IIx} = + 0.001 q.l _x .X | 21 | 2 | 28 |
| | M _{IIy} = + 0.001 q.l _x .X | 21 | 2 | 20 |
| | M _{tx} = + 0.001 q.l _x .X | 52 | 5 | 64 |
| | M _{ty} = + 0.001 q.l _x .X | 52 | 5 | 56 |

$$M_{Lapangan X} = 0.001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.001 \times 341.88 \times 5^2 \times 28 \\
 &= 341.88 \text{ kNm/m} = 3418800 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{Lapangan } y} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 341.88 \times 5^2 \times 20 \\
 &= 244.2 \text{ kNm/m} = 2442000 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{Tumpuan } X} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 341.88 \times 5^2 \times 64 \\
 &= 781.44 \text{ kNm/m} = 7814400 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{Tumpuan } Y} &= 0.001 \times q \times l_x^2 \times X \\
 &= 0.001 \times 341.88 \times 5^2 \times 56 \\
 &= 683.76 \text{ kNm/m} = 6837600 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{280}{0.85 \times 30} = 10.98$$

$$\rho b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 30}{280} \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0.05278$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho b = 0.75 \times 0.05278 = 0.03959$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{280} = 0.005$$

Penulangan Pelat Tumpuan Arah X

$$\text{Mu} = 7814400 \text{ Nmm/mm}$$

$$Mn = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{7814400}{0.9} = 8682667 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{8682667}{1000 \cdot 65} = 2.0551$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 2.0551}{280}} \right) = 0.00766$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.00766 \times 1000 \times 65 = 498.02 \text{ mm}^2$
Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 200 \rightarrow A_s \text{ pakai} = 392.85 \text{ mm}^2$ (**OK**)

Penulangan Pelat Lapangan Arah X

$M_u = 3418800 \text{ Nmm/mm}$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{3418800}{0.9} = 3798667 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{3798667}{1000 \cdot 65} = 0.8991$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.8991}{280}} \right) = 0.00327$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 65 = 325 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\varnothing 10 - 175 \rightarrow A_s \text{ pakai} = 448.97 \text{ mm}^2$ (**OK**)

Penulangan Pelat Tumpuan Arah Y

$M_u = 6837600 \text{ Nmm/mm}$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{6837600}{0.9} = 7597333 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{7597333}{1000 \cdot 65} = 1.7982$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 1.7982}{280}} \right) = 0.0067$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0.00667 \times 1000 \times 65 = 433.29 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :
 $\text{Ø}10 - 150 \rightarrow A_s$ pakai = 523.81mm^2 (**OK**)

Penulangan Pelat Lapangan Arah Y

$$Mu = 2442000 \text{ Nmm/mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2442000}{0.9} = 2713333 \text{ Nmm/mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{2713333}{1000 \cdot 65} = 0.6422$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10.98 \cdot 0.6422}{280}} \right) = 0.00232$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga A_s perlu = $\rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 65 = 325 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

$\text{Ø}10 - 175 \rightarrow A_s$ pakai = 448.97 mm^2 (**OK**)

Kontrol Jarak Maksimum Tulangan

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak tulangan maksimal adalah 2 kali tebal plat.

$$Smaks = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

S tulangan = $175 \text{ mm} < Smaks = 200 \text{ mm}$ (**OK**)

Kontrol Retak

Mengacu pada SNI 2847-2019 jarak maksimal tulangan pelat agar tidak terjadi retakan pada beton sebagai berikut :

$$Cc = 30 \text{ mm}$$

$$Fs = (2/3) \times f_y = (2/3) \times 280 \text{ Mpa} = 186.67 \text{ Mpa}$$

$$S_{maks} = 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 Cc = 380 \times \left(\frac{280}{186,67} \right) - 2,5 \cdot 30 = 494.98 \text{ mm}$$

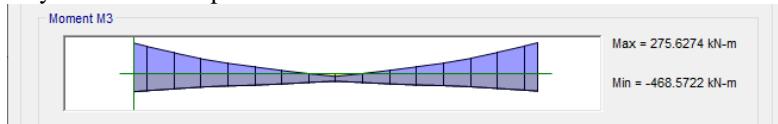
Nilai Stulangan = $125 \text{ mm} < S$ maks = 494.98 mm (**OK**)

6.2 Struktur Balok

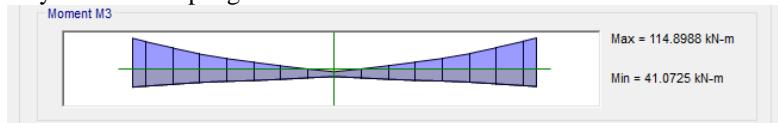
Perencanaan penulangan struktur balok dilakukan terhadap elemen yang mengalami gaya reaksi terbesar dari masing-masing jenis balok.

Dari program bantu ETABS, untuk gaya yang paling besar terjadi pada kombinasi beban Envelope.

- Gaya Momen Tumpuan



- Gaya Momen Lapangan



- Gaya Geser Tumpuan



- Gaya Geser Lapangan



- Gaya Torsi Max



- Rekapitulasi Gaya Dalam

Tabel 6.4 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok B1

| Gaya Dalam | | Area | |
|------------|-------|---------|----------|
| | | Tumpuan | Lapangan |
| Momen | Tarik | 468.57 | 114.89 |
| | Tekan | 275.63 | 41.07 |
| Geser | | 224.76 | 113.52 |
| Torsi | | 83.12 | |

Data Perencanaan

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu tul. Lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu tul. Geser (f_y) = 280 Mpa
- Tinggi balok (h) = 600 mm
- Lebar balok (b) = 400 mm
- Diameter tul. Lentur = D22
- Diameter tul. Geser = Ø10
- Tebal selimut beton = 30 mm
- β_1 = 0,85
- φ = 0,9
- λ = 1
- $d = h - \text{decking} - D_{\text{lentur}}/2 - D_{\text{geser}}$
 $= 600 - 30 - 22/2 - 10 = 549 \text{ mm}$

Perhitungan Tulangan Lentur

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,6863$$

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

$$\rho_{max} = \frac{0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

➤ Tulangan Tarik Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \cdot b \cdot dx^2} = \frac{468570000}{0,9 \cdot 400 \cdot 549} = 4,318$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 4,318}{400}} \right) = 0,0119$$

Cek $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ (**memenuhi**)

Sehingga A_s perlu = $\rho \times b \times d = 0,0119 \times 400 \times 549 = 2615,07 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

7 D22 → A_s pakai = 2660,93 mm^2 (**OK**)

➤ Tulangan Tekan Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \cdot b \cdot dx^2} = \frac{275630000}{0,9 \cdot 400 \cdot 549^2} = 2.54$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,54}{400}} \right) = 0,0067$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0,0067 \times 400 \times 549 = 1471,99 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

4 D22 $\rightarrow A_s$ pakai = $1520,53 \text{ mm}^2$ (**OK**)

➤ **Tulangan Tarik Lapangan**

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \cdot b \cdot d^2} = \frac{114890000}{0,9 \cdot 400 \cdot 549^2} = 1.058$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,058}{400}} \right) = 0,0027$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0,0035 \times 400 \times 549 = 768,6 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

3 D22 $\rightarrow A_s$ pakai = $1140,39 \text{ mm}^2$ (**OK**)

➤ **Tulangan Tekan Lapangan**

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \cdot b \cdot d^2} = \frac{41070000}{0,9 \cdot 400 \cdot 549^2} = 0,378$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,378}{400}} \right) = 0,0009$$

Cek $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ (**tidak memenuhi**)

Sehingga As perlu = $\rho \times b \times d = 0,0035 \times 400 \times 549 = 768,6 \text{ mm}^2$

Tulangan tumpuan yang digunakan :

3 D22 $\rightarrow A_s$ pakai = $1140,39 \text{ mm}^2$ (**OK**)

➤ Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran tulangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari SNI 2847-2019 berikut :

$\Psi_e = 1$ (tulangan tidak dilapisi epoksi)

$\Psi_t = 1$ (diameter tulangan > D22)

$$ld = \frac{fy \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot d_b = \frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \cdot 32 = 1374,67 \text{ mm} \approx 1375 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan kebutuhan tulangan geser pada wilayah tumpuan dan lapangan balok SRPMB adalah sebagai berikut :

Vu ETABS = 224.76 kN

Spakai = 150 mm

Direncanakan 3 kaki Ø10, Av = 235,62 mm²

Vn = Vs + Vc

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'}$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 549 \cdot \sqrt{30} = 204476 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{Av \cdot f_{yt} \cdot d}{S} = \frac{235,62 \cdot 280 \cdot 549}{150} = 241463 \text{ N}$$

$$Vn = 204476 + 241463 = 445939 \text{ N}$$

$$Vu \text{ kap} = Vn \times \varphi = 445939 \times 0,9 = 401345 \text{ N} = 401.345 \text{ kN}$$

Maka,

Vu ETABS = 224.76 kN < Vu kap. = 401.345 kN (**OK**)

➤ Persyaratan Jarak Antar Tulangan Geser

Maksimal jarak dari tulangan geser menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Smaks = \frac{d}{2} = \frac{544}{2} = 272 \text{ mm}$$

Spakai = 150 mm < 272 mm (**OK**)

➤ Persyaratan Luas Tulangan Minimum

SNI 2847-2019 mengatur bahwa minimal luas tulangan geser yang digunakan sebagai berikut :

$$Av \text{ min} = \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{fyt} = \frac{0,35 \cdot 400 \cdot 150}{280} = 75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan 3 kaki Ø10 sehingga,

Av = 235,62 mm² > Av min = 75 mm² (**OK**)

➤ Persyaratan Ketahanan Terhadap Torsi

Tu ETABS = 83120000 Nmm

Spakai = 150 mm

$\theta = 45^\circ$

$$Av = 235,6 \text{ mm}^2$$

$$At = \pi \cdot 0,25 \cdot \emptyset_{sengkang} = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_{oh} = (h - (2 \cdot t_{selimut}) - \emptyset_{sengkang})x (b - (2 \cdot t_{selimut}) - \emptyset_{sengkang})$$

$$A_{oh} = 174900 \text{ mm}^2$$

$$Ao = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 174900 = 148665 \text{ mm}^2$$

$$T_n = Cot \theta \cdot \left(\frac{2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot (A_t + A_v)}{S} \right)$$

$$T_n = Cot 45 \cdot \left(\frac{2 \cdot 148665 \cdot 280 \cdot (78,54 + 235,6)}{150} \right) = 107646678,3 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tu kap} = 0,85 \times T_n = 0,85 \times 107646678,3 = 91499676,54 \text{ Nmm}$$

Maka,

Tu ETABS = 83120000 Nmm < Tu Kap. = 91499676,54 Nmm (**OK**)

6.3 Struktur Kolom

Perencanaan penulangan struktur kolom dilakukan terhadap elemen yang mengalami gaya reaksi terbesar dari masing – masing jenis kolom.

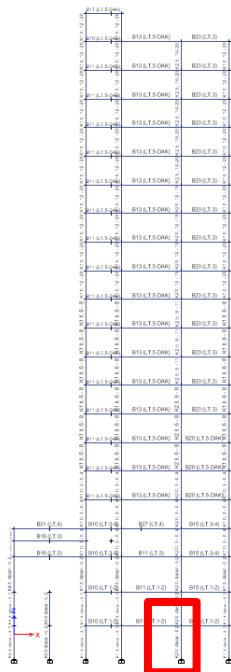
Gaya dalam yang diambil adalah gaya dalam terbesar pada kolom menggunakan program bantu ETABS yang diakibatkan oleh beberapa kombinasi beban sebagai berikut :

Tabel 6.5 Gaya Dalam Kolom (Aksial dan Geser)

| No | Kombinasi | P | V2 | V3 |
|----|-----------------|----------|---------|---------|
| | | kN | kN | kN |
| 1 | 1.2D+1EX+1L | -5843.88 | -292.55 | -41.423 |
| 2 | 1.2D+1EY+1L | -5797.14 | -140.59 | -103.18 |
| 3 | 1.2D+1.6L+0.5Lr | -5785.68 | -7.107 | -29.52 |

Tabel 6.6 Gaya Dalam Kolom (Torsi dan Momen)

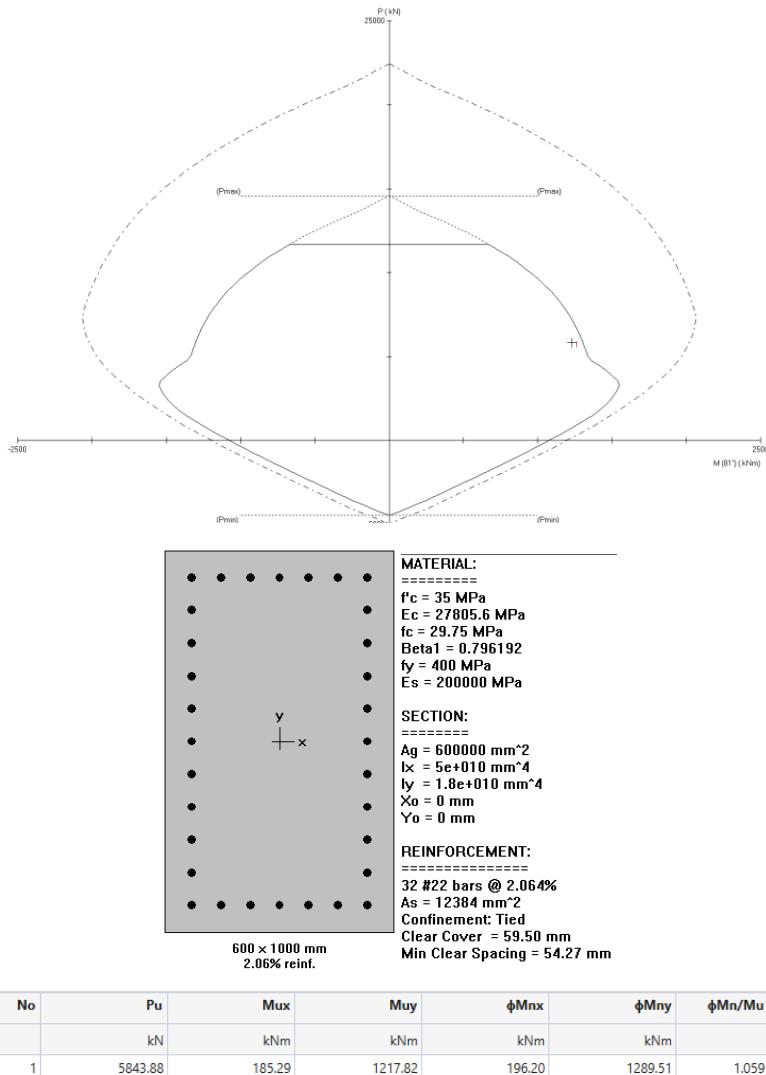
| No | Kombinasi | T | M2 | M3 |
|----|-----------------|--------|---------|----------|
| | | kN | kNm | kNm |
| 1 | 1.2D+1EX+1L | -8.315 | -185.29 | -1217.82 |
| 2 | 1.2D+1EY+1L | -9.88 | -383.81 | -593.57 |
| 3 | 1.2D+1.6L+0.5Lr | -0.062 | 33.946 | 8.9101 |



Gambar 6.5 Kolom yang Ditinjau

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Luas tulangan longitudinal diatur dalam SNI 2847-2019 penahan lentur tidak kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag. Pada kolom K1 ini akan dipasang tulangan rencana 28 D32. Perhitungan kolom dilakukan dengan menggunakan program bantu SpColumn.



Gambar 6.6 Hasil Perhitungan dengan SpColumn

Dari hasil analisa perhitungan kapasitas K1 dengan tulangan 28 D32 melebihi dari pada beban yang ada pada kolom. Dengan *safety factor* terhadap momen ultimate ($\phi M_n / M_u$) sebagai berikut :

1. $1.2D + 1EY + 1L = 1,059$
2. $1.2D + 1EY + 1L = 1,893$
3. $1.2D + 1.6L + 0.5L_r = 53.617$

b. Kontrol Rasio Tulangan

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$.

Rasio tulangan terpasang = $2.06\% = 0,026$

Maka, $0,01 < 0,026 < 0,06$ (**OK**)

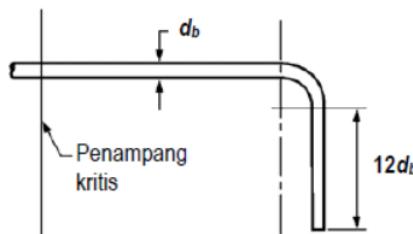
c. Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan (L_{dc}) dan panjang kait dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$\lambda = 1$ (Beton berat normal)

L_{dc} minimum = 200 mm

Panjang kait = $12 \cdot d_b = 12 \cdot 32 = 384$ mm



Gambar 6.7 Panjang Kait Tulangan Kolom

$$L_{dc} = \frac{0.24 \cdot f_y \cdot d_b}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{0.24 \cdot 400 \cdot 32}{1 \cdot \sqrt{40}} = 560,87 \text{ mm} \approx 575 \text{ mm}$$

d. Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan kebutuhan tulangan geser pada kolom SRPMB adalah sebagai berikut :

V_u ETABS = 292.55 N

N_u ETABS = 5843880 N

S pakai = 250 mm

Direncanakan 3 kaki Ø10, $A_v = 235.619 \text{ mm}^2$

$V_n = V_s + V_c$

$$Vc = 0,17 \cdot \lambda \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right)$$

$$Vc = 0,17 \cdot 1 \cdot 1100 \cdot 1038 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(1 + \frac{14940102}{14 \cdot 1100 \cdot 1100} \right) = 2310337 \text{ N}$$

$$Vs = \frac{A_v \cdot fyt \cdot d}{s} = \frac{235,619 \cdot 400 \cdot 1038}{250} = 525930 \text{ N}$$

$$Vn = 2310337 + 525930 = 2836266,3 \text{ N}$$

$$Vu \text{ Kap} = Vn \times \varphi = 2836266,3 \times 0,75 = 2127200 \text{ N}$$

Maka,

$$Vu \text{ ETABS} = 292.55 \text{ N} < Vu \text{ kap.} = 2127200 \text{ N (OK)}$$

e. Persyartan Jarak Antar Tulangan

Maksimal jarak pada tulangan geser adalah sebagai berikut :

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{1038}{2} = 519 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm} < 519 \text{ mm (OK)}$$

f. Persyartan Ketahanan Terhadap Torsi

$$Tu \text{ ETABS} = 9880 \text{ Nmm}$$

$$Spakai = 250 \text{ mm}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Av = 253,619 \text{ mm}^2$$

$$At = 113,09 \text{ mm}^2$$

$$A_{oh} = (h - (2 \cdot t_{selimut}) - \emptyset_{sengkang}) \times (b - (2 \cdot t_{selimut}) - \emptyset_{sengkang})$$

$$A_{oh} = (1100 - (2 \cdot 50) - 12) \times (1100 - (2 \cdot 50) - 12) = 976144 \text{ mm}^2$$

$$Ao = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 976144 = 829722,4 \text{ mm}^2$$

$$Tn = Cot\theta \cdot \left(\frac{2 \cdot Ao \cdot fyt \cdot (At + Av)}{S} \right)$$

$$Tn = Cot45 \cdot \left(\frac{2 \cdot 829722,4 \cdot 400 \cdot (113,09 + 253,619)}{250} \right)$$

$$Tn = 648856214 \text{ Nmm}$$

$$Tu = 0,85 \times Tn = 551527782 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$Tu \text{ ETABS} = 9880 \text{ Nmm} < Tu \text{ Kap.} = 551527782 \text{ Nmm (OK)}$$

6.4 Perbandingan Elemen Struktur

Terdapat beberapa perbedaan pada kapasitas elemen struktur eksisting *dual system* dengan elemen struktur ditambah FVD. Berikut adalah contoh dari perbedaan kapasitas elemen struktur :

6.4.1 Struktur Balok

Salah satu balok yang ditinjau adalah balok B10 pada lantai 5 dengan dimensi balok 400 x 600, detail penampang sebelum dan sesudah ditambah FVD sebagai berikut :

Tabel 6.7 Perbandingan Elemen Struktur Balok

| Jenis Tulangan | Eksisting Dual System | SRPMB dengan fluid viscous damper |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Tul. Lentur Tumpuan | Atas : 10 D22 Bawah : 5 D22 | Atas : 11 D19 Bawah : 6 D19 |
| Tul. Lentur Lapangan | Atas : 4 D22 Bawah : 5 D22 | Atas : 3 D19 Bawah : 5 D19 |
| Tul. Geser Tumpuan | 4 Ø10 - 100 | 4 Ø10 - 100 |
| Tul. Geser Lapangan | 2 Ø10 - 150 | 2 Ø10 - 150 |

6.4.2 Struktur Kolom

Salah satu kolom yang ditinjau adalah balok K2 pada lantai dasar dengan dimensi kolom 600 x 1000, detail penampang sebelum dan sesudah ditambah FVD sebagai berikut :

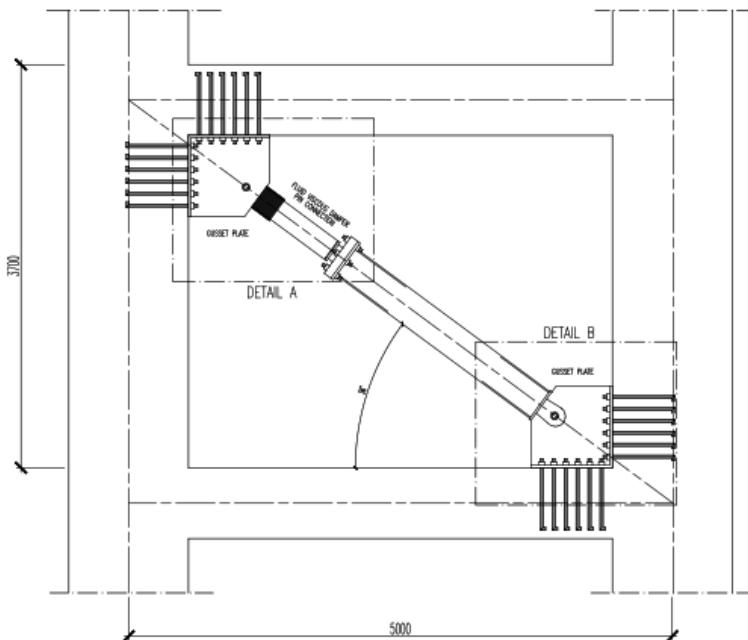
Tabel 6.8 Perbandingan Elemen Struktur Kolom

| Jenis Tulangan | Eksisting Dual System | SRPMB dengan fluid viscous damper |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Tul. Longitudinal | 34 D22 | 32 D22 |
| Tul. Sengkang Tumpuan | 7 D13 – 75 | 3 Ø10 - 150 |
| Tul. Sengkang Lapangan | 7 Ø10 - 150 | 3 Ø10 - 250 |

Berdasarkan perbandingan tulangan struktur atas, dapat diketahui struktur SRPMB dengan FVD dapat mereduksi luas tulangan hingga 3,6% dari kondisi eksisting untuk data lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran perbandingan tulangan.

6.5 Breising, Sambungan & Baut Angkur

Pada pemasangan *Fluid Viscous Damper* (FVD) ke elemen struktur, damper bersifat sebagai *bracing*, karena panjang damper hanya ± 1 meter, maka damper diekstensi menggunakan profil baja *Hollow Structural Section* (HSS) guna mencapai panjang diagonal seperti pada gambar di bawah ini. Desain profil direncanakan mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan, maka harus diperhitungkan gaya-gaya yang bekerja sesuai dengan SNI 1729-2015 dan ACI 318-14.



Gambar 6.8 Skema Sambungan FVD & Bracing

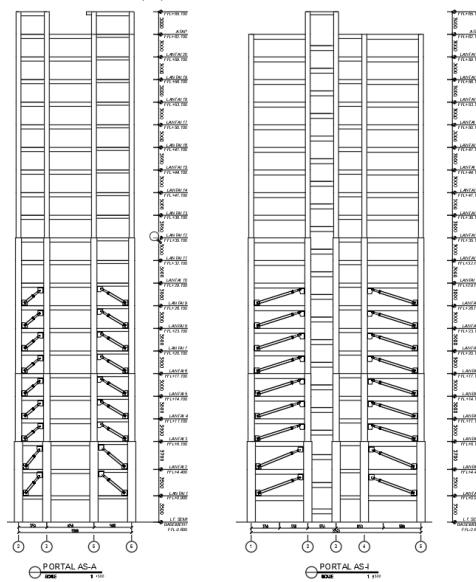
Pada perhitungan kapasitas penampang struktur bresing, bresing yang dihitung secara manual adalah elemen yang mengalami gaya aksial terbesar.

6.5.1 Perhitungan Bracing

a. Data Perencanaan

- Profil Baja = HSS Circle

- Diameter (D) = 304,8 mm
- Tebal (t) = 12,7 mm
- Luas Penampang (Ag) = 116,5 mm²
- Mutu Profil Baja = BJ50
- Tegangan Leleh Tarik (fy) = 290 Mpa
- Tegangan Leleh Putus (fu) = 500 Mpa
- Panjang Bresing (L) = 4,4 m
- Momen Inersia (I) = 12453,1 cm⁴
- Modulus Penampang (S) = 817,1 cm³
- Radius Grasi = 103,4 mm
- Modulus Plastis (Z) = 1084,3 cm³



Gambar 6.9 Posisi FVD

b. Analisa Gaya Dalam

Didapatkan gaya dalam akibat kombinasi 1,2D + 1L + 1EQ :

Gaya aksial tekan maksimum = 2718,68 kN

Gaya aksial tarik maksimum = 2593,35 kN

c. Perhitungan Kapasitas Tarik Penampang

Kekuatan tarik desain, $\bar{\sigma}_{Nn}$, 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,

- Cek kelangsungan batang
Faktor panjang tekuk, $k = 1,0$ (sendi – sendi)
 $Lk = k \cdot L = 1,0 \times 580 = 580 \text{ mm}$
$$\frac{Lk}{r} = \frac{580}{103,4} = 5,609 < 290 \text{ (OK)}$$

ps. D1

- Kekuatan tarik nominal terfaktor batang (leleh menentukan)
 $Ag = 11650 \text{ mm}^2$
 $Fy = 290 \text{ Mpa}$
 $Nn = Fy \times Ag$
 $= 290 \times 11650 = 3378500 \text{ N}$
 $\phi Nn = 0,9 \times 3378500 = 3040650 \text{ N}$
 $\phi Nn = 3040,65 \text{ kN} > Nu = 2593,35 \text{ kN (OK)}$

(SNI 1729-2015, 2015) ps. D2-1

d. Perhitungan Kapasitas Tekan Penampang

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 tabel B4.1a, yakni sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{304,8}{12,7} = 24$$

$$\lambda_r = 0,11 \frac{E}{f_y} = 0,11 \times \frac{200000}{290} = 75,862$$

$$\lambda_r > \lambda \text{ (OK)}$$

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).

- Cek kelangsungan batang
Faktor panjang tekuk, $k = 1,0$ (Sendi – sendi)
 $Lk = k \cdot L = 1,0 \cdot 580 = 580 \text{ mm}$
$$\lambda = \frac{Lk}{r} = \frac{580}{103,4} = 5,609 < 200 \text{ (OK)}$$

(SNI 1729-2075 ps. E2)

- Kekuatan nominal tekan terfaktor batang

$$4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4.71 \cdot \sqrt{\frac{200000}{290}} = 123.69$$

Karena nilai $\frac{Lk}{r} < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$, maka untuk nilai f_{cr} dipakai :

$$f_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{f_e} \right] f_y$$

(SNI 1729-2075 ps. E3-2)

$$\text{Dimana nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{Lk}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(5.609)^2} = 62735.7 MPa$$

Sehingga :

$$f_{cr} = \left[0,658 \frac{290}{62735.7} \right] 290 = 289.439 MPa$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g = 289.44 \times 11650 = 3371969.676 N$$

(SNI 1729-2075 ps. E3-1)

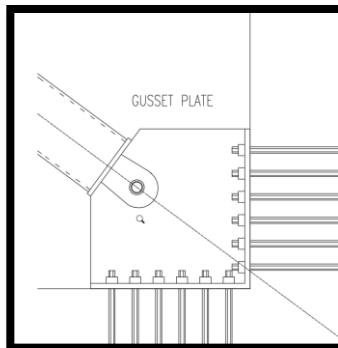
$$\varphi P_n = 0.9 \times 3371.97 \text{ kN} = 3034,77 \text{ kN}$$

$$P_u = 2718.68 \text{ kN}$$

$$\varphi P_n \geq P_u (\text{OK})$$

6.5.2 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 pada *AISC Design Guide 24 Hollow Structural Sections Connection* menggunakan desain *end tee bolted connection*.



Gambar 6.10 Sketsa Sambungan Bresing HSS-Gusset Plate

a. Data Perencanaan

- Profil Baja = CHS
- Diameter (D) = 304.8 mm
- Tebal (t) = 12,7 mm
- Profil Sambungan = Pelat baja
- Dimensi kepala pelat = 325/360 mm
- Tebal kepala pelat (tp) = 25 mm
- Tebal pelat penyambung = 25 mm
- Tebal pelat buhul (tpg) = 20 mm
- Mutu baja = BJ50
- Diameter lubang baut = M33
- Kuat tarik baut = 620 Mpa
- Kuat geser baut = 372 Mpa
- Tegangan leleh tarik las = 490 Mpa

b. Analisa Gaya Dalam pada Sambungan

Untuk sistem struktur portal tahan gempa maka kekuatan sambungan tidak boleh lebih lemah dari batang yang disambungnya, maka semua gaya yang bekerja diambil dari kapasitas gaya nominal yang mampu dipikul bresing HSS.

Gaya Pu maupun Nu diganti dengan gaya nominal yang telah dihitung pada perhitungan sebelumnya (bresing).

Gaya tekan nominal ϕP_n = 3034.773 kN

Gaya tarik nominal ϕN_n = 3040.65 kN

Gaya aksial pada plat landas :

Gaya tekan maksimum pelat landas P_u'

$$\begin{aligned} P_u' &= P_u \cos \alpha \\ &= 3034.77 \times \cos 37^\circ \\ &= 2423.67 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tarik maksimum pelat landasan N_u'

$$\begin{aligned} N_u' &= N_u \cos \alpha \\ &= 3040.65 \times \cos 37^\circ \\ &= 2428.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser pada plat landas :

Gaya geser dari proyeksi tekan

$$\begin{aligned}
 Vu &= Pu \sin \alpha \\
 &= 3034.77 \times \sin 37 \\
 &= 1826.37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya geser dari proyeksi tarik :

$$\begin{aligned}
 Vu' &= Nu \sin \alpha \\
 &= 3040.65 \times \sin 37 \\
 &= 1829.91 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kuat Las yang Tersedia Kepala Pelat ke HSS

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = f_w \times A_w$$

(SNI 1729-2075 ps. J2-3)

Karena gaya tidak berada dalam bidang pengelompokan, persamaan J2-5 dari spesifikasi AISC 360-16 tidak berlaku.

$$f_w = 0.60 f_{EXX} = 0.60 \times 490 \text{ MPa} = 294 \text{ MPa}$$

Mengacu tabel SNI 1729-2015 tabel J2.4 ukuran minimum las sudut tebal las sudut w adalah 10 mm.

$$w = 16 \text{ mm}$$

$$l = \pi D = \pi \times 304.8 = 957.557 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 957.557 \times \frac{16}{\sqrt{2}} = 10833.526 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 294 \times 10833.526 = 3981320.7 \text{ N} = 3981.32 \text{ kN}$$

$$\varphi R_n = 0.8 \times 3981.32 = 3185.05 \text{ kN}$$

d. Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Pelat Sambung Ke Kepala Pelat

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = f_w \times A_w$$

(SNI 1729-2075 ps. 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 :

$$l = 2 \times 325 = 650 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 650 \frac{16}{\sqrt{2}} = 7353.91 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 294 \times 7353.91 = 2162049.7 \text{ N} = 2162.05 \text{ kN}$$

$$\varphi R_n = 0.8 \times 2162.05 = 1729.64 \text{ kN}$$

e. Kuat Geser Leleh Kepala Pelat

Dari SNI 1729-2015 Pasal J4.2, kekuatan geser leleh nominal ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = f_y \times A_g$$

(SNI 1729-2075 ps. J4-3)

Dimana:

$$f_y = f_{y,p} = 290 \text{ Mpa}$$

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 :

$$A_g = 2 \times L \times t_p = 2 \times 325 \times 25 = 16250 \text{ mm}^2$$

Maka,

$$\varphi R_n = 0.6 \times f_y \times A_g = 0.6 \times 290 \times 16250 = 2827500 \text{ N}$$

$$\varphi R_n = 2827.5 \text{ kN}$$

f. Kuat Geser Fraktur Kepala 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 :

$$f_u = f_{u,p} = 500 \text{ Mpa}$$

$$A_{nv} = A_g = 16250 \text{ mm}^2$$

$$\varphi R_n = 0.6 \times 500 \times 16250 = 4875000 \text{ N} = 4875 \text{ kN}$$

g. Kuat Tarik Leleh Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1 (a), kuat tarik leleh nominal pelat penyambung adalah :

$$\varphi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana :

$$f_y = f_{y,p} = 240 \text{ Mpa}$$

$$A_g = w \times t_s = 325 \times 25 = 8125 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\varphi R_n = 0.9 \times 240 \times 8125 = 1755000 \text{ N} = 1755 \text{ kN}$$

h. Kuat Tarik Fraktur Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah :

$$\varphi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana :

$$f_u = f_{up} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

$U = 1,0$ dari AISC *Specification* tabel D3.1,

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 8125 - 2(33) \times 25 \leq 0.85 \times 8125$$

$$A_n = 6475 \leq 6906.25$$

Maka, area efektif adalah 6475 mm^2

$$\varphi R_n = 0.9 \times 500 \times 6475 = 2913750 \text{ N} = 2913.75 \text{ kN}$$

i. Kuat Tarik Leleh Pelat Buhul

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat buhul adalah :

$$\varphi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana :

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 25 = 15750 \text{ mm}^2$$

Dimana :

$$\varphi R_n = 0.9 \times 240 \times 15750 = 3402000 \text{ N} = 3402 \text{ kN}$$

j. Kuat Tarik Fraktur Pelat Buhul

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat buhul adalah :

$$\varphi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana :

$$f_u = f_{up} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana :

$U = 1,0$ dari AISC *Specification* tabel D3.1,

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 15750 - 2(33)25 \leq 0.85 \times 15750$$

$$A_n = 14100 \leq 13387.5$$

Maka area efektif adalah $A_n = 13387.5 \text{ mm}^2$

$$\varphi R_n = 0.9 \times 500 \times 13387.5 = 6024.37 \text{ kN}$$

k. Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Pelat Buhul ke Pelat Landas

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0,60 \quad f_{EXX} = 0,60 \times 490 \text{ MPa} = 294 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang pelat buhul, di kedua sisi batang.

$$w = 15 \text{ mm}$$

$$l = 630 \text{ mm}$$

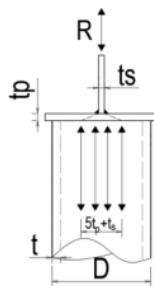
$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 630 \frac{15}{\sqrt{2}} = 6682,16 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 294 \times 6682,16 = 1964550 \text{ N} = 1964,55 \text{ kN}$$

$$\varphi R_n = 0,8 \times 1964,55 \text{ kN}$$

I. Keadaan Batas Leleh Lokal dari Beban Aksial CHS

Kuat tekan nominal menurut AISC 360-16 tabel K1.1 adalah kuat tekan nominal berdasarkan kondisi batas dinding HSS melumpuhkan untuk satu dinding, adalah :



Gambar 6.11 Penyebaran Gaya Melalui Kepala Pelat

$$R_n = 2 \times f_y \times t (5t_p + t_s) \leq f_y \times A_g \text{ HSS}$$

$$R_n = 2 \times 240 \times 12,7 (5(25) + 25) \leq 240 \times 11650$$

$$R_n = 914400 \text{ N} \leq 2796000 \text{ N}$$

$$\varphi R_n = 1,0 \times 914,4 = 914,4 \text{ kN}$$

m. Sambungan Bresing dengan Pelat Landasan

- Pengecekan pelat landasan terhadap kuat tumpu beton

Direncanakan ukuran pelat landasan adalah 750 x 400, perhitungan kuat tumpu beton sebagai berikut :

$$f_{p(max)} = \varphi \times 0,85 \times f'_c = 0,65 \times 0,85 \times 40 = 22,1 \text{ MPa}$$

$$fp = \frac{Pu'}{BN} = \frac{2423677.2}{750 \times 400} = 8.078 \text{ MPa} < 22.1$$

- Penentuan Tebal Pelat Landasan

Kuat perlu pelat landasan ditentukan sebagai berikut :

$$M_{pl} = 0.5 \times fp \times m^2$$

Dimana m ditentukan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0.9d}{2} = \frac{750 - 0.9 \times 630}{2} = 91.5 \text{ mm}$$

$$M_{pl} = 0.5 \times 8.079 \times 8372.25 = 33819.386 \text{ mm/mm}$$

Untuk kondisi batas leleh maka tebal minimum yang diperlukan untuk pelat landasan adalah :

$$t_{bp} = \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\varphi f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 33819.386}{0.9 \times 240}} = 25.0257 \text{ mm}$$

6.5.3 Perhitungan Baut Angkur

Perhitungan baut angkur terhadap tarik dan geser mengacu pada ACI 318-14M pasal 17 sesuai pada tabel di bawah ini.

Tabel 6.9 Kuat Baut Angkur Berdasarkan Pola Keruntuhan
(ACI 318-14, 2014)

| 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) | $\phi N_{pn} \geq N_{ua}$ | $\phi N_{pn} \geq N_{ua,i}$ | |
| 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 prayout strength in shear (17.5.3) | $\phi V_{cp} \geq V_{ua}$ | | $\phi V_{cpq} \geq V_{ua,g}$ |

a. Data Perencanaan Angkur

Direncanakan angkur dengan spesifikasi berikut :

- Diameter (\emptyset) = M33
- Panjang Benam = 600 mm
- Tegangan leleh tarik (f_y) = 250 Mpa
- Tegangan Putus Tarik (f_u) = 400 Mpa
- Jarak horizontal angkur (S_1) = 110 mm
- Jarak vertikal angkur (S_2) = 200 mm
- Jarak angkur ke tepi kolom (C_1) = 450 mm
- Dimensi plat landas (b/h) = 400/750 mm
- Mutu beton tumpu (f_c') = 40 Mpa

b. Kuat Baut Angkur Terhadap Tarik

Direncanakan baut angkur M33 dengan pitch untuk M30

$$P = 3,5 \frac{mm}{ulir}$$

$$\text{Maka } n_t = \frac{1}{P} = 0.285 \text{ ulir/mm}$$

Kuat angkur baut terhadap tarik

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} (33 - 0,9382 \times n_t)^2$$

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} (33 - 0,9382 \times 0.285)^2 = 840.85 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = 0,75 \text{ (untuk baja daktai A36)}$$

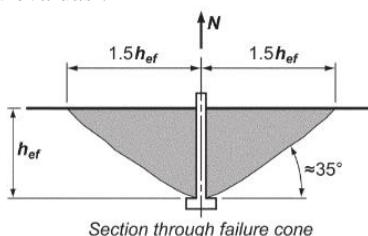
$$\varphi N_{sa} = \varphi A_{se,N} \times f_{uta} = 0,75 \times 840,85 \times 400 = 252256 N$$

Jika terdapat 12 buah baut angkur , maka

$$\varphi N_{sa} = 12 \times 252256 N = 3027.07 kN$$

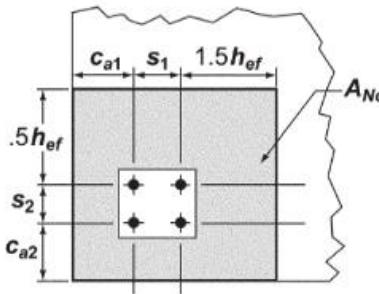
c. Kuat Jebol (Breakout) Beton Akibat Tarik

Posisi angkur tepi $C_{al} = 475 \text{ mm} < 1,5 h_{ef} = 900 \text{ mm}$, maka pengaruh jebol beton perlu dievaluasi.



Gambar 6.12 Visualisasi Jebol (Breakout) Baut Sisi Tepi

$$A_{Nco} = 9h_{ef}^2 = 9 \times 600^2 = 3240000 \text{ mm}^2$$



Gambar 6.13 Skema Pengambilan Nilai A_{Nc}

Angkur kelompok :

$c_{a1} < 1,5h_{ef}$, $s_1 < 3h_{ef}$, $s_2 < 3h_{ef}$ maka :

$$A_{Nc} = (2 \times 1,5h_{ef} + 3 \times S_2) \times (2 \times c_{a1} + S_1)$$

$$A_{Nc} = (2 \times 900 + 3 \times 200) \times (2 \times 450 + 110) = 2079000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} = \frac{2079000}{3240000} = 0,64167$$

Untuk $C_{a,min} < 1,5 h_{ef}$ maka :

$$\Psi_{ed,N} = 0,7 + 0,3 \frac{c_{a,min}}{1,5 h_{ef}} = 0,7 + 0,3 \frac{475}{900} = 0,858$$

$\Psi_{c,N} = 1,25$ (angkur cor ditempat)

$\Psi_{cp,N} = 1,0$ (untuk kasus lainnya)

$\Psi_{ec,N} = 1,0$ (gaya tarik di pusat berat kelompok angkur)

$\lambda_a = 1,0$ (beton normal angkur cor di tempat)

$$N_b = 3,9 \lambda_a \sqrt{fc'} h_{ef}^{5/3}$$

$$N_b = 3,9 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 600^{5/3} = 5684976 N$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \Psi_{ed,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{c,N} \cdot \Psi_{cp,N} \cdot N_b$$

$$N_{cb} = 0,6416 \cdot 0,858 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 5684976 = 3913849 N$$

$$\varphi N_{cb} = 0,75 \cdot 3913,85 = 2935,39 kN$$

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 :

$$N_p = 0,9 \times f'c' x e_h x d_a$$

Dimana :

$$e_h = 4,5 d_a = 4,5 \times 33 = 148,5 \text{ mm}$$

$\Psi_{c,p} = 1,4$ (beton dalam kondisi service belum retak)

$\Phi = 0,75$ (kondisi beton dengan tulangan)

Maka :

$$N_p = 0,9 \times 40 \times 148,5 \times 33 = 263984,9 \text{ N}$$

$$\varphi N_{pn} = 0,9 \times 1,4 \times 263984,8 = 277184 \text{ N}$$

Jika terdapat 12 baut angkur maka,

$$\varphi N_{pn} = 12 \times 277,184 = 3326,21 \text{ kN}$$

e. Kuat Baut Angkur Akibat Geser

Kuat angkur akibat geser direncanakan sebagai berikut :

$$A_{se,V} = A_{se,V} = 840,85 \text{ mm}^2$$

$$\phi = 0,65 \text{ (untuk baja daktail terhadap geser A36)}$$

$$V_{sa} = 0,6 \times A_{se,V} \times f_{uta} = 0,6 \times 840,853 \times 400 = 201804,6 \text{ N}$$

$$\phi V_{sa} = 0,65 \times 201804,6 = 131173 \text{ N}$$

$$n \cdot \phi V_{sa} = 12 \times 131173 = 1574076 \text{ N} = 1574,08 \text{ kN}$$

f. Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Geser

Karena $s = 110 \text{ mm} < c_{a1} = 450 \text{ mm}$ sehingga semua gaya geser dipikul baut angkur terdepan pada luas bidang proyeksinya.

$$A_{vc} = (2 \times c_{a1} + s_2)1,5c_{a1}$$

$$A_{vc} = (2 \times 450 + 200)1,5 \times 450 = 681750 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4,5c_{a1}^2 = 4,5 \times 450^2 = 911250 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{vc}}{A_{vco}} = \frac{681750}{911250} = 0,75$$

Untuk $c_{a2} \geq 1,5c_{a1}$ maka $\psi_{ed,V} = 1,0$

$\Psi_{c,V} = 1,4$ (beton dalam kondisi service belum retak)

$$le = h_{ef} < 8d_a \text{ maka } le = 8d_a = 264 \text{ mm}$$

$$V_b = 0,6 \left(\frac{l_e}{d_a} \right)^{0,2} \sqrt{d_a} \lambda_a \sqrt{f'c} C_{a1}^{1,5}$$

$$V_b = 0,6 \left(\frac{264}{33} \right)^{0,2} \sqrt{33} \times 1 \times \sqrt{40} \times 450^{1,5} = 273152,8 \text{ N}$$

$\Psi_{ec,V} = 1,0$ (gaya geser di pusat berat kelompok angkur)

$\Psi_{h,V} = 1,0$ (tidak dibatasi oleh ketebalan beton)

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ec,V} \times \Psi_{ed,V} \times \Psi_{c,V} \times \Psi_{h,V} \times V_b$$

$$V_{cb} = 0,75 \times 1 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 273152,8 = 286102,2 \text{ N}$$

$$\phi V_{cb} = 0,75 \times 286102,2 = 214577 \text{ N} = 214,577 \text{ kN}$$

$$n \cdot \phi V_{cb} = 12 \times 214,577 = 1716,61 \text{ kN}$$

g. Kuat Rompal (Pryout) Beton Terhadap Geser

$K_{cp} = 2,0$ (untuk $h_{ef} > 65 \text{ mm}$)

$$V_{cp} = K_{cp} \times N_{cp}$$

Dimana :

$$N_{cp} = N_{cbg} = 3913,85 \text{ kN}$$

$$V_{cp} = 2 \times 3913,85 = 7828,7 \text{ kN}$$

$$\phi V_{cp} = 0,75 \times 7828,7 = 5870,77 \text{ kN}$$

h. Rekapitulasi Kuat Batas Angkur Akibat Tarik & Geser

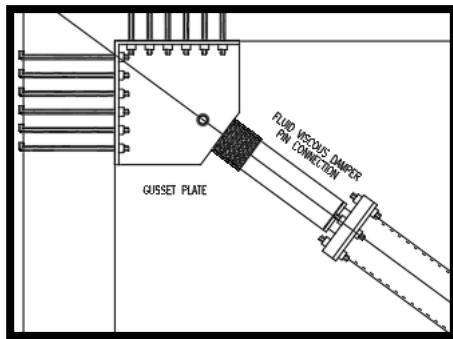
Berikut merupakan tabel rangkuman kuat batas angkur akibat tarik dan geser.

Tabel 6.10 Rekapitulasi Kuat Batas Angkur

| Kondisi | Kuat Nominal | Besaran gaya | Rasio |
|--------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | kN | kN | |
| Kuat Baut Angkur Terhadap Tarik | 3027.0697 | 2428.3711 | 0.802 |
| Kuat Jebol (Breakout) Beton Akibat Tarik | 2935.387 | 2428.3711 | 0.827 |
| Kuat Cabut Baut Angkur dari Beton | 3326.208 | 2428.3711 | 0.73 |
| Kuat Baut Angkur Akibat Geser | 1574.076 | 1465.1788 | 0.931 |
| Kuat Jebol (Breakout) Beton Terhadap Geser | 1716.61 | 1465.1788 | 0.854 |
| Kuat Rompal (Pryout) Beton Terhadap Geser | 5870.77 | 1465.1788 | 0.25 |

6.5.4 Perhitungan Sambungan HSS-FVD

Desain sambungan untuk bresing *Hollow Structural Section (HSS)* *Circle* yang disambung pada *end plate* mengacu pada AISC *Design Guide* 24 pasal 5.4.



Gambar 6.14 Skema End Plate Connector HSS-FVD

a. Data Perencanaan

- Diamater HSS, D = 304.8 mm
- Tebal HSS,t = 12.7 mm
- Diamater baut, db = 30 mm
- Jarak baut ke tepi, b = 50 mm
- Kuat leleh *end plate*, F_{yp} = 290 MPa
- Kuat las, F_{EXX} = 490 MPa
- Kuat tarik baut, R_c = 620 MPa
- Gaya aksial, P_t = 2423,67 kN
- Faktor reduksi, (c=Ø) = 0.9a

b. Variabel yang Dibutuhkan

$$r_1 = \frac{D}{2} + 2b = \frac{304.8}{2} + 2 \times 50 = 252 \text{ mm}$$

$$r_2 = \frac{D}{2} + b = \frac{304.8}{2} + 50 = 202 \text{ mm}$$

$$r_3 = \frac{D - t}{2} = \frac{304.8 - 12.7}{2} = 146 \text{ mm}$$

$$k_1 = \ln \frac{r_2}{r_3} = \ln \frac{202}{146} = 0.33$$

$$k_3 = k_1 + 2 = 2.33$$

$$f_3 = \frac{1}{2k_1} = \left(k_3 + \sqrt{k_3^3 - 4k_1} \right)$$

$$f_3 = \frac{1}{2 \times 0.33} \left(2.33 + \sqrt{2.33^3 - 4 \times 0.33} \right) = 5.65$$

c. **Tebal Minimum End Plate (tp)**

$$tp \geq \sqrt{\frac{2Pt}{c F_{yp} \pi f_3}}$$

$$tp \geq \sqrt{\frac{2423.67}{0.9 \times 240 \times \pi \times 5.65}}$$

$$tp \geq 1.02 \text{ mm}$$

$$tp = 20 \text{ mm} \geq 1.02 \text{ mm}$$

d. **Jumlah Baut (n)**

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

$$n \geq \frac{2423.67}{400} \left[1 - \frac{1}{5.65} + \frac{1}{5.65 \ln(\frac{252}{202})} \right]$$

$$n \geq 6.35 \text{ buah}$$

$$n = 8 \text{ bh} \geq 6.35 \text{ bh}$$

e. **Tebal Las Minimum (w)**

$$w \geq \frac{Pt\sqrt{2}}{F_{wt}\pi D}$$

$$w \geq \frac{2423.67 \sqrt{2}}{(0.6 F_{EXX})\pi 304.8}$$

$$w \geq 0.012$$

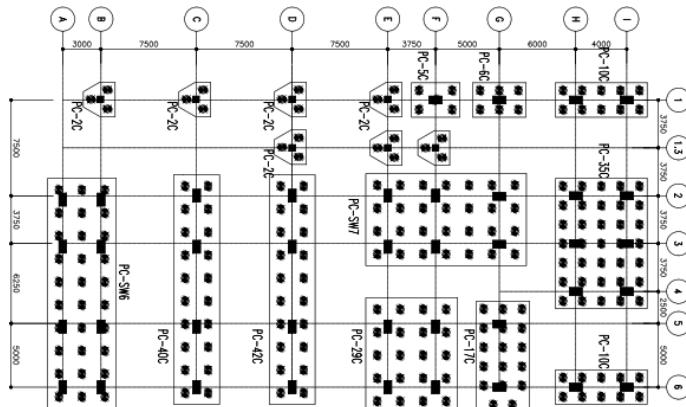
Dipasang, w = 10 mm ≥ 0.0128

BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR PONDASI

7.1 Umum

Perhitungan struktur pondasi, dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik gaya aksial terbesar sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk pondasi rencana adalah sebagai berikut :

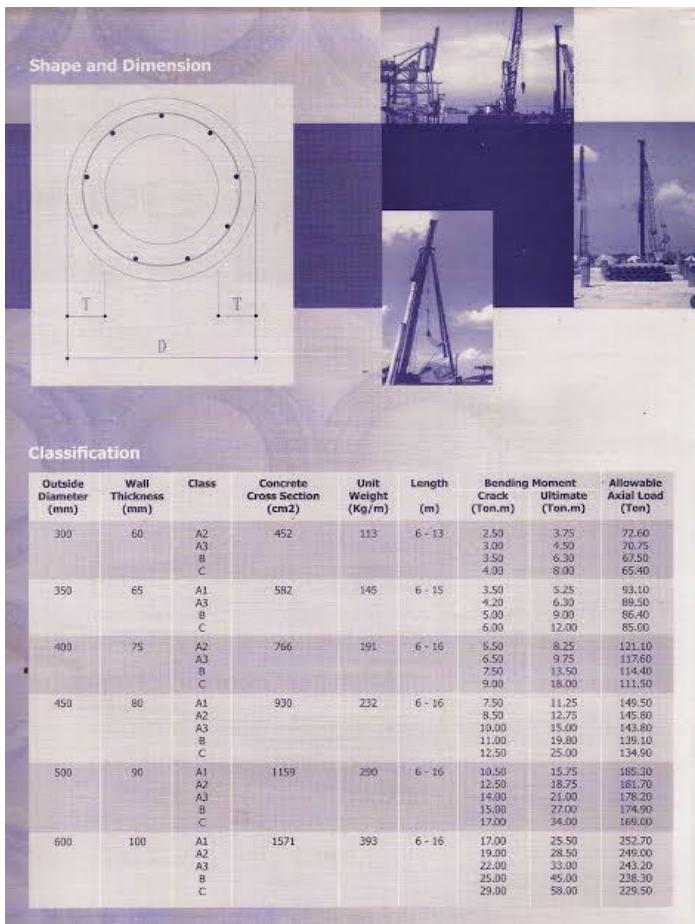


Gambar 7.1 Denah Rencana Pondasi

7.2 Perhitungan Pondasi

Dalam perhitungan pondasi tiang pancang menggunakan tiang pancang produk dari PT. Wika Beton dengan brosur terlampir yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- F_c' = 58.8 MPa
- Diameter tiang pancang = 600 mm
- Ketebalan = 100 mm
- *Concrete cross section* = 1571 cm^2
- Kelas = A1
- *Bending moment crack* = 17 ton.m
- *Bending moment ultimate* = 25.5 ton.m
- *Allowable axial* = 252.7 ton
- Kedalaman rencana = 19 m



Gambar 7.2 Brosur Spesifikasi Tiang Pancang

7.2.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Tabel 7.1 Data Tanah

| Depth (m) | Jenis Tanah | N rata2 | Grafik SPT | Kode Tanah | f_i (t/m ²) | $f_i * tebal$ (t/m) |
|-----------|-------------|---------|------------|------------|---------------------------|---------------------|
| 0.00 | Lempung | 0 | 0.00 | C | 0.0 | 0.0 |
| -1.50 | Lempung | 4 | -1.50 | C | 4.0 | 6.0 |
| -3.00 | Lempung | 2 | -3.00 | C | 2.0 | 3.0 |
| -4.50 | Lempung | 10 | -4.50 | C | 10.0 | 15.0 |
| -6.00 | Lanau | 20 | -6.00 | C | 12.0 | 18.0 |
| -7.50 | Lanau | 35 | -7.50 | C | 12.0 | 18.0 |
| -9.00 | Lanau | 33 | -9.00 | C | 12.0 | 18.0 |
| -10.50 | Lempung | 3 | -10.50 | C | 3.0 | 4.5 |
| -12.00 | Lempung | 2 | -12.00 | C | 2.0 | 3.0 |
| -13.50 | Lempung | 1 | -13.50 | C | 1.0 | 1.5 |
| -15.00 | Lempung | 36 | -15.00 | C | 12.0 | 18.0 |
| -16.50 | Pasir | 38 | -16.50 | S | 7.6 | 11.4 |
| -18.00 | Pasir | 40 | -18.00 | S | 8.0 | 12.0 |
| -19.50 | Pasir | 64 | -19.50 | S | 10.0 | 15.0 |
| -21.00 | Lempung | 7 | -21.00 | C | 7.0 | 10.5 |
| -22.50 | Lempung | 25 | -22.50 | C | 12.0 | 18.0 |
| -24.00 | Lanau | 12 | -24.00 | C | 12.0 | 18.0 |
| -25.50 | Lanau | 9 | -25.50 | C | 9.0 | 13.5 |
| -27.00 | Pasir | 77 | -27.00 | S | 10.0 | 15.0 |
| -28.50 | Pasir | 40 | -28.50 | S | 8.0 | 12.0 |
| -30.00 | Pasir | 75 | -30.00 | S | 10.0 | 15.0 |
| -31.50 | Pasir | 75 | -31.50 | S | 10.0 | 15.0 |
| -33.00 | Pasir | 77 | -33.00 | S | 10.0 | 15.0 |
| -34.50 | Pasir | 55 | -34.50 | S | 10.0 | 15.0 |
| -36.00 | Pasir | 55 | -36.00 | S | 10.0 | 15.0 |
| -37.50 | Pasir | 61 | -37.50 | S | 10.0 | 15.0 |
| -39.00 | Pasir | 61 | -39.00 | S | 10.0 | 15.0 |
| -40.50 | Pasir | 64 | -40.50 | S | 10.0 | 15.0 |

Tabel 7.2 Data Tanah

| $\Sigma(f_i*t)$ (t/m) | P friction = $\Sigma(f_i*t)*O$ ton | P bearing = $k*N*A$ |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| 0.0 | 0.00 | 0.000 |
| 6.0 | 11.31 | 16.965 |
| 9.0 | 16.96 | 8.482 |
| 24.0 | 45.24 | 42.412 |
| 42.0 | 79.17 | 84.823 |
| 60.0 | 113.10 | 148.440 |
| 78.0 | 147.03 | 139.958 |
| 82.5 | 155.51 | 12.723 |
| 85.5 | 161.16 | 8.482 |
| 87.0 | 163.99 | 4.241 |
| 105.0 | 197.92 | 152.681 |
| 116.4 | 219.41 | 161.164 |
| 128.4 | 242.03 | 169.646 |
| 143.4 | 270.30 | 271.434 |
| 153.9 | 290.09 | 29.688 |
| 171.9 | 324.02 | 106.029 |
| 189.9 | 357.95 | 50.894 |
| 203.4 | 383.40 | 38.170 |
| 218.4 | 411.67 | 326.569 |
| 230.4 | 434.29 | 169.646 |
| 245.4 | 462.57 | 318.086 |
| 260.4 | 490.84 | 318.086 |
| 275.4 | 519.12 | 326.569 |
| 290.4 | 547.39 | 233.263 |
| 305.4 | 575.67 | 233.263 |
| 320.4 | 603.94 | 258.710 |
| 335.4 | 632.21 | 258.710 |
| 350.4 | 660.49 | 271.434 |
| 350.4 | 660.49 | 0.000 |

Kedalaman Rencana

: 19 m

Diameter tiang

: 600 mm

Harga N pada ujung tiang

: 40

Luas permukaan tiang pancang : 0.283 m²

1. Mencari daya dukung pada ujung tiang

Harga N rata-rata pada jarak 4D dari ujung tiang :

4D = 4 x 0.6 = 2.4 m (diambil 3 m rata-rata SPT di atas)

$$\bar{N}_2 = \frac{40 + 38 + 36 + 2}{3} = 23$$

$$\bar{N} = \frac{40 + 23}{2} = 31$$

Panjang ekivalen dari penetrasi tiang sampai (L) adalah 1.5m, karena tiang merupakan tiang pancang biasa maka didapatkan L/D = 2.5.

Setelah didapatkan L/D dicari nilai dari grafik $qd/N = 15$, maka nilai P bearing adalah :

$$P_{bearing} = 15 \times N \times Ap = 27 \times 40 \times 0.283 = 169,65 \text{ ton}$$

$$qd = \frac{qd}{N} \times N = 15 \times 31 = 471 \text{ ton}$$

Nilai daya dukung pada ujung tiang pancang adalah :

$$Rt = qd \times A = 471 \times 0,288 = 133,17 \text{ ton}$$

2. Menghitung Daya Dukung Tanah Geser (Friksi)

Pada kedalaman rencana di bawah permukaan tanah memiliki jenis tanah pasir berlanau dimana hal tersebut menurut tabel intensitas gaya geser pada dinding tiang (gambar 2.16) didapatkan faktor skala 8,00.

Pada kedalaman 19m di bawah permukaan tanah telah dihitung besar gaya geser dinding pondasi tiang adalah sebesar 242,03 ton.

Maka nilai dari gaya geser dinding pondasi tiang sebagai berikut :

$$P_{friction} = P_{18} \times Keliling\ Pancang$$

$$P_{19} = 128,4 \times 1,88 = 242,03 \text{ ton}$$

3. Menghitung total gaya geser maksimum

$$\sum (li \times fi) = 350,4 \text{ t/m}$$

$$Rf = Keliling\ tiang \times \sum (li \times fi) = 660,488 \text{ ton}$$

4. Daya dukung ultimate tiang (Ru)

$$Ru = Rf + Rt = 660,48 + 133,17 = 793,66 \text{ ton}$$

5. Daya dukung ijin tiang (Ra)

$$SF = 3$$

$$Wt = 0,385 \text{ ton/m (berat tiang per meter)}$$

$$L(\text{netto}) = 20 \text{ m (Panjang total tiang)}$$

$$Wp = 7,693 \text{ ton/tiang (berat per titik tiang)}$$

Maka, daya dukung ijin tiang adalah :

$$Ra = \frac{Ru}{SF} - Wp = \frac{793,66}{3} - 7,693 = 257 \text{ ton/tiang}$$

7.2.2 Perhitungan Pondasi

1. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \cdot 60 = 150 \text{ cm}$$

Maka pakai, $S = 150 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S \geq 1 D$$

$$S \geq 1 \cdot 60 = 60 \text{ cm}$$

Maka pakai, $S = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar pilecap yang akan direncanakan adalah :

$$h = 7.2 \text{ m}$$

$$b = 2.7 \text{ m}$$

$$t = 1.6 \text{ m}$$

2. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Gaya dalam akibat beban struktur atas akan diambil dari analisa struktur dengan program bantu ETABS.

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 2548.29 \text{ kN}$$

$$M_x = 9.729 \text{ kNm}$$

$$M_y = 13.318 \text{ kNm}$$

$$V_x = 12.85 \text{ kN}$$

$$V_y = -5.816 \text{ kN}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

$$P = 5716.08 \text{ kN}$$

$$M_x = 209.51 \text{ kNm}$$

$$M_y = 559.21 \text{ kNm}$$

$$V_x = 178.25 \text{ kN}$$

$$V_y = -59.02 \text{ kN}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

$$P = 4527.02 \text{ kN}$$

$$M_x = 702.27 \text{ kNm}$$

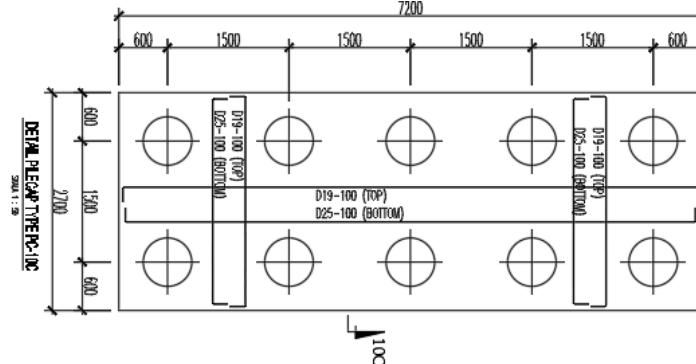
$$M_y = 196.46 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} Vx &= 69.36 \text{ kN} \\ Vy &= -159.9 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut :

$$\eta = 1 - \left\{ arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1) \cdot n + (n-1) \cdot m}{90 \cdot m \cdot n} \right) \right\}$$



Gambar 7.4 Jarak Tiang Pancang dan Pondasi

Dimana :

D = Diameter tiang pancang = 0.6 m

S = Jarak antar tiang pancang = 1.5 m

m = Jumlah baris tiang dalam grup = 2

n = Jumlah kolom tiang dalam grup = 5

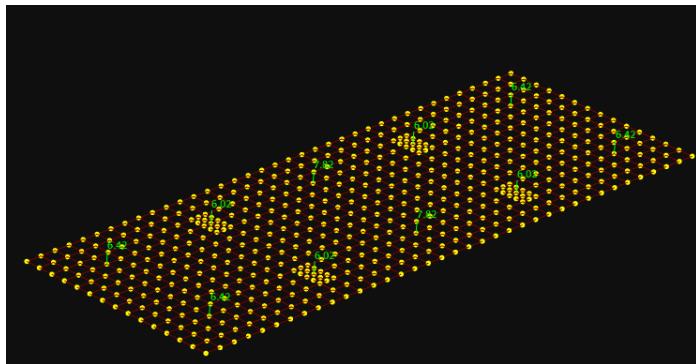
Sehingga,

$$\eta = 1 - \left\{ arctg \left(\frac{0,6}{1,5} \right) \left(\frac{(2-1) \cdot 5 + (5-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 5} \right) \right\} = 0.9658$$

$$\begin{aligned} P_{ijin\ kelompok} &= \eta \times P_{ijin} \\ &= 0.9658 \times 199.31 = 192.50 \text{ ton (tanpa gempa)} \\ P_{ijin\ kelompok} &= \eta \times P_{ijin} \\ &= 0.9658 \times 298.97 = 288.8 \text{ ton (dengan gempa)} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok

Perhitungan akibat beban dihitung menggunakan program bantu SAP2000 :



Gambar 7.5 Daya Dukung Tiang Pondasi

Perhitungan akibat beban tetap :

Tabel 7.2 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Tetap

| Type Tiang | P _u | P _{ijin} | CEK |
|------------|----------------|-------------------|-----|
| P1 | 6.42 ton | < 257.0 ton | OK |
| P2 | 6.42 ton | < 257.0 ton | OK |
| P3 | 6.02 ton | < 257.0 ton | OK |
| P4 | 6.02 ton | < 257.0 ton | OK |
| P5 | 7.82 ton | < 257.0 ton | OK |
| P6 | 7.82 ton | < 257.0 ton | OK |
| P7 | 6.02 ton | < 257.0 ton | OK |
| P8 | 6.02 ton | < 257.0 ton | OK |
| P9 | 6.42 ton | < 257.0 ton | OK |
| P10 | 6.42 ton | < 257.0 ton | OK |

Perhitungan akibat beban sementara arah x :

Tabel 7.3 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Sementara Arah X

| Type Tiang | Pu | Pijin | CEK |
|------------|------------|-------------|-----|
| P1 | 3.36 ton | < 257.0 ton | OK |
| P2 | 2.68 ton | < 257.0 ton | OK |
| P3 | 4.72 ton | < 257.0 ton | OK |
| P4 | 4.10 ton | < 257.0 ton | OK |
| P5 | 28.07 ton | < 257.0 ton | OK |
| P6 | 28.39 ton | < 257.0 ton | OK |
| P7 | 132.65 ton | < 257.0 ton | OK |
| P8 | 132.74 ton | < 257.0 ton | OK |
| P9 | 92.75 ton | < 257.0 ton | OK |
| P10 | 92.81 ton | < 257.0 ton | OK |

Perhitungan akibat beban sementara arah y :

Tabel 7.3 Daya Dukung Tiang Akibat Beban Sementara Arah Y

| Type Tiang | Pu | Pijin | CEK |
|------------|------------|-------------|-----|
| P1 | 84.79 ton | < 257.0 ton | OK |
| P2 | 84.79 ton | < 257.0 ton | OK |
| P3 | 120.86 ton | < 257.0 ton | OK |
| P4 | 120.86 ton | < 257.0 ton | OK |
| P5 | 48.11 ton | < 257.0 ton | OK |
| P6 | 48.11 ton | < 257.0 ton | OK |
| P7 | 98.36 ton | < 257.0 ton | OK |
| P8 | 98.36 ton | < 257.0 ton | OK |
| P9 | 69.11 ton | < 257.0 ton | OK |
| P10 | 69.11 ton | < 257.0 ton | OK |

5. Perhitungan Geser Pons Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur :

$$d = h - t - \text{diameter tul. Poer} / 2$$

$$d = 1600 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 25 / 2$$

$$d = 1537.50 \text{ mm (arah x)}$$

$$d = h - t - \text{diameter tul. Poer} - \text{diameter tul. Poer} / 2$$

$$d = 1600 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 25 - 25 / 2$$

$$d = 1512.50 \text{ mm (arah y)}$$

Didapatkan dari program bantu ETABS, beban terpusat terbesar kolom akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey) :

Beban aksial joint = 452.702 ton

$$Qu = \frac{Pu}{b \cdot h} = \frac{452.70}{2,7 \cdot 7,2} = 23,28 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} = 0,2328 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, Vu (arah x)

$$Vu = Qu \times b \times Lx'$$

$$\begin{aligned} Lx' &= (0,5 \cdot b_{poer}) - (0,5 \cdot b_{kolom}) - d \\ &= (0,5 \cdot 2700 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 600 \text{ mm}) - 1537,5 \\ &= -487,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, Vu (arah y)

$$Vu = Qu \times b \times Ly'$$

$$\begin{aligned} Ly' &= (0,5 \cdot b_{poer}) - (0,5 \cdot b_{kolom}) - d \\ &= (0,5 \cdot 7200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 600 \text{ mm}) - 1512,5 \\ &= 1987,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_y &= 0,2328 \times 7200 \times 1987,5 \\ &= 3332389,72 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul beton, Vu (arah y)

$$\begin{aligned} Vc &= 0,17 \cdot \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{40} \cdot 7200 \cdot 1512,5 \\ &= 8799162886 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\varphi Vc = 8799162886 \text{ N} > Vu = 3332389,72 \text{ N} (\text{OK})$$

Dalam kontrol geser pons satu arah didapati bahwa nilai lengan pilecap pada arah X adalah negatif, dengan demikian geser pons satu arah pada arah X pilecap tidak ada.

6. Geser Pons Dua Arah Akibat Kolom dan Tiang Pancang

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, Vu :

$$\begin{aligned} At &= (b_{poer} \cdot h_{poer}) - ((b_{kolom} + d) \times (h_{kolom} + d)) \\ &= (2700 \cdot 7200) - ((600 + 1537,5) \times (1000 + 1512,5)) \\ &= 14969531,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu &= Qu \cdot At \\ &= 0,2328 \cdot 14969531,25 \\ &= 3485975,68 \text{ N} \\ &= 3485,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni :

$$Pu = 132,74 \text{ ton}$$

$$Qu = \frac{Pu}{b \cdot h} = \frac{132,74}{2,7 \cdot 7,2} = 6,828 \text{ ton/m}^2 = 0,068 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi di pile cap

$$At = Ag \text{ pile cap} - (n \times A_{\text{pancang}})$$

$$At = (2700 \times 7200) - (10 \times 157100)$$

$$At = 19439997,17 \text{ mm}^2$$

$$Vu = Qu \times At$$

$$Vu = 0,068 \times 19439997,17$$

$$Vu = 1327399,807 \text{ N} = 1327,4 \text{ kN}$$

Maka untuk nilai Vu yang dipakai adalah yang terbesar diantara Vu akibat kolom dan Vu akibat tiang pancang, diambil Vu sebesar = 3485,98 kN.

Untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai Vc harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai Vc terkecil :

$$- \quad Vc = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times b_o \times d \times \sqrt{fc'}$$

Dimana :

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 1000 \text{ mm} / 600 \text{ mm} = 1,67$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4d$$

$$= 2 \cdot (600 + 1100) + 4 \cdot 1537,5$$

$$= 5356,4 \text{ mm (arah x)}$$

$$= 5256,4 \text{ mm (arah y)}$$

λ = 1 (untuk beton normal)

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{40} \cdot 5356,4 + 1537,5$$

$$= 16946,04 \text{ kN (arah x)}$$

$$= 16318,84 \text{ kN (arah y)}$$

$$- \quad Vc = 0,083 \times \left(2 + \frac{as \times d}{b_o}\right) \times \lambda \times b_o \times d \times \sqrt{40}$$

Dimana :

as = 40 (untuk kolom tengah)

as = 30 (untuk kolom tepi)

as = 20 (untuk kolom sudut)

Maka :

$$Vc = 0,083 \times \left(2 + \frac{30 \times 1537,5}{5356,4}\right) \times 1 \times 5356,4 \times 1537,5 \times \sqrt{40}$$

$$Vc = 35693458,19 \text{ N} = 35693,45 \text{ kN} \text{ (arah x)}$$

$$Vc = 34509554,81 \text{ N} = 34509,55 \text{ kN} \text{ (arah y)}$$

- $Vc = 0,33 \times \lambda \times b_o \times d \times \sqrt{fc'}$

$$Vc = 0,33 \times 1 \times 5356,4 \times 1537,5 \times \sqrt{40}$$

$$Vc = 14952393,84 \text{ N} = 14952,39 \text{ kN} \text{ (arah x)}$$

$$Vc = 14672909,84 \text{ N} = 14672,9 \text{ kN} \text{ (arah y)}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $Vc = 14672,9 \text{ kN}$

$$Vu = 3485,97 \text{ kN} < Vc = 14672,9 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

8. Perencanaan Tulangan Lentur *Pilecap*

Pada perencanaan tulangan lentur pada *pilecap*, nantinya *pilecap* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri *pilecap*.

Diketahui :

$$b_{pilecap} = 2700 \text{ mm}$$

$$h_{pilecap} = 7200 \text{ mm}$$

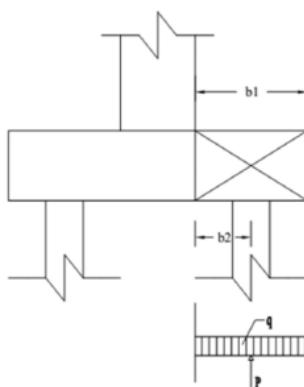
$$t_{pilecap} = 1400 \text{ mm}$$

$$\text{selimut} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$dx = 1400 - 50 - 25/2 = 1337,5 \text{ mm}$$

$$dy = 1400 - 50 - 25 - 25/2 = 1312,5 \text{ mm}$$



Gambar 7.6 Mekanika Gaya pada *pilecap* Arah X

Penulangan pilecap arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak ujung pilecap ke tepi kolom}$$

$$= 3100 \text{ mm} = 3,1 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom}$$

$$= 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$$

$$Qu = \text{berat pilecap pada daerah yang ditinjau}$$

$$= 28123,2 \text{ kg}$$

$$Pu = 132,74 \text{ ton} (\text{gaya terbesar pada tiang pancang})$$

$$Mu = 154374,26 \text{ kgm} (\text{output dari SAP2000})$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{1543742600}{0,8} = 1929678250 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1929678250}{2700 \times 1377,5^2} = 0,149818 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,76 \text{ Nmm}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,76 \cdot 0,548}{400}} \right) = 0,00138$$

$$\rho_{\text{minimum}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Dikarenakan $\rho < \rho_{\text{minimum}}$ maka digunakan $\rho_{\text{minimum}} = 0,0035$.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 2700 \cdot 1377,5 = 12639,375 \text{ mm}^2$$

Maka pada pilecap tulangan lentur direncanakan sebagai berikut :

Diameter tulangan = D25 - 100

$$A_{s \text{ tulangan}} = \frac{A_{s \text{ perlu}} \cdot b}{s} = \frac{490,87 \cdot 4200}{100} = 13253,6 \text{ mm}^2$$

Sehingga $A_{s \text{ tulangan}} > A_{s \text{ perlu}}$ (OK)

Maka digunakan D25-100

Penulangan pilecap arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak ujung pilecap ke tepi kolom}$$

$$= 1050 \text{ mm} = 1,05 \text{ m}$$

b2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom
 = 450 mm = 0,45 m

Qu = berat *pilecap* pada daerah yang ditinjau
 = 25401,6 kg

Pu = 132,74 ton (gaya terbesar pada tiang pancang)

Mu = 153134,28 kgm (output dari SAP 2000)

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{1531342800}{0,8} = 1914178500 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1914178500}{7200 \times 1377,5^2} = 0,1543 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,76 \text{ Nmm}$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,76 \cdot 0,1543}{400}} \right) = 0,0003$$

$$\rho_{minimum} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Dikarenakan $\rho < \rho_{minimum}$ maka digunakan $\rho_{minimum} = 0,0035$.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 4200 \cdot 1312,5 = 19293,75 \text{ mm}^2$$

Maka pada pilecap tulangan lentur direncanakan sebagai berikut :

Diameter tulangan = D25 - 100

$$A_{s \text{ tulangan}} = \frac{A_{s \text{ perlu}} \cdot b}{s} = \frac{490,87 \cdot 4200}{100} = 20616,7 \text{ mm}^2$$

Sehingga $A_{s \text{ tulangan}} > A_{s \text{ perlu}}$ (OK)

Maka digunakan D25-100

9. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A1 = \text{luas kolom} = 600 \times 1100 = 600000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{luas poer} = 2700 \times 7200 = 19440000 \text{ mm}^2$$

- Kuat tumpu pada kolom, N1

$$Pu = 1297,38 \text{ ton}$$

$$= 12973,8 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi 0,85 \cdot fc' \cdot A1$$

$$= 0,65 \times 0,85 \times 40 \times 1210000$$

$$= 267410000 \text{ N} = 267410 \text{ kN} > 12973,8 \text{ kN} (\text{OK})$$

- Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 5,69$$

Namun berdasarkan SNI 2847-2019, nilai $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2 maka,

$$\begin{aligned} N_2 &= 2 \cdot N_1 \\ &= 265200 \text{ kN} > 1327,4 \text{ kN} (\text{OK}) \end{aligned}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 2847-2013 mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yang ditumpu, sehingga :

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= 0,005 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ mm} \\ &= 3000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan 8 D25 dengan $A_s = 3926,99 \text{ mm}^2$

A_s pakai > A_s perlu (**OK**)

10. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara :

$$ldc 1 = \frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \cdot d = \frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{40}} \cdot 32 = 485,73 \text{ mm}$$

$$ldc 1 = 0,043 \cdot db \cdot fy = 0,043 \cdot 32 \cdot 400 = 550,4 \text{ mm}$$

Dipakai ldc terbesar = 550,4 mm = 600 mm

7.3 Perbandingan Pondasi Eksisting dan FVD

Terdapat beberapa perbedaan pada dimensi dan jumlah tiang pancang struktur pondasi eksisting *dual system* dengan elemen struktur ditambah FVD. Berikut adalah contoh dari perbedaan elemen struktur pondasi :

Tabel 7.4 Rekapitulasi Dimensi Pile Cap Eksisting

| TYPE PONDASI | REKAPITULASI TULANGAN PILECAP | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|---------|----------------|-------|--------|-------|----------------|-------|--------|-------|
| | DIMENSI PILE CAP | | TULANGAN UTAMA | | | | TULANGAN SUSUT | | | |
| | LEBAR | PANJANG | ARAH X | | ARAH Y | | ARAH X | | ARAH Y | |
| | mm | mm | Ø | Jarak | Ø | Jarak | Ø | Jarak | Ø | Jarak |
| PC - 2C | 1200 | 2700 | D19 | 100 | D19 | 100 | D13 | 100 | D13 | 100 |
| PC - 5C | 2700 | 3800 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 6C | 2700 | 4200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 10C | 2700 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 17C | 8700 | 4200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 29C | 8700 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 35C | 10200 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 40C | 20700 | 4200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 42C | 22200 | 4200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - SW6 | 20700 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 |
| PC - SW7 | 11700 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 |

Tabel 7.5 Rekapitulasi Dimensi Pile Cap FVD

| TYPE PONDASI | REKAPITULASI TULANGAN PILECAP | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|---------|----------------|-------|--------|-------|----------------|-------|--------|-------|
| | DIMENSI PILE CAP | | TULANGAN UTAMA | | | | TULANGAN SUSUT | | | |
| | LEBAR | PANJANG | ARAH X | | ARAH Y | | ARAH X | | ARAH Y | |
| | mm | mm | Ø | Jarak | Ø | Jarak | Ø | Jarak | Ø | Jarak |
| PC - 2C | 2500 | 2700 | D19 | 100 | D19 | 100 | D13 | 100 | D13 | 100 |
| PC - 5C | 2700 | 3800 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 6C | 2700 | 4200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 10C | 2700 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 17C | 8700 | 4200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 29C | 9000 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 35C | 10200 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 40C | 18000 | 3600 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - 42C | 18000 | 3600 | D25 | 100 | D25 | 100 | D19 | 100 | D19 | 100 |
| PC - SW6 | 18000 | 5400 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 |
| PC - SW7 | 12600 | 7200 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 | D25 | 100 |

Tabel 7.6 Rekapitulasi Jumlah Tiang Pancang FVD

| TYPE PONDASI | JUMLAH PILE EKSISTING | JUMLAH PILE FVD |
|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| PC - 2C | 8 | 21 |
| PC - 5C | 5 | 5 |
| PC - 6C | 6 | 6 |
| PC - 10C | 20 | 20 |
| PC - 17C | 17 | 17 |
| PC - 29C | 29 | 20 |
| PC - 35C | 35 | 35 |
| PC - 40C | 40 | 20 |
| PC - 42C | 42 | 20 |
| PC - SW6 | 70 | 30 |
| PC - SW7 | 68 | 28 |
| TOTAL | 340 | 222 |

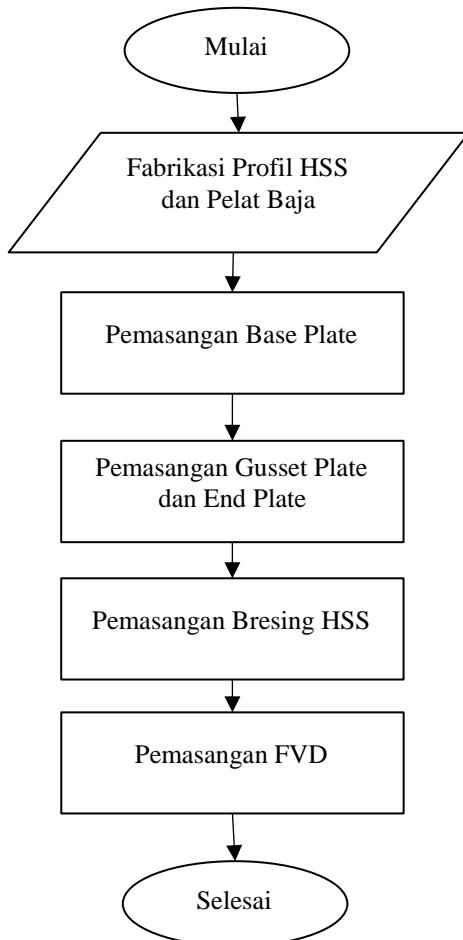
Dari perbandingan pondasi di atas, dapat diketahui struktur SRPMB dengan FVD dapat mereduksi dimensi pilecap dan jumlah titik tiang pancang hingga 34,6% dari 340 titik menjadi 222 titik tiang pancang.

BAB VIII

METODE PELAKSANAAN DAN RAB FLUID VISCOUS DAMPER

8.1 Metode Pelaksanaan *Fluid Viscous Damper*

Berikut adalah *flowchart* pemasangan *fluid viscous damper* :



8.1.1 Fabrikasi Profil Baja HSS

Fabrikasi Profil baja HSS dipotong sesuai gambar *shop drawing*.



Gambar 8.1 Fabrikasi Profil Baja HSS untuk Elemen Bresing

8.1.2 Fabrikasi Profil Plat Baja

Lembaran plat dipotong dan dibentuk sesuai dengan gambar *shop drawing* sehingga membentuk profil plat sambung dan *baseplate*.



Gambar 8.2 Fabrikasi Profil Plat tebal 25 mm

Profil plat yang sudah dipotong disambung dengan menggunakan las sampai membentuk *baseplate* yang sudah direncanakan.



Gambar 8.3 Fabrikasi Baseplate

8.1.3 Pemasangan Baseplate



Gambar 8.4 Pemasangan Baseplate pada Kolom

8.1.4 Pemasangan *Gusset Plate* dan Sambungan

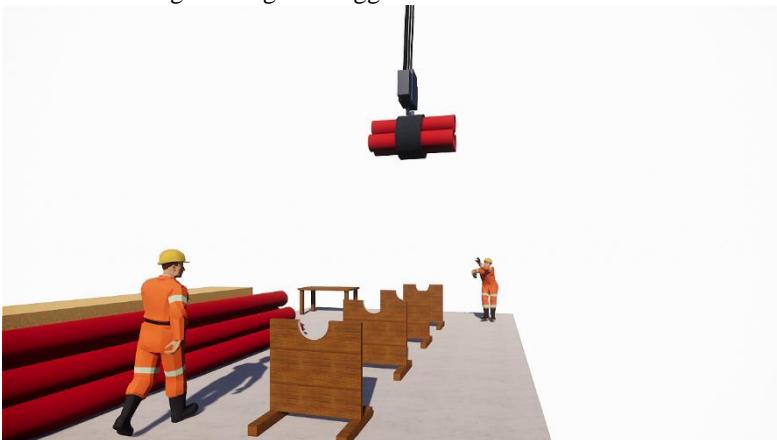
Pemasangan *Gusset plate* dilakukan setelah pekerjaan pengecoran pada lantai yang diberi komponen FVD.



Gambar 8.5 Pemasangan Gusset Plate

8.1.5 Uplifting Bracing HSS

Uplifting bracing HSS dilakukan setelah pekerjaan pengecoran pada lantai yang diberi komponen FVD, profil HSS yang sudah difabrikasi diangkut dengan menggunakan bantuan tower crane.



Gambar 8.6 Uplifting Bracing HSS

8.1.6 Pemasangan Bracing HSS

Pemasangan *bracing* HSS ke *gusset plate* beserta sambungan dan baut angkur.



Gambar 8.7 Pemasangan Bracing HSS

8.1.7 Pemasangan Fluid Viscous Damper

Fluid viscous damper dipasang ke elemen *bracing* dengan menggunakan baut.



Gambar 8.8 Pemasangan FVD

8.2 Rencana Anggaran Biaya *Fluid Viscous Damper*

Akibat pemasangan *fluid viscous damper* maka pembangunan gedung Apartement Nayumi Sam Tower memerlukan biaya tambahan.

8.2.1 Volume Pekerjaan

Tabel 8.1 Volume Pekerjaan

| Pekerjaan | Sat | Jml (bh) | Berat (kg) | Total Volume |
|------------------------------------------------------------------|----------------|----------|------------|--------------|
| PEKERJAAN PERSIAPAN | | | | |
| Mobilisasi & Demobilisasi Alat | | | | |
| Peralatan, perlengkapan Keselamatan & Kesehatan Kerja (K3) | m ² | 1.00 | | 299.00 |
| | | | | |
| PEKERJAAN STRUKTUR BAJA | | | | |
| Lantai 2 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 3 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 4 | | | | |

| | | | | |
|-----------------------------|----|------|-------|-------|
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 5 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 6 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 7 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |

| | | | | |
|-----------------------------|----|------|-------|-------|
| | | | | |
| Lantai 8 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 9 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |
| Lantai 10 | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 |
| | | | | |

8.2.2 Perhitungan Total Biaya Kebutuhan Pemasangan *Fluid Viscous Damper*

Biaya tambahan yang diperlukan untuk pemasangan *fluid viscous damper* adalah sebagai berikut :

Tabel 8.2 Total Biaya

| NO | URAIAN PEKERJAAN | SUB TOTAL BIAYA (Rp.) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| A | PEKERJAAN PERSIAPAN | Rp 29,199,218.8 |
| B | PEKERJAAN STRUKTUR | |
| I | PEKERJAAN STRUKTUR BAJA | Rp 2,611,521,984.5 |
| | JUMLAH : | Rp 2,640,721,203.3 |
| | PPn 10% : | Rp 264,072,120.33 |
| | JUMLAH TOTAL | Rp 2,904,793,323.6 |
| | DIBULATKAN | Rp 2,904,800,000.0 |
| <i>Terbilang : Dua milyar sembilan ratus empat juta delapan ratus ribu rupiah</i> | | |

Dibutuhkan biaya sebesar *Dua milyar sembilan ratus empat juta delapan ratus ribu rupiah*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IX

PENUTUP

9.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan proyek akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan adanya penggunaan *fluid viscous damper*, maka kinerja struktur bangunan mengalami perubahan dari kondisi eksisting di antaranya sebagai berikut :
 - Penggunaan *fluid viscous damper* membuat periode struktur menjadi lebih panjang dari 1,901 detik menjadi 2,024 detik pada arah X dan 1,623 detik menjadi 2,116 detik pada arah Y.
 - *Fluid viscous damper* membuat gaya geser dasar menjadi lebih kecil dari SRPMB *open frame* 10059,84 kN menjadi 9914,13 kN pada pola 3.
 - Penggunaan *fluid viscous damper* juga mereduksi simpangan lantai total dari 384,28 mm menjadi 346,27 mm.
 - *Fluid viscous damper* dapat mengubah kebutuhan tulangan pada elemen struktur eksisting, salah satunya pada balok B10 yang membuat kebutuhan tulangan dari yang sebelumnya menggunakan tulangan dengan dimensi D22 menjadi dimensi D19 serta kolom K2 yang sebelumnya menggunakan tulangan 34 D22 menjadi 32 D22.
 - *Fluid viscous damper* dapat mengubah kebutuhan pondasi pada elemen struktur eksisting, salah satunya adalah mengurangi jumlah titik tiang pancang dari yang sebelumnya sebanyak 340 titik menjadi 222 titik tiang pancang.
2. Hal-hal yang disebutkan di atas adalah dampak dari hilangnya *shearwall* dan digantikan dengan *fluid viscous damper* yang menyebabkan hilangnyakekakuan struktur bangunan sehingga struktur menjadi lebih elastis dan meminimalisir kerusakan struktur.
3. Penempatan lokasi pemasangan *fluid viscous damper* adalah pada pola 3 seperti pada tabel 5.1 yang memiliki periode struktur yang lebih panjang, gaya geser yang paling kecil, dan simpangan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pola yang lain.
3. Pelaksanaan *fluid viscous damper* dimulai dari fabrikasi profil hss dan plat baja sesuai dengan *shop drawing*, setelah itu pemasangan

baut angkur serta *base plate* pada portal yang akan dipasang *fluid viscous damper* kemudian pemasangan *gusset plate* dan yang terakhir pemasangan *bracing HSS* beserta *fluid viscous damper*.

4. Dengan adanya pemasangan *fluid viscous damper* pada lantai 2 sampai 10 dengan masing-masing lantai membutuhkan 4 buah *fluid viscous damper* dengan kapasitas 500 kN, maka membutuhkan biaya tambahan sebesar dua miliar sembilan ratus empat juta delapan ratus ribu rupiah.

9.2 Saran

Penulisan Proyek Akhir ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk kemajuan penulisan Proyek Akhir berikutnya adalah :

1. Diperlukan studi literatur lebih lanjut untuk sistem struktur gedung tinggi dengan menggunakan *fluid viscous damper*. dan perlu dilakukan analisis dinamik *nonlinier* supaya hasil kinerja bangunan lebih akurat.
2. Diperlukan perangkat yang memadai, karena proses *running* dan *trial and error* membutuhkan waktu yang cukup lama

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-14 (2014) ‘Building Code Requirements for Structural Concrete’, *American Concrete Institute*, pp. 1–524.
- AISC Design Guide 24 (2010) ‘Steel Design Guide 24: Hollow Structural Section Connections’, *Steel Design Guide Series*, p. 153.
- Harnindra, V. A., Sunardi, B. and Santosa, B. J. (2017) ‘Implikasi Sesar Kendeng terhadap Bahaya Gempa dan Pemodelan Percepatan Tanah di Permukaan di Wilayah Surabaya’, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2).
- Hirapure, A. S., Moon, A. S. and Bhusari, S. J. (2017) ‘Seismic Behaviour of Ordinary And Special Moment Resistaing Frame’, (March), pp. 64–70.
- Lu, Z., Li, J. and Jia, C. (2018) ‘Studies on energy dissipation mechanism of an innovative viscous damper filled with oil and silt’, *Sustainability (Switzerland)*, 10(6). doi: 10.3390/su10061777.
- Nakazawa, K. (2000) *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. 7th edn. Edited by S. Sosrodarsono. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Narkhede, D. I. and Sinha, R. (2012) ‘Shock Vibration Control of Structures using Fluid Viscous Dampers’, *15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE)*.
- Scholl, R. E. and Miyamoto, H. K. (1998) ‘Fluid Viscous Dampers are Designed to Control this Complex Building’s Response During a Seismic Event’, (November).
- SNI 03-2847:2019 (2019) *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013, Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 1726:2019 (2019) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung, Badan Standardisasi Indonesia*.
- SNI 1727:2020 (2020) *Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013, Badan Standarisasi Nasional*.

Nasional Indonesia.

SNI 1729-2015 (2015) ‘Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional (SNI 1729:2015)’, Bandung, pp. 1–289. Available at: www.bsn.go.id.

SNI 2847 : 2013 (2013) ‘Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung’, Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, pp. 1–265.

Tanaka, Y. et al. (2004) ‘JSSI Manual for Building Passive Control Technology Part-4 Performance and Quality Control of Viscous Dampers’, *Indian Concrete Journal*, 78(11), pp. 74–76. doi: 10.5459/bnzsee.38.1.41-49.

Taylor, D. and Duflot, P. (2002) ‘Fluid viscous dampers used for seismic energy dissipation in structures’, *Engineering*, pp. 1–10. Available at: <http://www.dist.unina.it/proc/2002/ECEE12/data/content/093/paper.pdf>.

Taylor, D. P. (2002) ‘History, design, and applications of fluid dampers in structural engineering’, *Passive Structural Control Symposium, 13-14 December, Tokyo Institute of Technology, Japan*, pp. 17–34. Available at: <http://taylordevices.com/papers/history/design.htm>.

Taylor Devices Inc. (2020) *Fluid Viscous Dampers General Guidelines for Engineers Including a Brief History*.

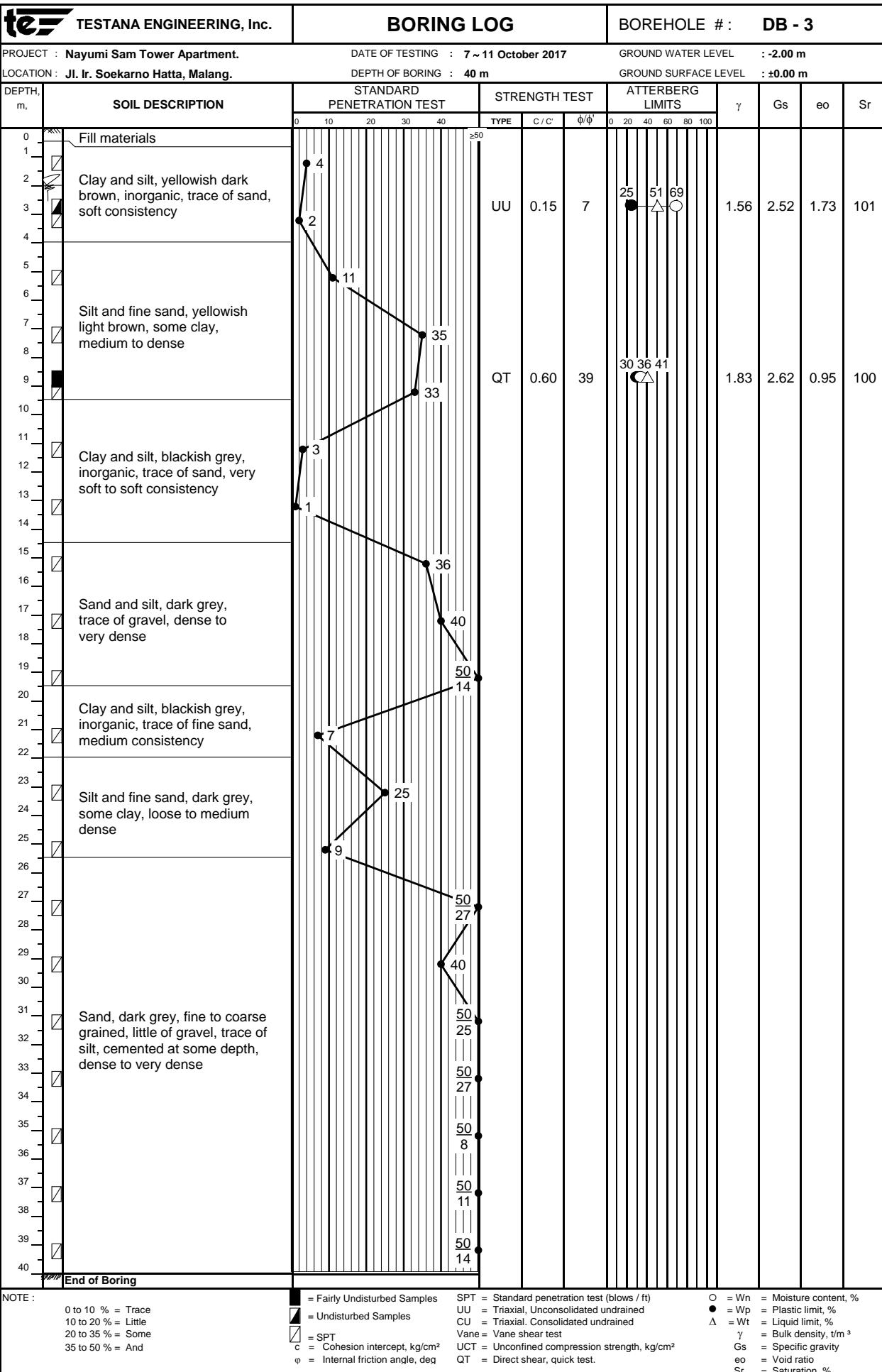
BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nafi Maula Abdullah. Anak ketiga dari empat bersaudara yang lahir di Bekasi pada tanggal 6 Mei 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 2 Kota Serang, SMPN 1 Kota Serang dan SMKN 2 Kota Serang. Penulis diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil dengan NRP 10111710010066. Selain itu semasa kuliah penulis juga aktif di kegiatan kemahasiswaan selama 1,5 tahun di JMMI (Jamaah Masjid Manarul Ilmi) sebagai ketua divisi advokasi dan berkontribusi pada beberapa kegiatan

kepanitiaan diantaranya Koordinator Sie Acara Asphalt Concrete Competition pada event D'Village pada tahun 2019. Selain pada kegiatan berorganisasi, penulis juga mengikuti beberapa kompetisi di tingkat nasional dan meraih juara 1 dan juara 2 pada Lomba Gambar Teknik Student Day of Civil Engineering yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Malang. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email : nafim693@gmail.com

LAMPIRAN



PERBANDINGAN TULANGAN KOLOM

LANTAI DASAR - LT.2

| TIPE KOLOM | DIMENSI KOLOM | | Kondisi Eksisting | | | FVD | | |
|------------|---------------|--------|-------------------|-----|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|
| | (mm) | | Tulangan Lentur | | | Tulangan Lentur | | |
| | Lebar | Tinggi | n | Ø | As (mm ²) | n | Ø | As (mm ²) |
| K1 | 600 | 1000 | 22 | D22 | 8363 | 24 | D25 | 11781 |
| K2 | 600 | 1000 | 34 | D22 | 12925 | 32 | D22 | 12164 |
| K3 | 600 | 1000 | 22 | D22 | 8363 | 20 | D22 | 7603 |
| K4 | 500 | 500 | 12 | D22 | 4562 | 12 | D22 | 4562 |
| K5 | 500 | 500 | 12 | D19 | 3402 | 12 | D22 | 4562 |

LT.3 - LT.5

| TIPE KOLOM | DIMENSI KOLOM | | Kondisi Eksisting | | | FVD | | |
|------------|---------------|--------|-------------------|-----|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|
| | (mm) | | Tulangan Lentur | | | Tulangan Lentur | | |
| | Lebar | Tinggi | n | Ø | As (mm ²) | n | Ø | As (mm ²) |
| K1 | 500 | 1000 | 20 | D22 | 7603 | 20 | D22 | 7603 |
| K2 | 500 | 1000 | 30 | D22 | 11404 | 24 | D22 | 9123 |
| K3 | 600 | 1000 | 22 | D22 | 8363 | 20 | D22 | 7603 |

LT.6 - LT.8

| TIPE KOLOM | DIMENSI KOLOM | | Kondisi Eksisting | | | FVD | | |
|------------|---------------|--------|-------------------|-----|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|
| | (mm) | | Tulangan Lentur | | | Tulangan Lentur | | |
| | Lebar | Tinggi | n | Ø | As (mm ²) | n | Ø | As (mm ²) |
| K1 | 500 | 900 | 18 | D22 | 6842 | 18 | D22 | 6842 |
| K2 | 500 | 900 | 26 | D22 | 9883 | 20 | D22 | 7603 |
| K3 | 500 | 900 | 18 | D22 | 6842 | 16 | D22 | 6082 |

LT.9 - LT.11

| TIPE KOLOM | DIMENSI KOLOM | | Kondisi Eksisting | | | FVD | | |
|------------|---------------|--------|-------------------|-----|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|
| | (mm) | | Tulangan Lentur | | | Tulangan Lentur | | |
| | Lebar | Tinggi | n | Ø | As (mm ²) | n | Ø | As (mm ²) |
| K1 | 500 | 900 | 18 | D22 | 6842 | 16 | D22 | 6082 |
| K2 | 500 | 900 | 24 | D22 | 9123 | 16 | D22 | 6082 |
| K3 | 500 | 900 | 18 | D22 | 6842 | 16 | D22 | 6082 |

LT.12 - LT.20

| TIPE KOLOM | DIMENSI KOLOM | | Kondisi Eksisting | | | FVD | | |
|------------|---------------|--------|-------------------|-----|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|
| | (mm) | | Tulangan Lentur | | | Tulangan Lentur | | |
| | Lebar | Tinggi | n | Ø | As (mm ²) | n | Ø | As (mm ²) |
| K1 | 500 | 800 | 16 | D22 | 6082 | 16 | D22 | 6082 |
| K2 | 500 | 800 | 20 | D22 | 7603 | 16 | D19 | 4536 |
| K3 | 500 | 800 | 16 | D22 | 6082 | 16 | D19 | 4536 |

Total 131127 9.30% 118928

PERBANDINGAN TULANGAN BALOK

| TIPE BALOK | | DIMENSI BALOK | | Kondisi Eksisting | | | FVD | | |
|------------|----------|---------------|--------|-------------------|-----|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|
| | | (mm) | | Tulangan Lentur | | | Tulangan Lentur | | |
| | | Lebar | Tinggi | n | Ø | As (mm ²) | n | Ø | As (mm ²) |
| B1 | Tumpuan | 400 | 600 | 8 | D19 | 2268 | 7 | D22 | 2661 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 4 | D22 | 1521 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D22 | 1140 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 4 | D22 | 1521 |
| B2 | Tumpuan | 400 | 600 | 12 | D19 | 3402 | 12 | D19 | 3402 |
| | Bawah | | | 6 | D19 | 1701 | 8 | D19 | 2268 |
| | Lapangan | | | 4 | D19 | 1134 | 4 | D19 | 1134 |
| | Bawah | | | 6 | D19 | 1701 | 6 | D19 | 1701 |
| B3 | Tumpuan | 400 | 600 | 6 | D19 | 1701 | 9 | D22 | 3421 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 7 | D22 | 2661 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D22 | 1140 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 3 | D22 | 1140 |
| B4 | Tumpuan | 400 | 600 | 8 | D19 | 2268 | 8 | D22 | 3041 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 5 | D22 | 1901 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D22 | 1140 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 5 | D22 | 1901 |
| B5 | Tumpuan | 400 | 600 | 9 | D19 | 2552 | 9 | D22 | 3421 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 7 | D22 | 2661 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D22 | 1140 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 4 | D22 | 1521 |
| B6 | Tumpuan | 400 | 600 | 7 | D19 | 1985 | 8 | D22 | 3041 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 7 | D22 | 2661 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 5 | D22 | 1901 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 6 | D22 | 2281 |
| B7 | Tumpuan | 400 | 600 | 10 | D19 | 2835 | 10 | D19 | 2835 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 8 | D19 | 2268 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 4 | D19 | 1134 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 5 | D19 | 1418 |
| B8 | Tumpuan | 400 | 600 | 8 | D19 | 2268 | 8 | D19 | 2268 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 5 | D19 | 1418 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 4 | D19 | 1134 |
| B9 | Tumpuan | 400 | 600 | 15 | D22 | 5702 | 12 | D22 | 4562 |
| | Bawah | | | 15 | D22 | 5702 | 11 | D22 | 4181 |
| | Lapangan | | | 15 | D22 | 5702 | 5 | D22 | 1901 |
| | Bawah | | | 15 | D22 | 5702 | 6 | D22 | 2281 |
| B10 | Tumpuan | 400 | 600 | 10 | D22 | 3801 | 11 | D19 | 3119 |
| | Bawah | | | 5 | D22 | 1901 | 6 | D19 | 1701 |
| | Lapangan | | | 4 | D22 | 1521 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 5 | D22 | 1901 | 5 | D19 | 1418 |
| B11 | Tumpuan | 300 | 500 | 5 | D19 | 1418 | 8 | D19 | 2268 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 5 | D19 | 1418 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 4 | D19 | 1134 |
| B12 | Tumpuan | 300 | 500 | 6 | D19 | 1701 | 7 | D19 | 1985 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 5 | D19 | 1418 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 4 | D19 | 1134 |
| B13 | Tumpuan | 300 | 500 | 10 | D19 | 2835 | 7 | D19 | 1985 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 5 | D19 | 1418 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 4 | D19 | 1134 |
| B14 | Tumpuan | 300 | 500 | 6 | D19 | 1701 | 6 | D19 | 1701 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| B15 | Tumpuan | 300 | 500 | 7 | D19 | 1985 | 7 | D19 | 1985 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 4 | D19 | 1134 |
| | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 4 | D19 | 1134 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|---------|----------|-----|-----|---|-----|--------|-------|--------|------|
| B16 | Tumpuan | Atas | 300 | 500 | 8 | D19 | 2268 | 8 | D19 | 2268 |
| | | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 7 | D19 | 1985 |
| | | Atas | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 4 | D19 | 1134 |
| B17 | Tumpuan | Atas | 300 | 500 | 4 | D19 | 1134 | 7 | D19 | 1985 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 6 | D19 | 1701 |
| | | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| B18 | Tumpuan | Atas | 250 | 400 | 5 | D19 | 1418 | 3 | D19 | 851 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 2 | D19 | 567 |
| | | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 2 | D19 | 567 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| B19 | Tumpuan | Atas | 250 | 400 | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 2 | D19 | 567 |
| | | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 2 | D19 | 567 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| B20 | Tumpuan | Atas | 250 | 400 | 4 | D19 | 1134 | 5 | D19 | 1418 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 4 | D19 | 1134 |
| | | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 2 | D19 | 567 |
| | | Bawah | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| B21 | Tumpuan | Atas | 250 | 400 | 6 | D19 | 1701 | 6 | D19 | 1701 |
| | | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 5 | D19 | 1418 |
| | | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 2 | D19 | 567 |
| | | Bawah | | | 4 | D19 | 1134 | 3 | D19 | 851 |
| B22 | Tumpuan | Atas | 250 | 400 | 7 | D19 | 1985 | 5 | D19 | 1418 |
| | | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 4 | D19 | 1134 |
| | | Lapangan | | | 3 | D19 | 851 | 3 | D19 | 851 |
| | | Bawah | | | 5 | D19 | 1418 | 3 | D19 | 851 |
| Total | | | | | | | 133434 | 4.36% | 139514 | |

ANALISA BIAYA FLUID VISCOUS DAMPER

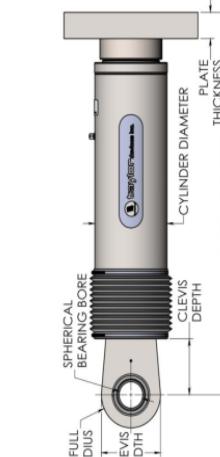
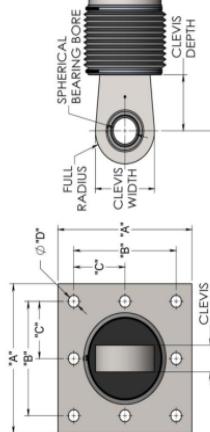
| Pekerjaan | Sat | Jml (bh) | Berat (kg) | Total Volume | Biaya Satuan | Total Biaya |
|------------------------------------------------------------|----------------|----------|------------|--------------|----------------|-------------------------|
| PEKERJAAN PERSIAPAN | | | | | | |
| Mobilisasi & Demobilisasi Alat | | | | | | |
| Peralatan, perlengkapan Keselamatan & Kesehatan Kerja (K3) | m ² | 1.00 | | 299.00 | Rp 97,656.3 | Rp 29,199,218.8 |
| | | | | | TOTAL | Rp 29,199,218.8 |
| PEKERJAAN STRUKTUR BAJA | | | | | | |
| Lantai 2 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 3 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 4 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 5 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 6 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |

| Lantai 7 | | | | | | |
|-----------------------------|----|------|-------|-------|----------------|-------------------------|
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 8 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 9 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |
| Lantai 10 | | | | | | |
| Base Plat t = 25 mm | kg | 12 | 1.81 | 21.7 | Rp 25,748.0 | Rp 559,246.6 |
| Baut Angkur M33 | bh | 96.0 | 0.29 | 27.8 | Rp 23,471.0 | Rp 653,431.8 |
| Profil Baja HSS 304.8 | kg | 4.0 | 140.0 | 560.0 | Rp 36,828.7 | Rp 20,624,066.4 |
| Gusset Plate t = 25 mm | kg | 12 | 1.82 | 21.84 | Rp 25,748.0 | Rp 562,336.3 |
| End Plate t = 20 mm | kg | 8 | 1.5 | 12 | Rp 25,748.0 | Rp 308,976.0 |
| Baut Sambungan Endplate M30 | bh | 32 | 0.08 | 2.56 | Rp 32,144.0 | Rp 82,288.6 |
| FVD 500 kN | bh | 4 | | 4 | Rp75,000,000.0 | Rp 300,000,000.0 |
| | | | | | TOTAL | Rp 322,790,345.7 |



taylor devices inc.

FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES CLEVIS – BASE PLATE CONFIGURATION, METRIC UNITS

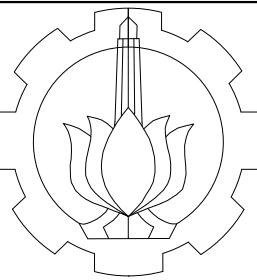


NOTE: VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ± 50 TO ± 900 mm.
FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER
THAN STROKE LISTED IN THE TABLE, AND STROKE CHANGE
FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES
THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER ± 1 mm OF STROKE.
EXAMPLE: 100kN=100mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm
 $1000 \text{ kN} \times 150 \text{ mm STROKE, } 150-100=50, 50 \times 5=250$
 $1048+250 = 1288 \text{ mm MID-STROKE LENGTH}$
BELLOW IS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS
DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE, CONSULT TAYLOR
DEVICES FOR STROKE OVER ± 300 mm AND/OR FOR FORCE
CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

| TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER | SIBERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm) | MID- STROKE LENGTH (mm) | CLEVIS THICKNESS (mm) | CLEVIS DEPTH (mm) | MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm) | BEARING THICKNESS (mm) | MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm) | "A" (mm) | "B" (mm) | "C" (mm) | "D" (mm) | PLATE THICKNESS (mm) |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| 250 17120 | 38.10 | 997 | 43 | 102 | 83 | 33 | 114 | 44 | 178.3 | 127.25 | † | 20.6±2.5 |
| 500 17130 | 50.80 | 1016 | 55 | 127 | 102 | 44 | 146 | 98 | 282.3 | 203±2.5 | † | 31.8±2.5 |
| 750 17140 | 57.15 | 1048 | 59 | 152 | 129 | 50 | 184 | 168 | 343.3 | 254±2.5 | 127.25 | 28.7±2.5 |
| 1000 17150 | 69.65 | 1105 | 71 | 184 | 150 | 61 | 210 | 254 | 419.3 | 310±2.5 | 159.25 | 61±7.6 |
| 1500 17160 | 76.20 | 1105 | 77 | 203 | 162 | 67 | 241 | 306 | 432.3 | 330±2.5 | 165±2.5 | 34.9±2.5 |
| 2000 17170 | 88.90 | 1346 | 91 | 235 | 191 | 78 | 282 | 503 | 457.3 | 343±2.5 | 171.5±2.5 | 76±1.5 |
| 3000 17180 | 101.60 | 1441 | 117 | 286 | 203 | 89 | 350 | 805 | 508.3 | 406±2.5 | 203±2.5 | 102±1.5 |
| 4000 17190 | 127.00 | 1645 | 125 | 324 | 273 | 111 | 425 | 1088 | ** | ** | 41.4±2.5 | 102±1.5 |
| 6500 17200 | 152.40 | 1752 | 1125 | 350 | 305 | 121 | 515 | 1930 | ** | ** | ** | ** |
| 8000 17210 | 177.80 | 1867 | 125 | 178 | 415 | 153 | 565 | 2625 | ** | ** | ** | ** |

† DENOTES 4 HOLE PATTERN, MEANING NO CENTER HOLES.
** CONSULT FACTORY FOR DIMENSIONS.

MADE IN USA



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: $f_{c'}$ 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : $f_{c'}$ 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

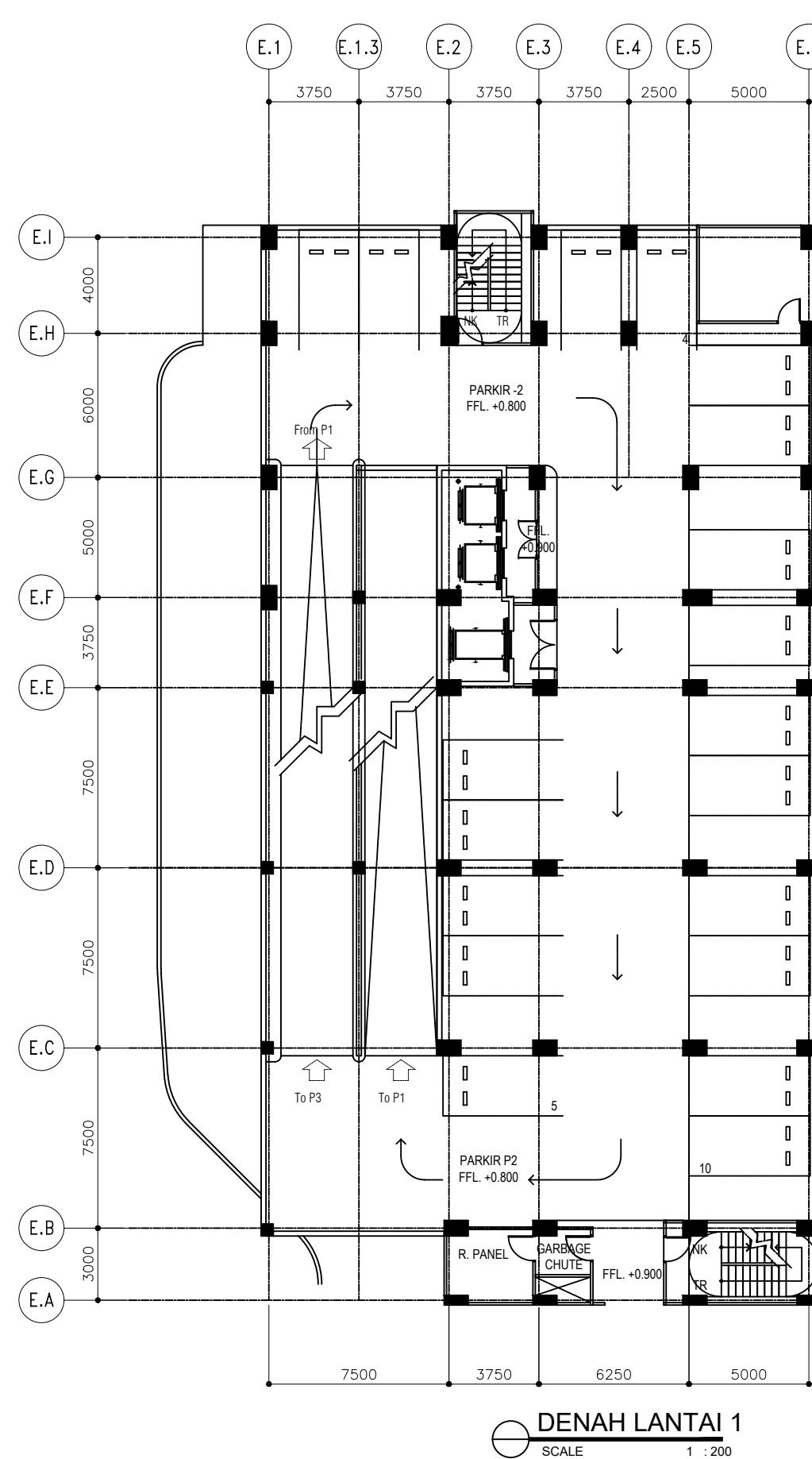
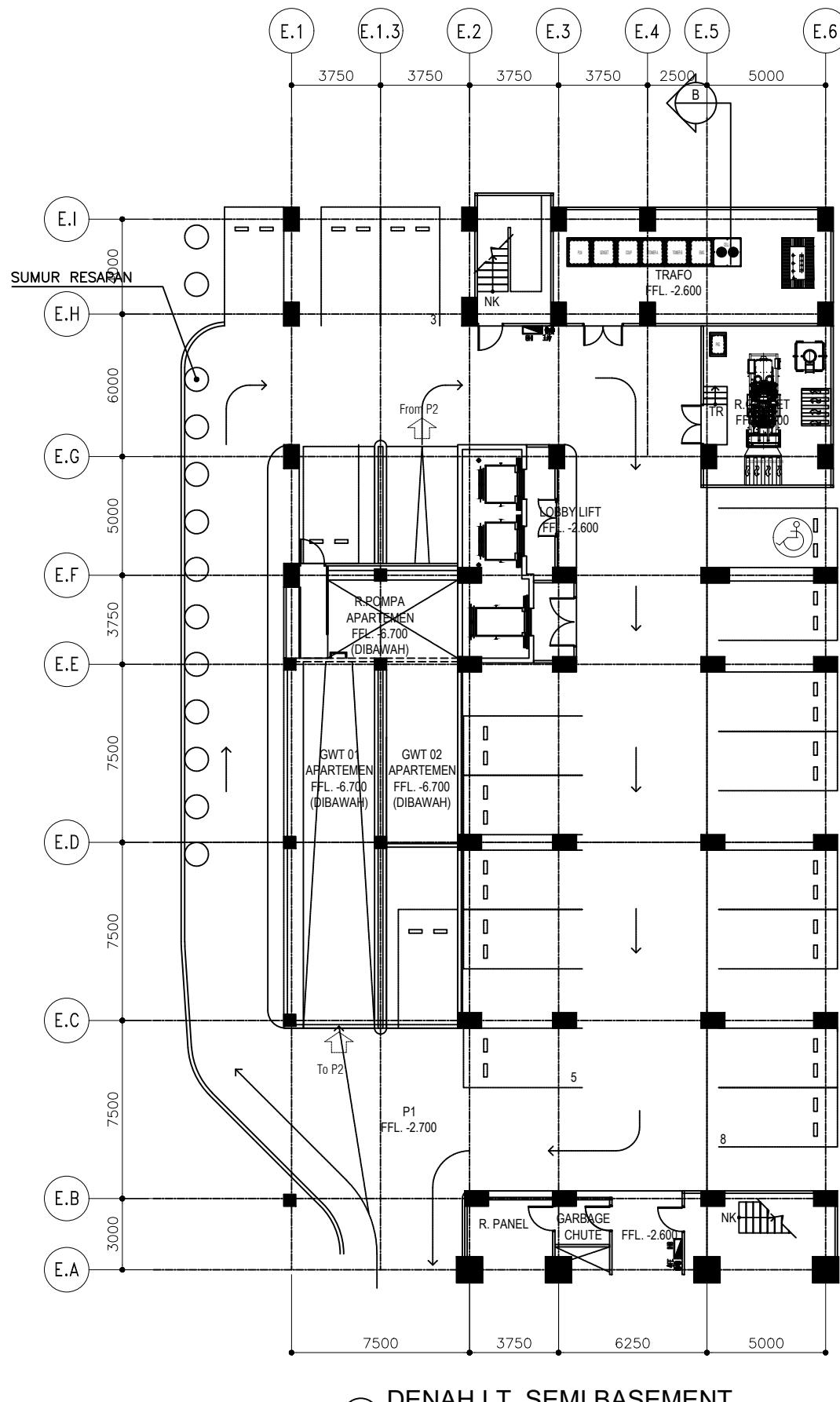
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

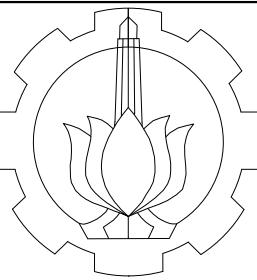
| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

| | |
|-------------------------|---------|
| DENAH LT. SEMI-BASEMENT | 1 : 250 |
| DENAH LT. 1 | 1 : 250 |

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
|------|------------|-------------|

| | | |
|-----|----|----|
| ARS | 01 | 33 |
|-----|----|----|





PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

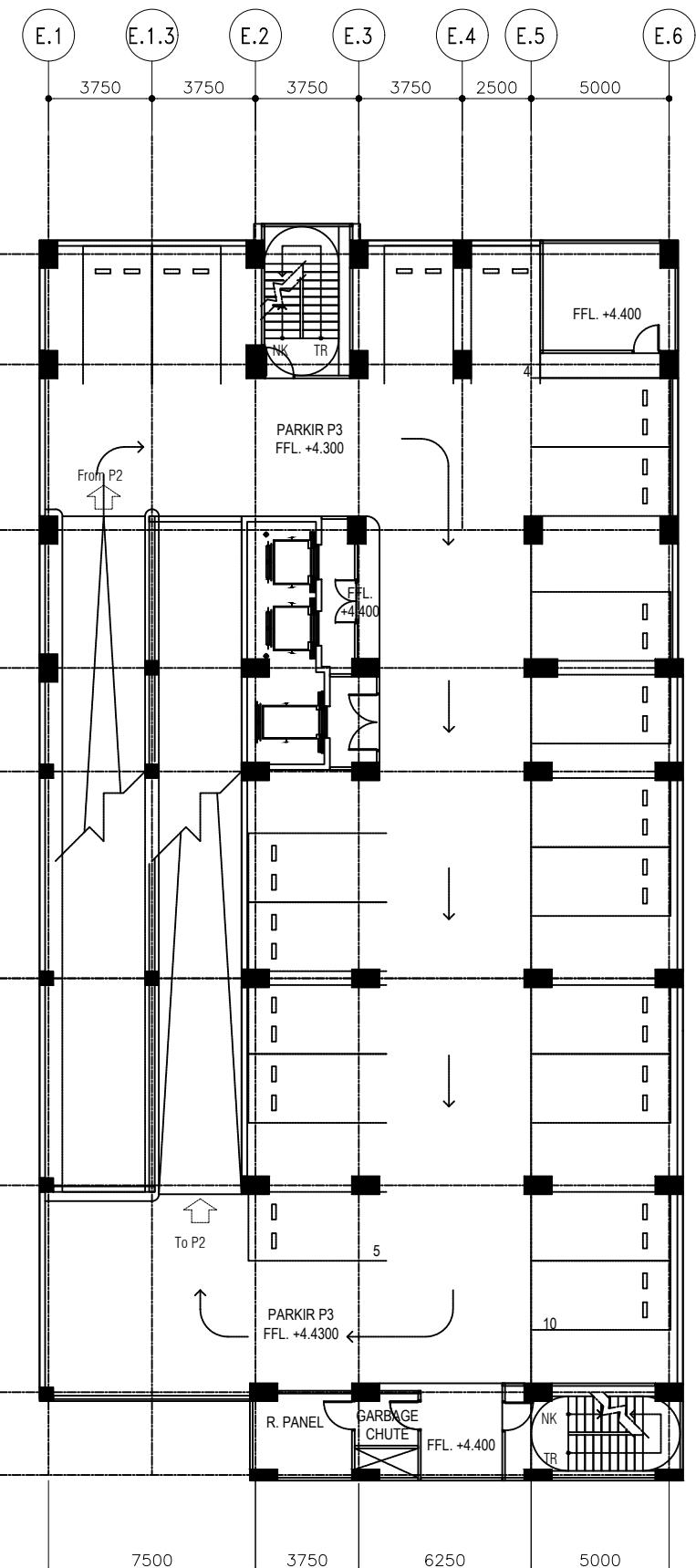
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

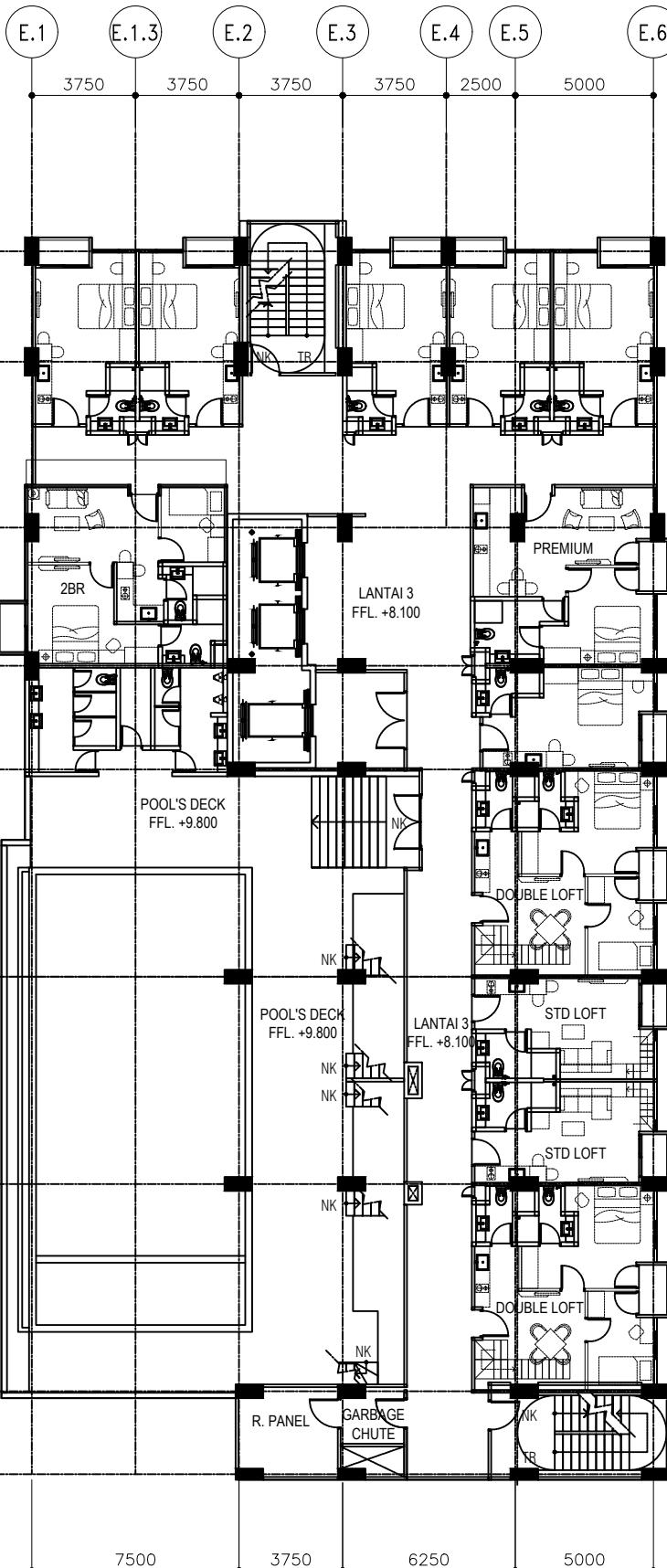
| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

| | |
|-------------|---------|
| DENAH LT. 2 | 1 : 250 |
| DENAH LT. 3 | 1 : 250 |

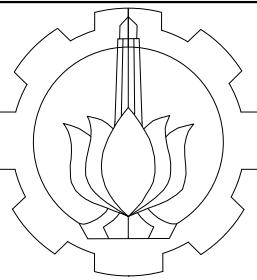
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| ARS | 02 | 33 |



DENAH LANTAI 2
SCALE 1 : 200



DENAH LANTAI 3
SCALE 1 : 200



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

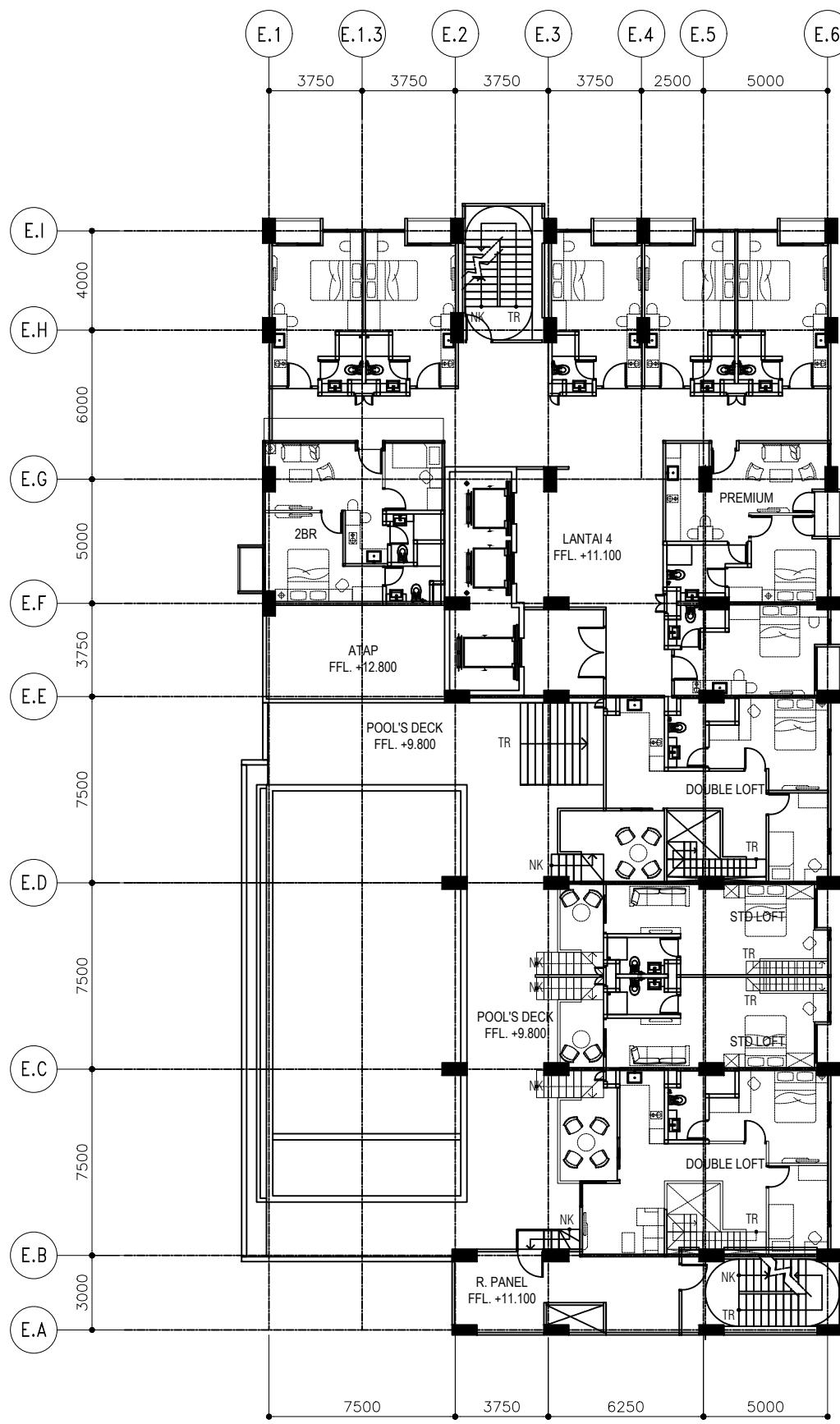
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

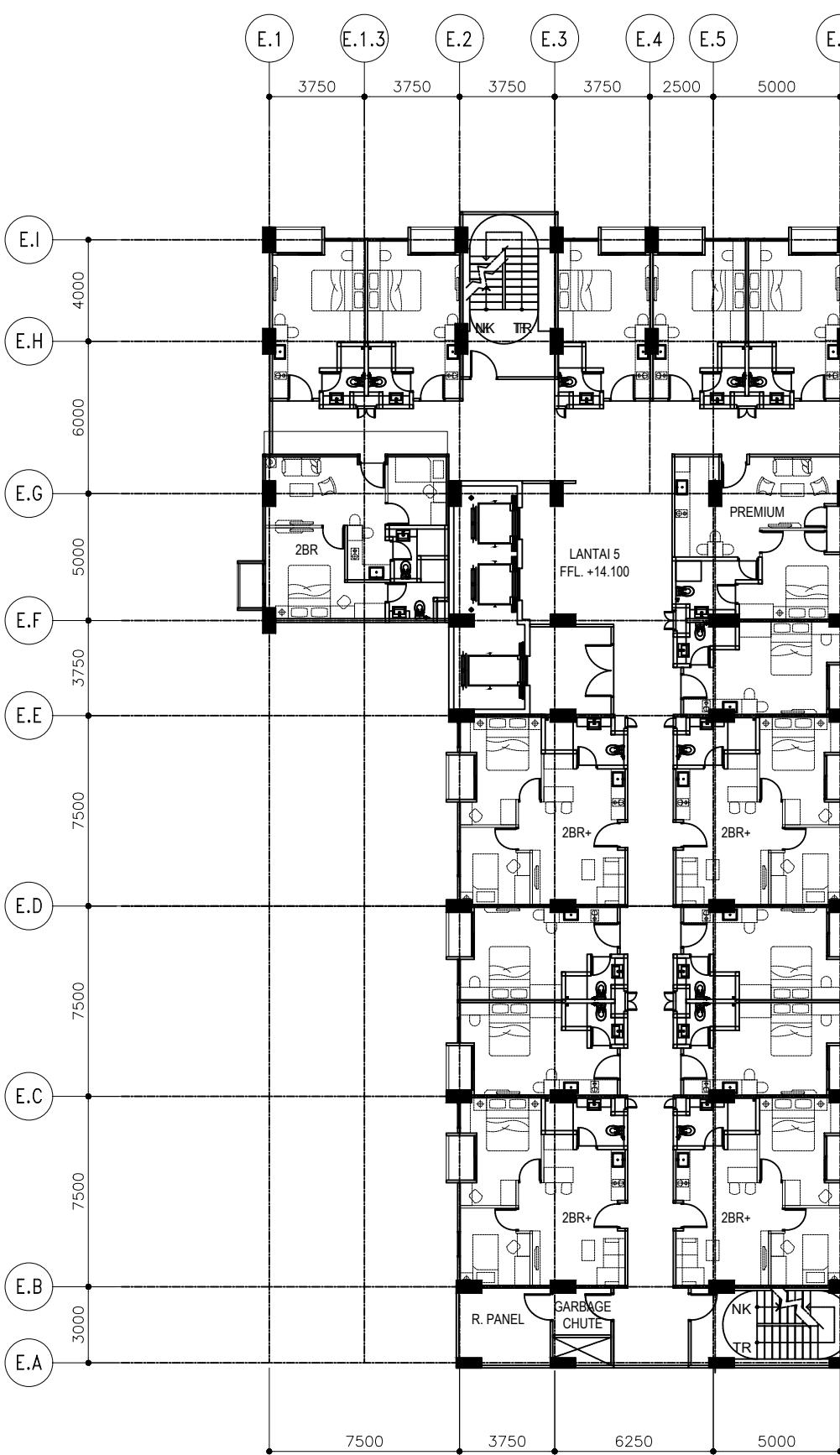
| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DENAH LT. 4 1 : 250
DENAH LT. 5 - 20 1 : 250

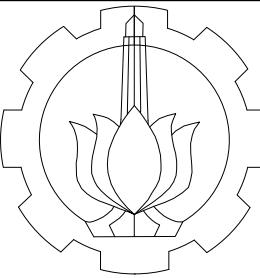
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| ARS | 03 | 33 |



DENAH LANTAI 4
SCALE 1 : 200



DENAH LANTAI 5-20
SCALE 1 : 200



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

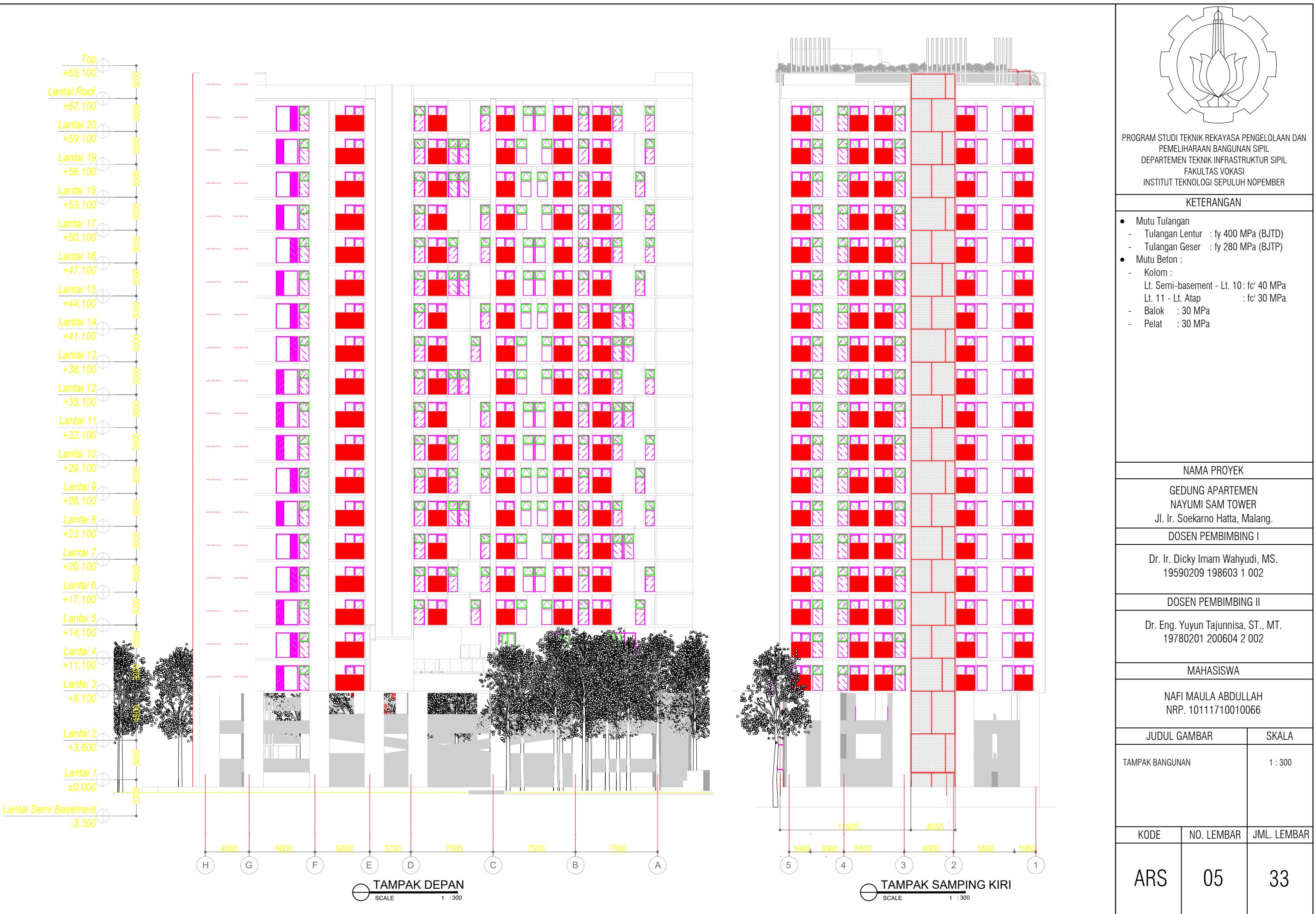
POTONGAN A & B 1 : 300

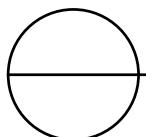
KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

ARS 04 33

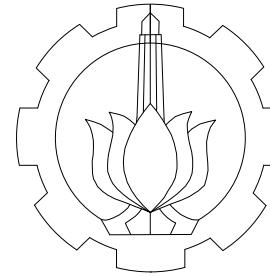
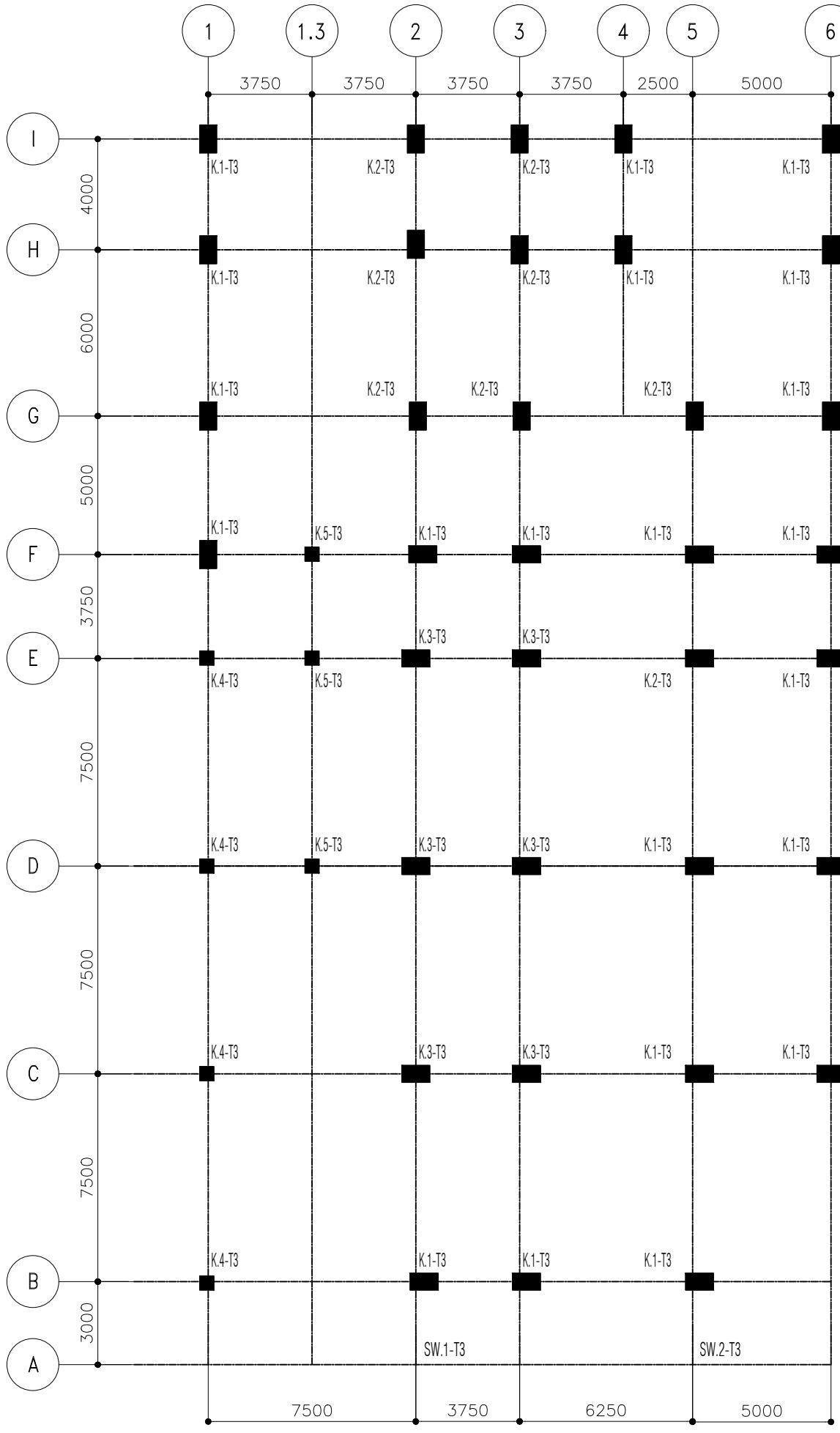


| | | |
|------------------------------------|------|--------------------------------------------------|
| FFL +65.100 | 3000 | FFL +65.100 |
| ATAP FFL +62.080 | 3000 | ATAP FFL +62.080 |
| HORIDOR BL +59.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +56.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +50.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +47.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +44.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +41.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +38.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +35.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +32.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +29.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +26.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +23.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +20.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +17.00 | 3000 | |
| HORIDOR BL +14.00 | 3000 | |
| P3 FFL +4.300 | 3000 | P3 FFL +4.300 R. ME FFL +4.400 |
| PZ FFL +0.800 | 3000 | P2 FFL +0.800 R. ME FFL +0.900 |
| P1 FFL -2.700 | 3000 | R. TRAFO FFL -2.600 R. GENSET FFL -3.400 |
| 3000 7500 7500 3750 5000 6000 4000 | 3700 | LANTAI 1 FFL +0.900 LT. SEMI BASEMENT FFL -2.600 |
| 1 1.3 2 3 4 5 6 | 3500 | LANTAI 2 FFL +4.400 |
| A B C D E F G H I | 3500 | LANTAI 3 FFL +8.100 |
| | 3500 | LANTAI 4 FFL +11.100 |
| | 3500 | LANTAI 5 FFL +14.100 |
| | 3500 | LANTAI 6 FFL +17.100 |
| | 3500 | LANTAI 7 FFL +20.100 |
| | 3500 | LANTAI 8 FFL +23.100 |
| | 3500 | LANTAI 9 FFL +26.100 |
| | 3500 | LANTAI 10 FFL +29.100 |
| | 3500 | LANTAI 11 FFL +32.100 |
| | 3500 | LANTAI 12 FFL +35.100 |
| | 3500 | LANTAI 13 FFL +38.100 |
| | 3500 | LANTAI 14 FFL +41.100 |
| | 3500 | LANTAI 15 FFL +44.100 |
| | 3500 | LANTAI 16 FFL +47.100 |
| | 3500 | LANTAI 17 FFL +50.100 |
| | 3500 | LANTAI 18 FFL +53.100 |
| | 3500 | LANTAI 19 FFL +56.100 |
| | 3500 | LANTAI 20 FFL +59.100 |
| | 3000 | ATAP FFL +62.100 |
| | 3000 | FFL +62.100 |
| | 3000 | FFL +65.100 |





DENAH KOLOM
SCALE 1 : 200



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

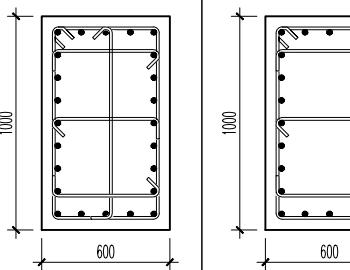
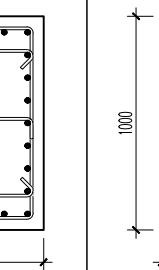
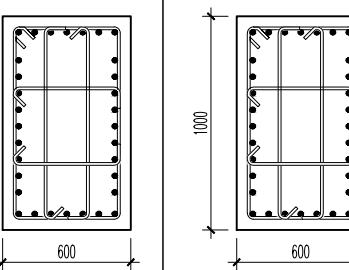
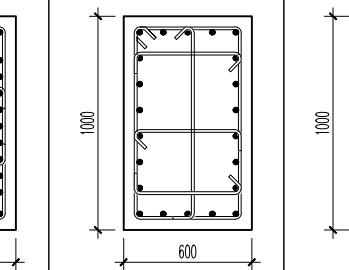
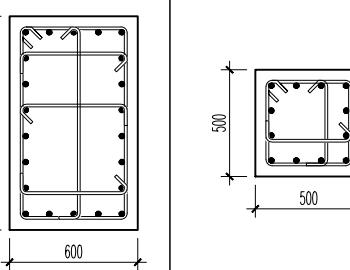
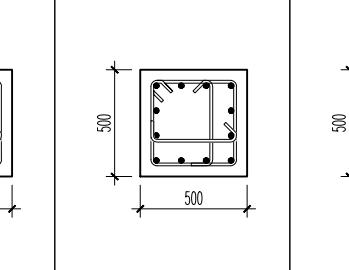
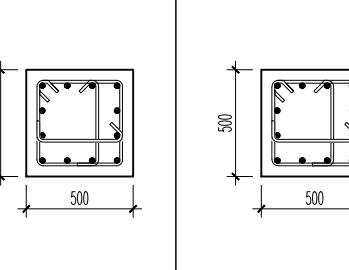
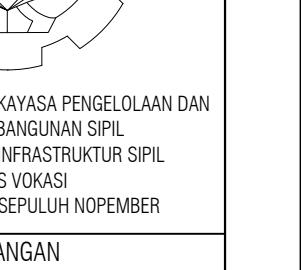
DENAH KOLOM 1 : 200

KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR 06 33

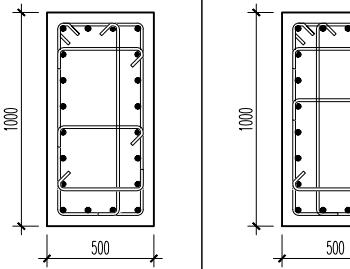
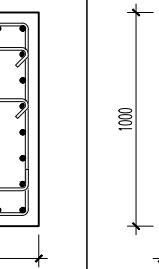
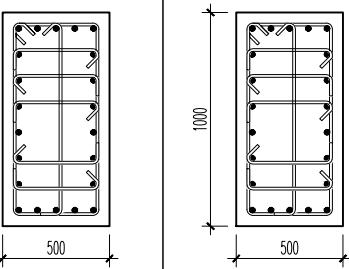
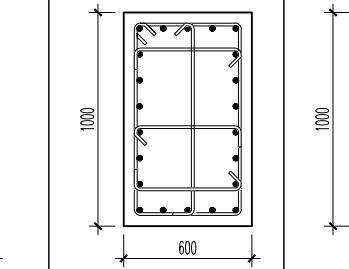
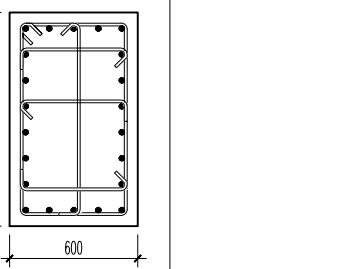
RESUME PENULANGAN KOLOM TOWER - 3

LT. SEMIBASEMENT ~ LT. 2

| TIPE KOLOM | TIPE KOLOM K.1-T3 | | TIPE KOLOM K.2-T3 | | TIPE KOLOM K.3-T3 | | TIPE KOLOM K.4-T3 | | TIPE KOLOM K.5-T3 | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| DIMENSI KOLOM | 600 x 1000 | | 600 x 1000 | | 600 x 1000 | | 500 x 500 | | 500 x 500 | |
| TUL. UTAMA | 24 D25 | 24 D25 | 32 D22 | 32 D22 | 20 D22 | 20 D22 | 12 D22 | 12 D22 | 12 D22 | 12 D22 |
| TUL. SENGKANG | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 |
| TUL. SKG. HOOK | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 150 |

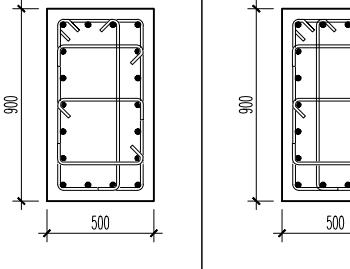
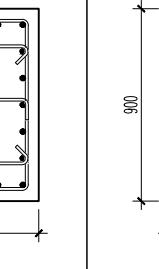
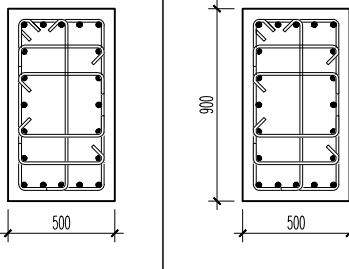
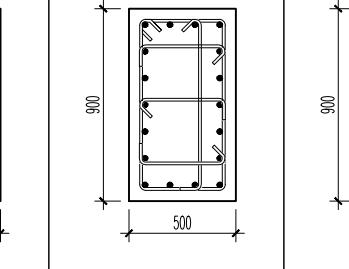
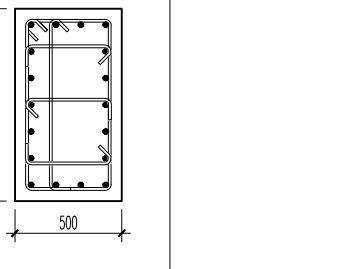
RESUME PENULANGAN KOLOM TOWER - 3

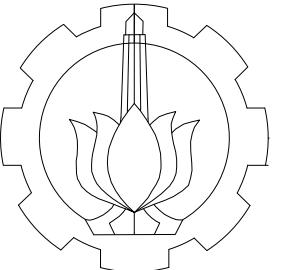
LT. 3 ~ LT. 5

| TIPE KOLOM | TIPE KOLOM K.1-T3 | | TIPE KOLOM K.2-T3 | | TIPE KOLOM K.3-T3 | |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| |  |  |  |  |  |  |
| DIMENSI KOLOM | 500 x 1000 | | 500 x 1000 | | 600 x 1000 | |
| TUL. UTAMA | 20 D22 | 20 D22 | 24 D22 | 24 D22 | 20 D22 | 20 D22 |
| TUL. SENGKANG | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |
| TUL. SKG. HOOK | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |

RESUME PENULANGAN KOLOM TOWER - 3

LT. 6 ~ LT. 8

| TIPE KOLOM | TIPE KOLOM K.1-T3 | | TIPE KOLOM K.2-T3 | | TIPE KOLOM K.3-T3 | |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| |  |  |  |  |  |  |
| DIMENSI KOLOM | 500 x 900 | | 500 x 900 | | 500 x 900 | |
| TUL. UTAMA | 18 D22 | 18 D22 | 20 D22 | 20 D22 | 16 D22 | 16 D22 |
| TUL. SENGKANG | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |
| TUL. SKG. HOOK | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom : Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
JI. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

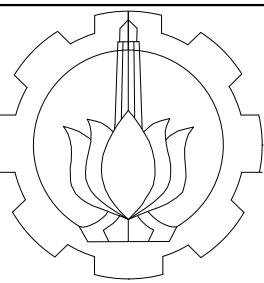
JUDUL GAMBAR

SKALA

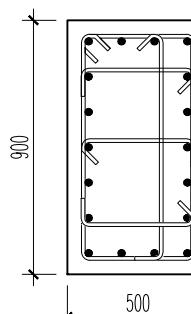
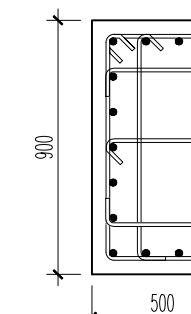
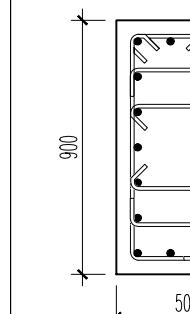
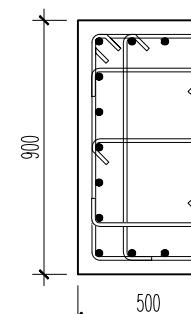
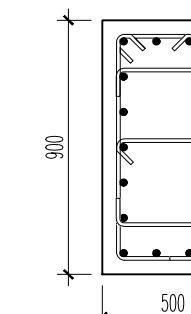
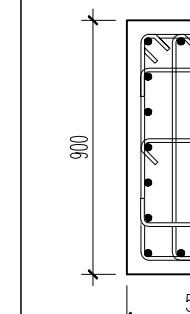
DETAL KOLOM NTS

KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR 07 33



RESUME PENULANGAN KOLOM TOWER - 3
LT. 9 ~ LT. 11

| TIPE KOLOM | TIPE KOLOM K.1-T3 | | TIPE KOLOM K.2-T3 | | TIPE KOLOM K.3-T3 | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| |  |  |  |  |  |  |
| DIMENSI KOLOM | 500 x 900 | | 500 x 900 | | 500 x 900 | |
| TUL. UTAMA | 16 D22 | 16 D22 | 16 D22 | 16 D22 | 16 D22 | 16 D22 |
| TUL. SENGKANG | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |
| TUL. SKG. HOOK | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |

PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

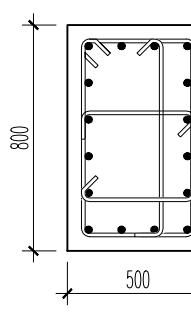
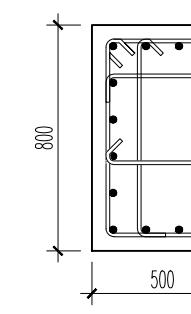
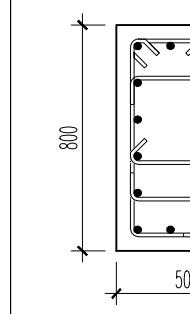
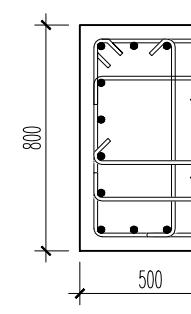
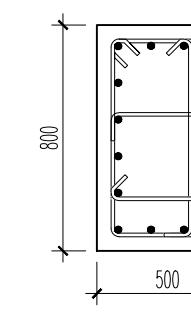
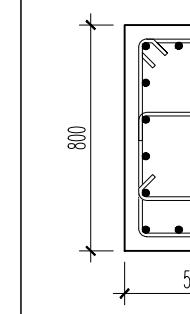
JUDUL GAMBAR **SKALA**

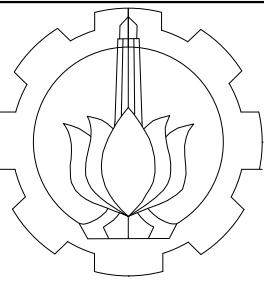
DETAIL KOLOM NTS

KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR 08 33

RESUME PENULANGAN KOLOM TOWER - 3
LT. 12 ~ LT. 20

| TIPE KOLOM | TIPE KOLOM K.1-T3 | | TIPE KOLOM K.2-T3 | | TIPE KOLOM K.3-T3 | |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| |  |  |  |  |  |  |
| DIMENSI KOLOM | 500 x 800 | | 500 x 800 | | 500 x 800 | |
| TUL. UTAMA | 16 D22 | 16 D22 | 16 D19 | 16 D19 | 16 D19 | 16 D19 |
| TUL. SENGKANG | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |
| TUL. SKG. HOOK | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 | D13 - 75 | D10 - 150 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan**
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :**
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR

SKALA

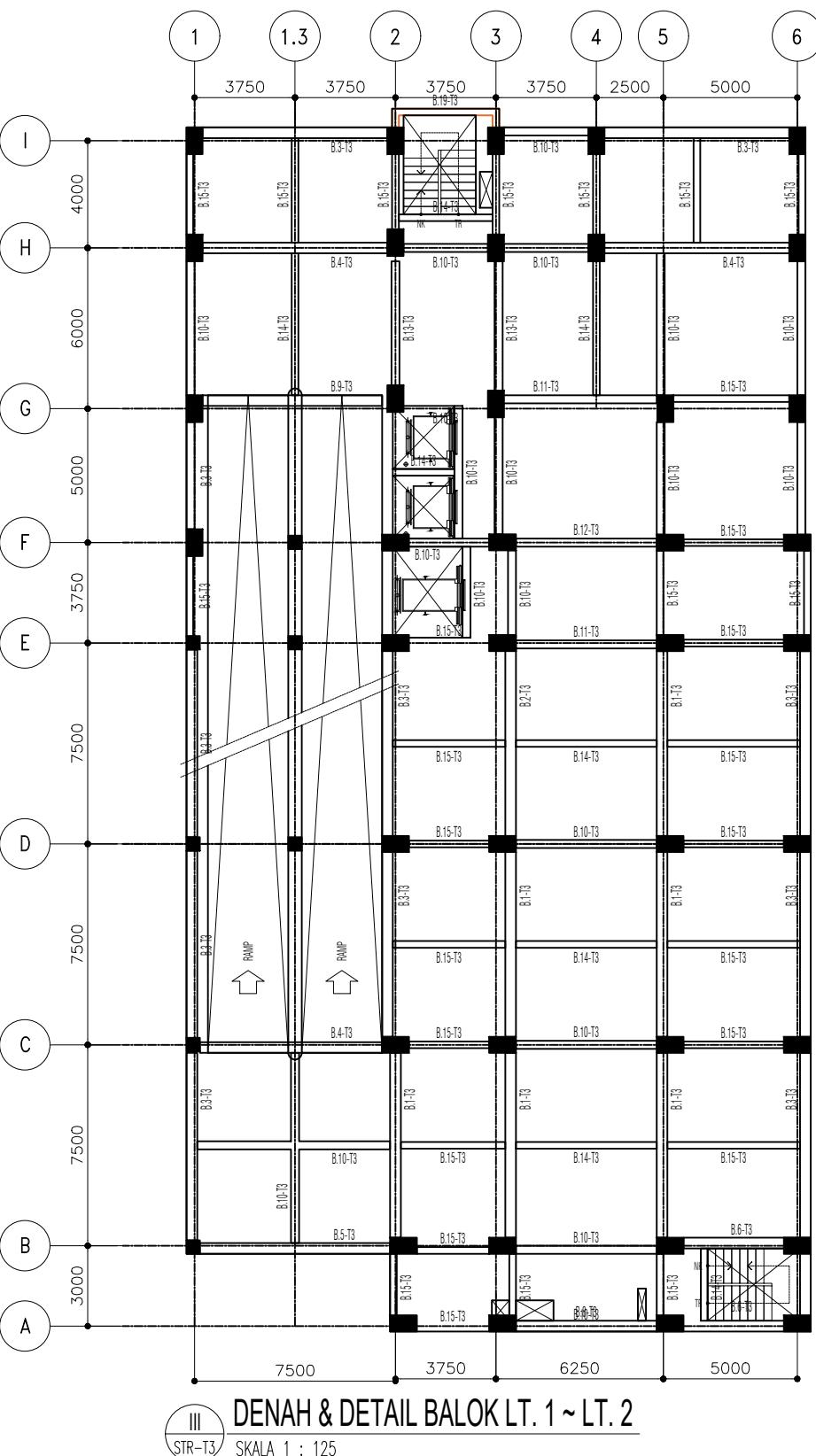
DENAH & DETAIL BALOK 1 : 250

KODE

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

STR 09 33



RESUME PENULANGAN BALOK TOWER - 3
LT. 1 ~ LT. 2

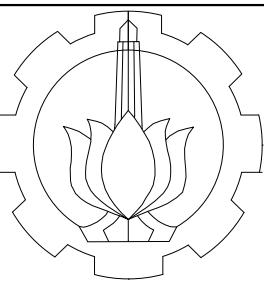
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.1-T3 | | TIPE BALOK B.2-T3 | | TIPE BALOK B.3-T3 | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | | 400 X 600 | | 400 X 600 | |
| TUL. ATAS | 6 D19 | 3 D19 | 8 D19 | 3 D19 | 5 D19 | 3 D19 |
| TUL. TENGAH | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 |
| TUL. BAWAH | 3 D19 | 6 D19 | 4 D19 | 6 D19 | 3 D19 | 4 D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.4-T3 | | TIPE BALOK B.5-T3 | | TIPE BALOK B.6-T3 | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | | 400 X 600 | | 400 X 600 | |
| TUL. ATAS | 7 D19 | 3 D19 | 6 D19 | 3 D19 | 5 D19 | 3 D19 |
| TUL. TENGAH | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 |
| TUL. BAWAH | 4 D19 | 4 D19 | 3 D19 | 4 D19 | 3 D19 | 3 D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.7-T3 | | TIPE BALOK B.8-T3 | | TIPE BALOK B.9-T3 | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | | 400 X 600 | | 400 X 600 | |
| TUL. ATAS | 7 D19 | 4 D19 | 8 D22 | 4 D22 | 8 D22 | 4 D22 |
| TUL. TENGAH | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 | 4 D10 |
| TUL. BAWAH | 7 D19 | 7 D19 | 8 D22 | 8 D22 | 4 D22 | 4 D22 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.10-T3 | | TIPE BALOK B.11-T3 | | TIPE BALOK B.12-T3 | |
|---------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 300 X 500 | | 300 X 500 | | 300 X 500 | |
| TUL. ATAS | 4 D19 | 3 D19 | 7 D19 | 3 D19 | 5 D19 | 3 D19 |
| TUL. TENGAH | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 |
| TUL. BAWAH | 3 D19 | 3 D19 | 4 D19 | 4 D19 | 3 D19 | 3 D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.13-T3 | | TIPE BALOK B.14-T3 | | TIPE BALOK B.15-T3 | |
|---------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 300 X 500 | | 250 X 400 | | 250 X 400 | |
| TUL. ATAS | 6 D19 | 3 D19 | 4 D19 | 3 D19 | 3 D19 | 3 D19 |
| TUL. TENGAH | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 | 2 D10 |
| TUL. BAWAH | 4 D19 | 4 D19 | 3 D19 | 3 D19 | 3 D19 | 3 D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan**
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :**
 - Kolom : Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

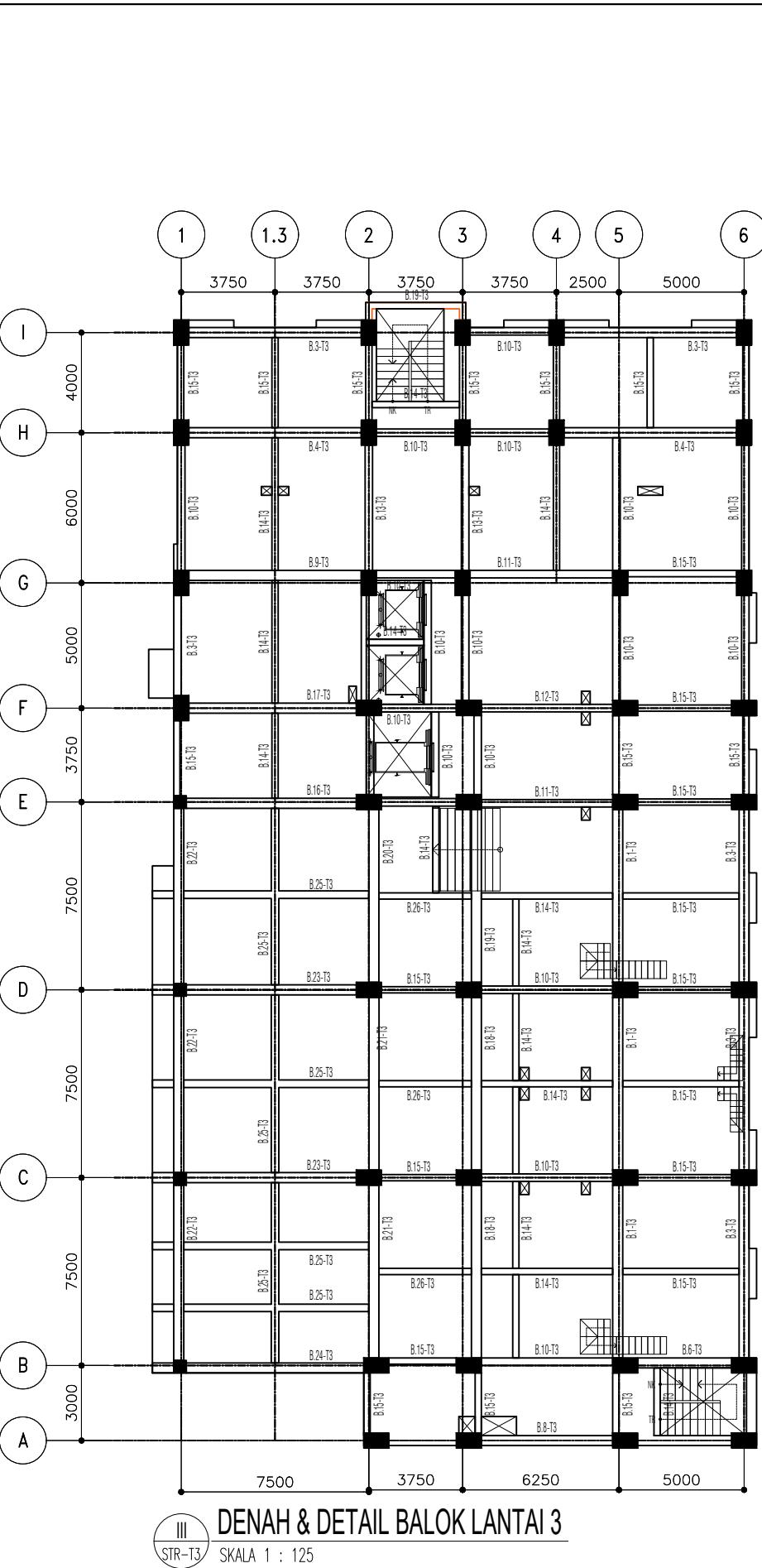
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR

SKALA

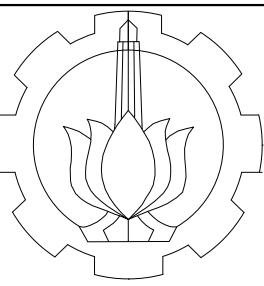
1 : 250

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 10 | 33 |



RESUME PENULANGAN BALOK TOWER - 3
LANTAI 3

| TIPE BALOK | TIPE BALOK 8.1-T3 | | TIPE BALOK 8.2-T3 | | TIPE BALOK 8.3-T3 | | TIPE BALOK 8.4-T3 | | TIPE BALOK 8.5-T3 | |
|----------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 6019 | 3019 | 6019 | 3019 | 5019 | 3019 | 7019 | 3019 | 6019 | 3019 |
| TUL. TENGAH | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 |
| TUL. BAWAH | 3019 | 6019 | 4019 | 6019 | 3019 | 4019 | 4019 | 4019 | 3019 | 4019 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 5019 | 3019 | 7019 | 4019 | 8022 | 4022 | 8022 | 4022 | 4019 | 3019 |
| TUL. TENGAH | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 2010 | 2010 |
| TUL. BAWAH | 3019 | 3019 | 7019 | 8022 | 4022 | 4022 | 3019 | 3019 | 3019 | 3019 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 7019 | 3019 | 7019 | 4019 | 8022 | 4022 | 8022 | 4022 | 4019 | 3019 |
| TUL. TENGAH | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 |
| TUL. BAWAH | 4019 | 4019 | 3019 | 3019 | 4019 | 3019 | 3019 | 3019 | 3019 | 3019 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 7019 | 3019 | 5019 | 3019 | 6019 | 4019 | 3019 | 3019 | 3019 | 3019 |
| TUL. TENGAH | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 |
| TUL. BAWAH | 4019 | 4019 | 3019 | 3019 | 4019 | 3019 | 3019 | 3019 | 3019 | 3019 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 17022 | 4022 | 8019 | 3019 | 7022 | 9022 | 9022 | 3022 | 14022 | 5022 |
| TUL. TENGAH | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 |
| TUL. BAWAH | 6022 | 7022 | 4019 | 4019 | 4022 | 5022 | 5022 | 7022 | 9022 | 9022 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 17022 | 4022 | 8019 | 3019 | 7022 | 9022 | 9022 | 3022 | 14022 | 5022 |
| TUL. TENGAH | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 |
| TUL. BAWAH | 6022 | 7022 | 4019 | 4019 | 4022 | 5022 | 5022 | 7022 | 9022 | 9022 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 11022 | 5022 | 6019 | 4019 | 12022 | 6022 | 7022 | 3022 | 13022 | 4022 |
| TUL. TENGAH | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 | 4010 |
| TUL. BAWAH | 6022 | 6022 | 4022 | 4022 | 6022 | 12022 | 4022 | 4022 | 4022 | 4022 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 6022 | 5022 | 6019 | 3019 | 6022 | 7022 | 7022 | 3022 | 13022 | 4022 |
| TUL. TENGAH | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 |
| TUL. BAWAH | 6022 | 6022 | 4022 | 4022 | 6022 | 12022 | 4022 | 4022 | 4022 | 4022 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |
| DIMENSI | | | | | | | | | | |
| TUL. ATAS | 6022 | 5022 | 6019 | 3019 | 6022 | 7022 | 7022 | 3022 | 13022 | 4022 |
| TUL. TENGAH | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 | 2010 |
| TUL. BAWAH | 6022 | 6022 | 4022 | 4022 | 6022 | 12022 | 4022 | 4022 | 4022 | 4022 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

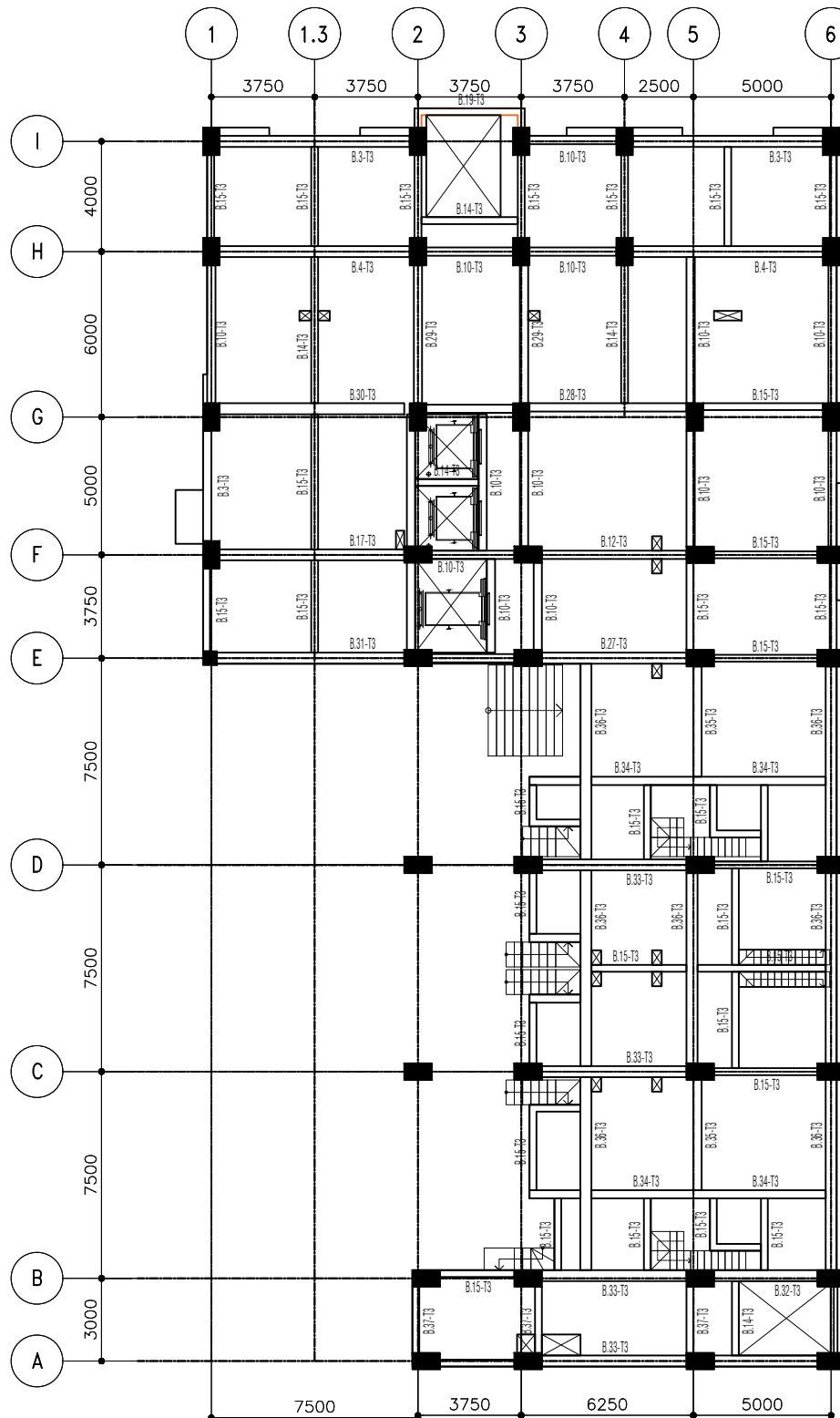
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH & DETAIL BALOK LANTAI 4 1 : 250

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 11 | 33 |



RESUME PENULANGAN BALOK TOWER - 3
LANTAI 4

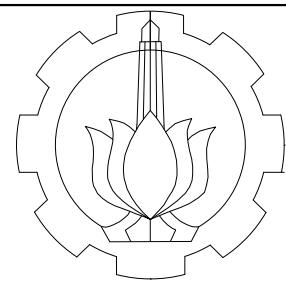
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.3-T3 | | TIPE BALOK B.4-T3 | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | | 400 X 600 | |
| TUL. ATAS | 3D19 | 3D19 | 7D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 3D19 | 4D19 | 4D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.10-T3 | | TIPE BALOK B.12-T3 | | TIPE BALOK B.14-T3 | | TIPE BALOK B.15-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 300 X 300 | | 300 X 500 | | 250 X 400 | | 250 X 400 | |
| TUL. ATAS | 4D19 | 3D19 | 5D19 | 3D19 | 4D19 | 3D19 | 3D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 3D19 | 3D19 | 3D19 | 3D19 | 3D19 | 3D19 | 3D19 | 3D19 |
| TUL. SENGKANG | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 100 | D10 - 150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.27-T3 | | TIPE BALOK B.28-T3 | | TIPE BALOK B.29-T3 | | TIPE BALOK B.30-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | |
| TUL. ATAS | 10D22 | 4D22 | 8D19 | 3D19 | 7D19 | 3D19 | 8D22 | 3D22 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 5D22 | 5D22 | 5D19 | 5D19 | 4D19 | 4D19 | 5D22 | 5D22 |
| TUL. SENGKANG | D10 - 100 | D10 - 150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.31-T3 | | TIPE BALOK B.32-T3 | | TIPE BALOK B.33-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | | 400 X 600 | | 400 X 600 | |
| TUL. ATAS | 5D22 | 3D22 | 8D19 | 3D19 | 10D19 | 4D19 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 4D22 | 4D22 | 4D19 | 4D19 | 5D19 | 6D19 |
| TUL. SENGKANG | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.34-T3 | | TIPE BALOK B.35-T3 | | TIPE BALOK B.36-T3 | | TIPE BALOK B.37-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 X 600 | | 300 X 500 | | 400 X 600 | | 250 X 400 | |
| TUL. ATAS | 5D19 | 3D19 | 6D19 | 3D19 | 6D19 | 3D19 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 2D10 | 2D10 | 4D10 | 4D10 | 3D19 | 3D19 |
| TUL. BAWAH | 3D19 | 4D19 | 4D19 | 4D19 | 4D19 | 4D19 | D10 - 100 | D10 - 150 |
| TUL. SENGKANG | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 150 | D10 - 100 | D10 - 150 | | |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER

Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

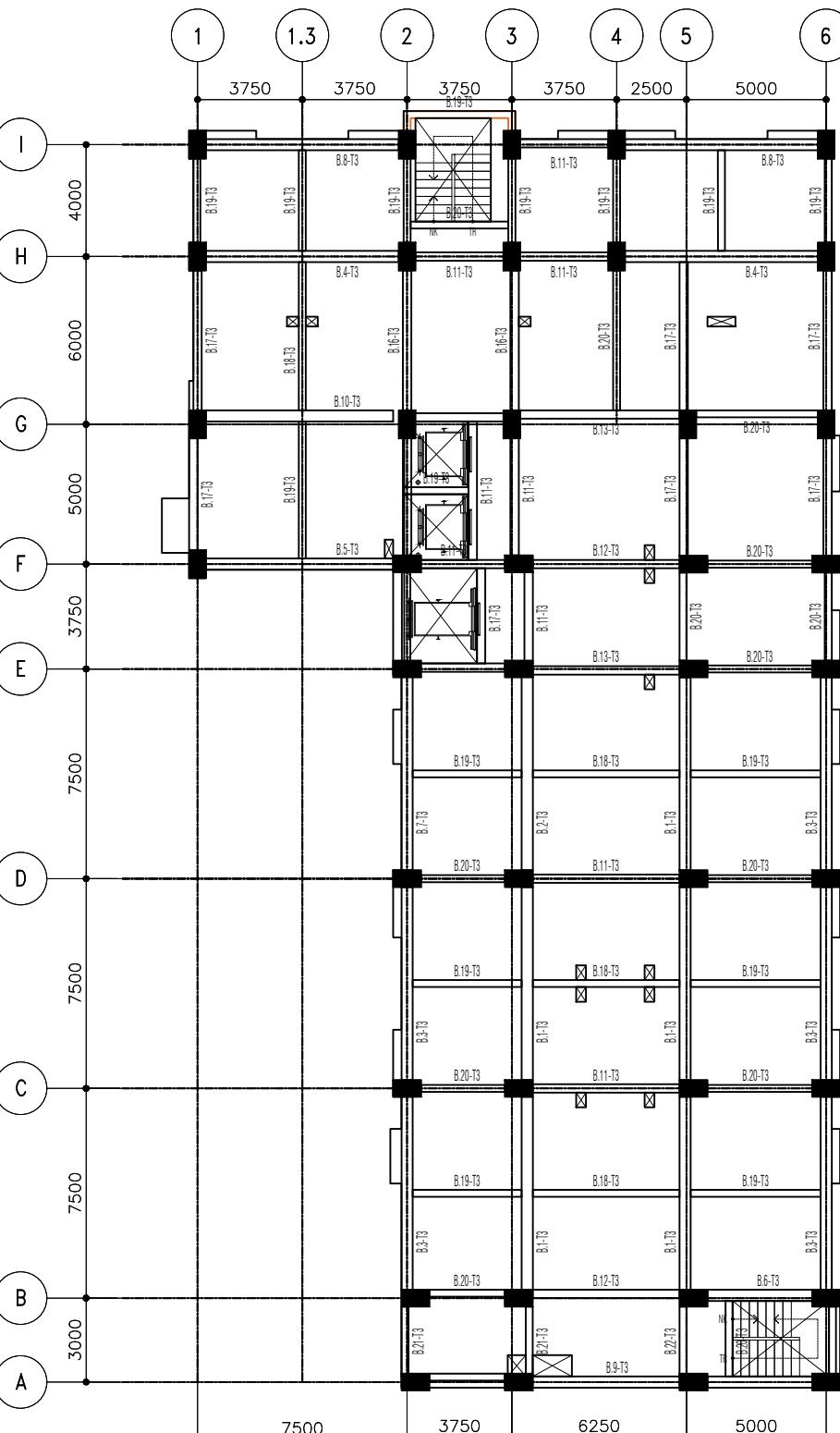
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

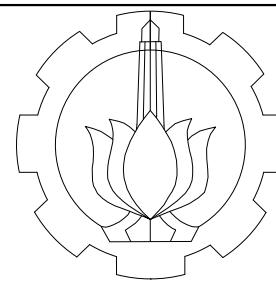
JUDUL GAMBAR

SKALA

1 : 250

DENAH & DETAIL BALOK





PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER

Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

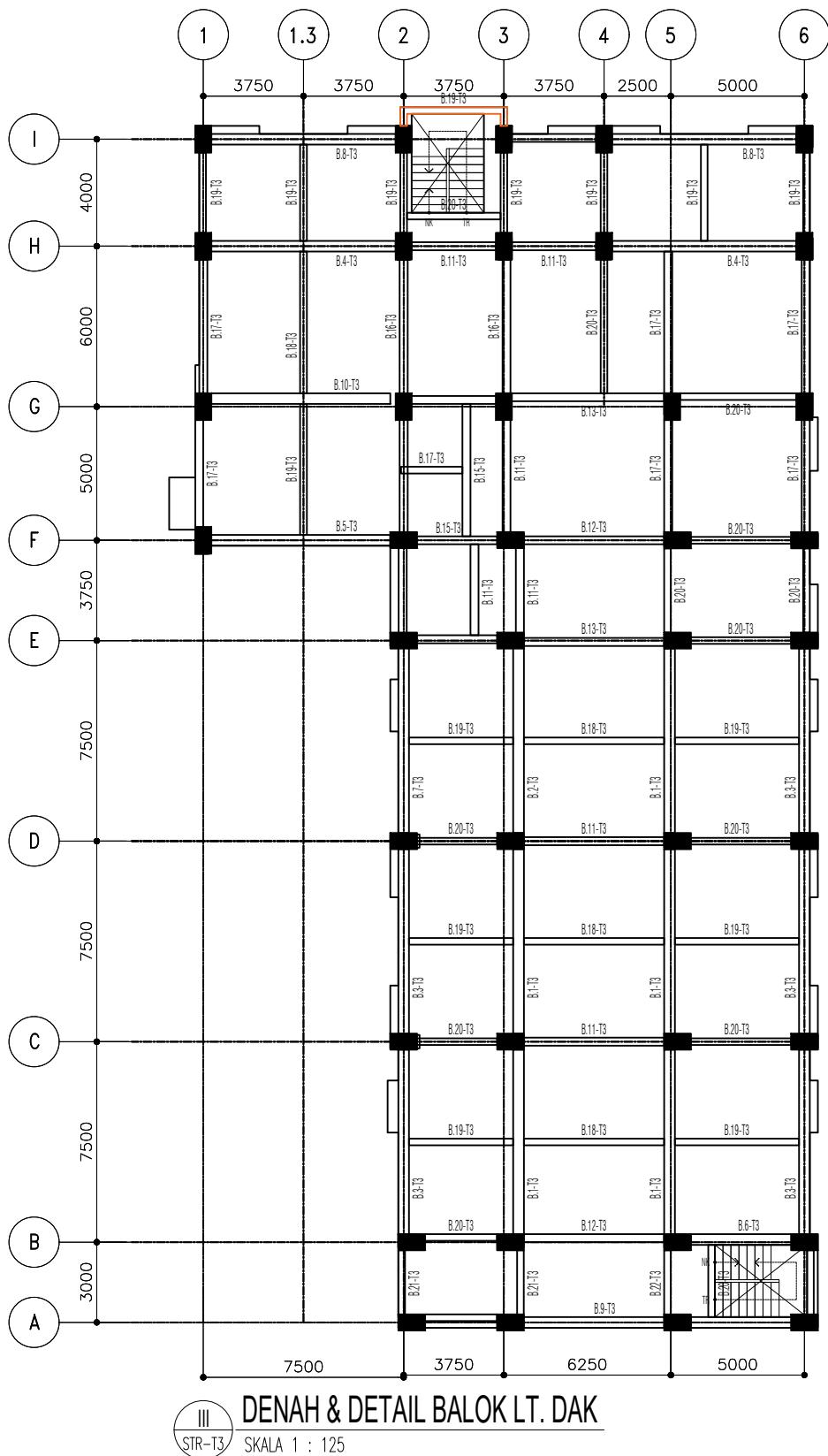
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR

SKALA

1 : 250

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 13 | 33 |



RESUME PENULANGAN BALOK TOWER - 3
LT. 5 ~ LT. DAK

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.1-T3 | | TIPE BALOK B.2-T3 | | TIPE BALOK B.3-T3 | | TIPE BALOK B.4-T3 | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 x 600 | 400 x 600 |
| TUL. ATAS | 7D22 | 3D22 | 12D19 | 4D19 | 9D22 | 3D22 | 8D22 | 3D22 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 4D22 | 4D22 | 8D19 | 6D19 | 7D22 | 3D22 | 5D22 | 5D22 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

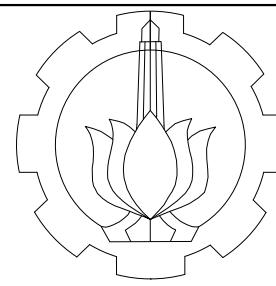
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.5-T3 | | TIPE BALOK B.6-T3 | | TIPE BALOK B.7-T3 | | TIPE BALOK B.8-T3 | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 x 600 | 400 x 600 |
| TUL. ATAS | 9D22 | 3D22 | 8D22 | 5D22 | 10D19 | 4D19 | 8D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 7D22 | 4D22 | 7D22 | 6D22 | 8D19 | 5D19 | 5D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.9-T3 | | TIPE BALOK B.10-T3 | | TIPE BALOK B.11-T3 | | TIPE BALOK B.12-T3 | |
|---------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 400 x 600 | 400 x 600 | 400 x 600 | 400 x 600 | 300 x 500 | 300 x 500 | 300 x 500 | 300 x 500 |
| TUL. ATAS | 12D22 | 5D22 | 11D19 | 3D19 | 8D19 | 3D19 | 7D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 11D22 | 6D22 | 6D19 | 5D19 | 4D19 | 4D19 | 5D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.13-T3 | | TIPE BALOK B.14-T3 | | TIPE BALOK B.15-T3 | | TIPE BALOK B.16-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 300 x 500 | 300 x 500 |
| TUL. ATAS | 7D19 | 3D19 | 6D19 | 3D19 | 7D19 | 3D19 | 8D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 5D19 | 4D19 | 3D19 | 3D19 | 4D19 | 4D19 | 7D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.17-T3 | | TIPE BALOK B.18-T3 | | TIPE BALOK B.19-T3 | | TIPE BALOK B.20-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 300 x 500 | 300 x 500 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 |
| TUL. ATAS | 7D19 | 3D19 | 3D19 | 2D10 | 3D19 | 2D10 | 5D19 | 2D10 |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 6D19 | 3D19 | 2D10 | 3D19 | 2D10 | 3D19 | 4D19 | 3D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.21-T3 | | TIPE BALOK B.22-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DIMENSI | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 |
| TUL. ATAS | 6D19 | 2D10 | 5D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 5D19 | 3D19 | 4D19 | 3D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER

Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

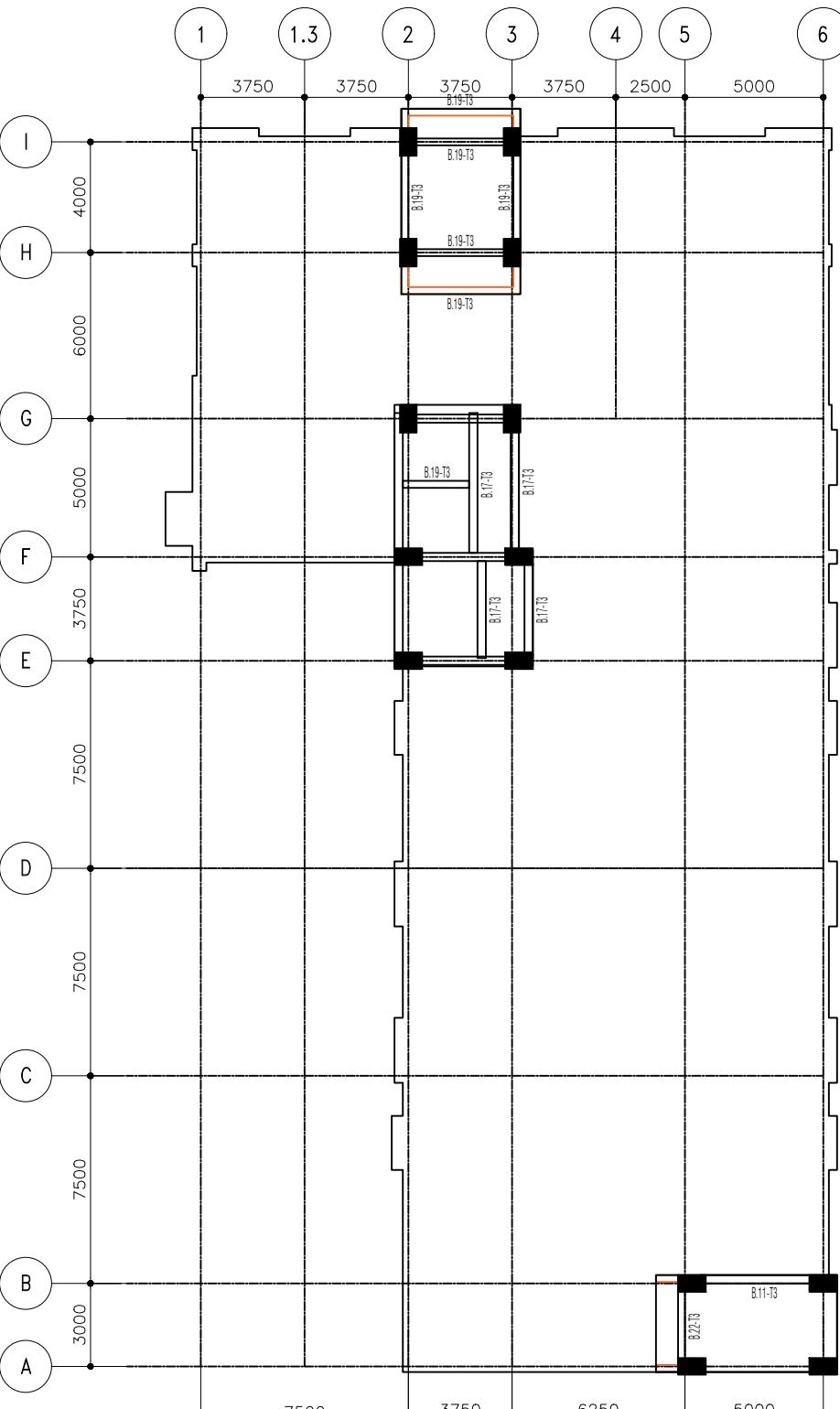
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR

SKALA

1 : 250

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 14 | 33 |



III
STR-T3

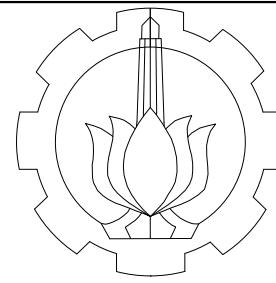
DENAH & DETAIL BALOK LT. ATAP DAK TANGGA

SKALA 1 : 125

RESUME PENULANGAN BALOK TOWER - 3

LT. 5 ~ LT. DAK

| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.1-T3 | | TIPE BALOK B.2-T3 | | TIPE BALOK B.3-T3 | | TIPE BALOK B.4-T3 | |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | | |
| DIMENSI | 400 x 600 | 400 x 600 |
| TUL. ATAS | 7D22 | 3D22 | 12D19 | 4D19 | 9D22 | 3D22 | 8D22 | 3D22 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 4D22 | 4D22 | 8D19 | 6D19 | 7D22 | 3D22 | 5D22 | 5D22 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.5-T3 | | TIPE BALOK B.6-T3 | | TIPE BALOK B.7-T3 | | TIPE BALOK B.8-T3 | |
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | | |
| DIMENSI | 400 x 600 | 400 x 600 |
| TUL. ATAS | 9D22 | 3D22 | 8D22 | 5D22 | 10D19 | 4D19 | 8D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 |
| TUL. BAWAH | 7D22 | 4D22 | 7D22 | 6D22 | 8D19 | 5D19 | 5D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.9-T3 | | TIPE BALOK B.10-T3 | | TIPE BALOK B.11-T3 | | TIPE BALOK B.12-T3 | |
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | | |
| DIMENSI | 400 x 600 | 400 x 600 | 400 x 600 | 400 x 600 | 300 x 500 | 300 x 500 | 300 x 500 | 300 x 500 |
| TUL. ATAS | 12D22 | 5D22 | 11D19 | 3D19 | 8D19 | 3D19 | 7D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 4D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 11D22 | 6D22 | 6D19 | 5D19 | 4D19 | 4D19 | 5D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.13-T3 | | TIPE BALOK B.14-T3 | | TIPE BALOK B.15-T3 | | TIPE BALOK B.16-T3 | |
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | | |
| DIMENSI | 300 x 500 | 300 x 500 |
| TUL. ATAS | 7D19 | 3D19 | 6D19 | 3D19 | 7D19 | 3D19 | 8D19 | 3D19 |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 5D19 | 4D19 | 3D19 | 3D19 | 4D19 | 4D19 | 7D19 | 4D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.17-T3 | | TIPE BALOK B.18-T3 | | TIPE BALOK B.19-T3 | | TIPE BALOK B.20-T3 | |
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | | |
| DIMENSI | 300 x 500 | 300 x 500 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 |
| TUL. ATAS | 7D19 | 3D19 | 3D19 | 2D10 | 3D19 | 2D10 | 5D19 | 2D10 |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| TUL. BAWAH | 6D19 | 3D19 | 2D10 | 3D19 | 2D10 | 3D19 | 4D19 | 3D19 |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 |
| TIPE BALOK | TIPE BALOK B.21-T3 | | TIPE BALOK B.22-T3 | | | | | |
| | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | | |
| DIMENSI | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | 250 x 400 | | | | |
| TUL. ATAS | 6D19 | 2D10 | 5D19 | 3D19 | | | | |
| TUL. TENGAH | 2D10 | 2D10 | 2D10 | 2D10 | | | | |
| TUL. BAWAH | 5D19 | 3D19 | 4D19 | 3D19 | | | | |
| TUL. SENGKANG | D10-100 | D10-150 | D10-100 | D10-150 | | | | |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

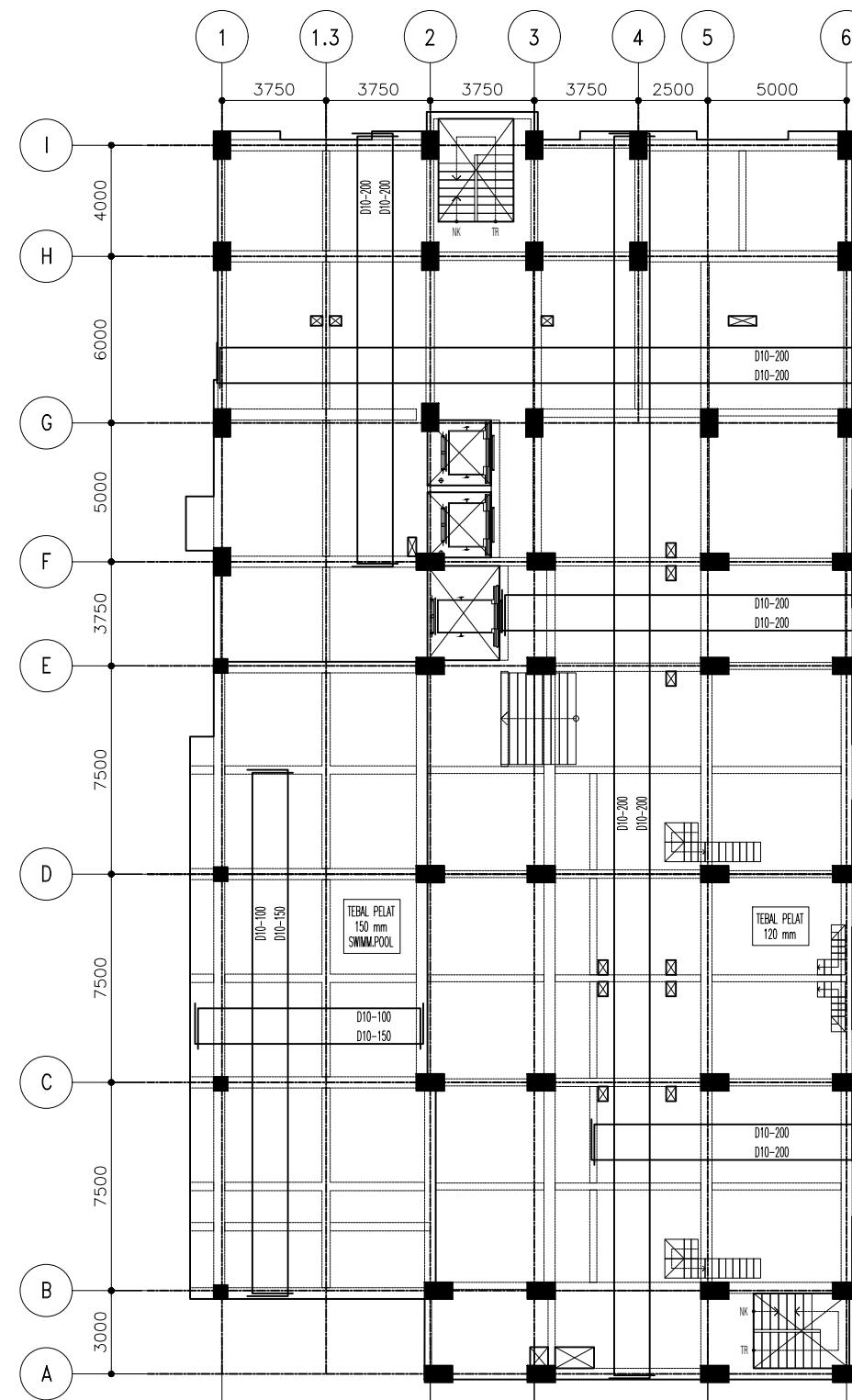
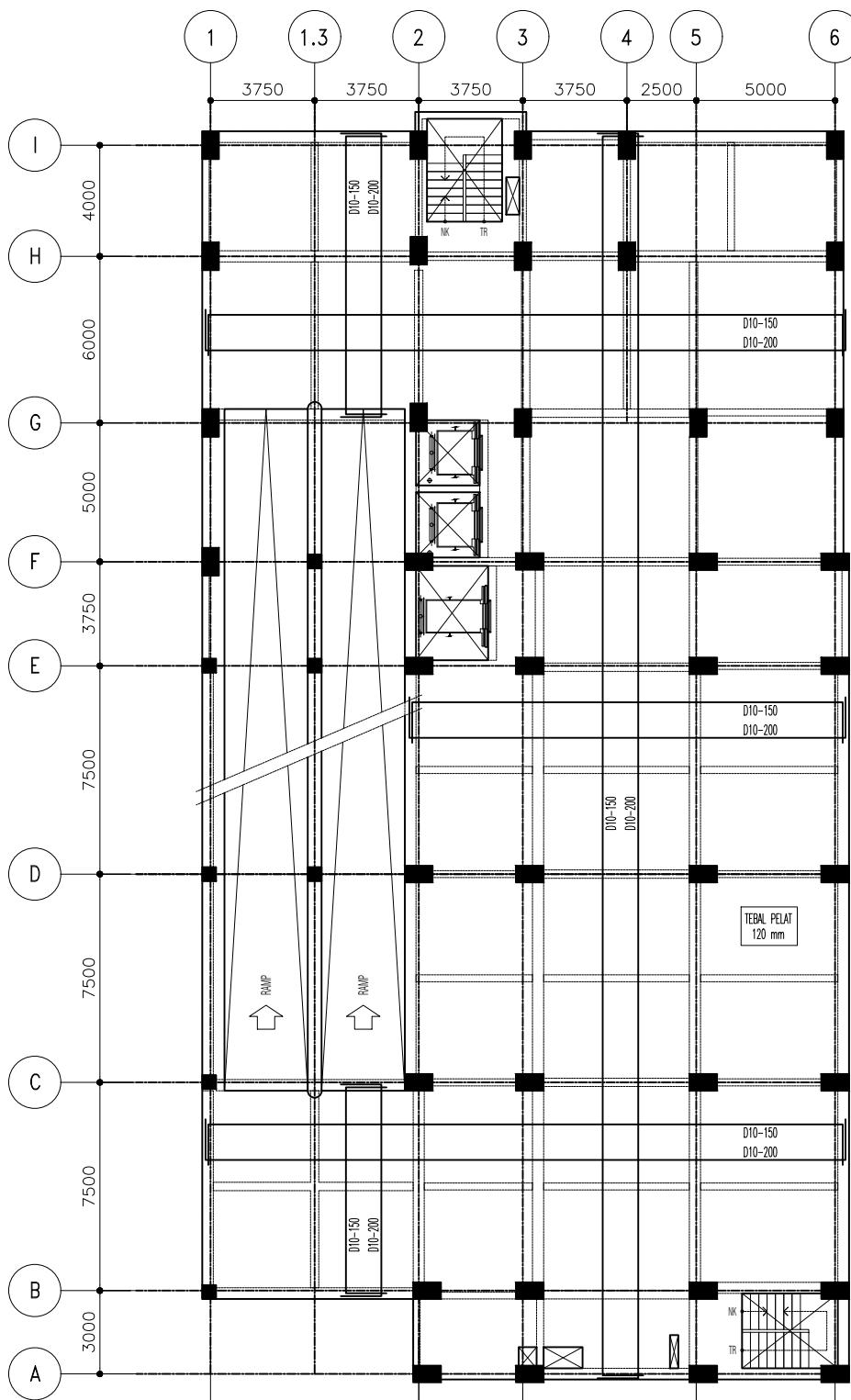
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

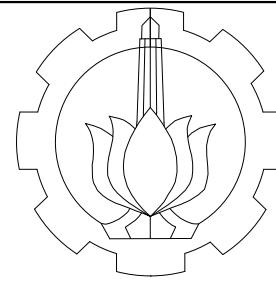
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1 : 250



| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 15 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

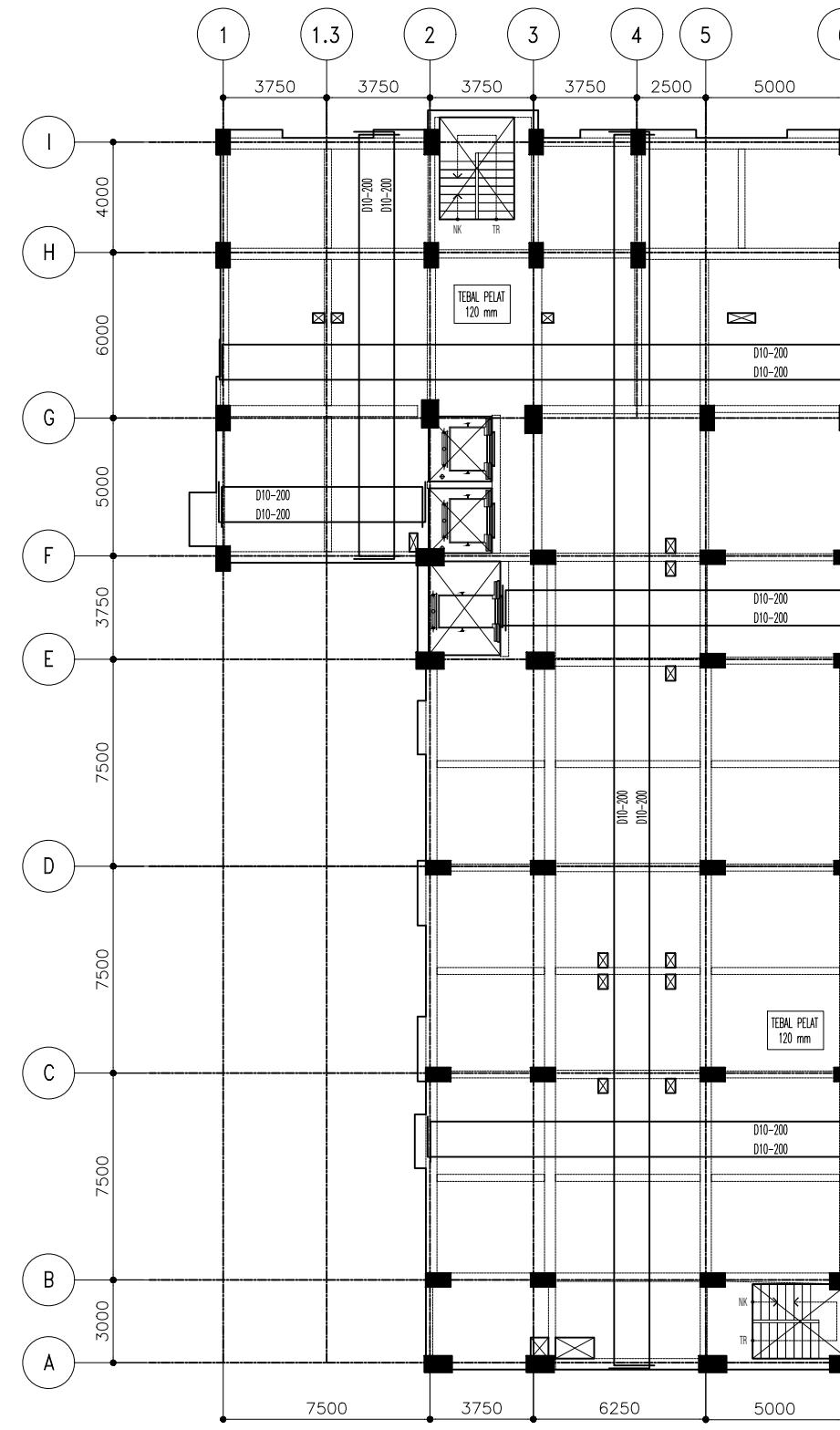
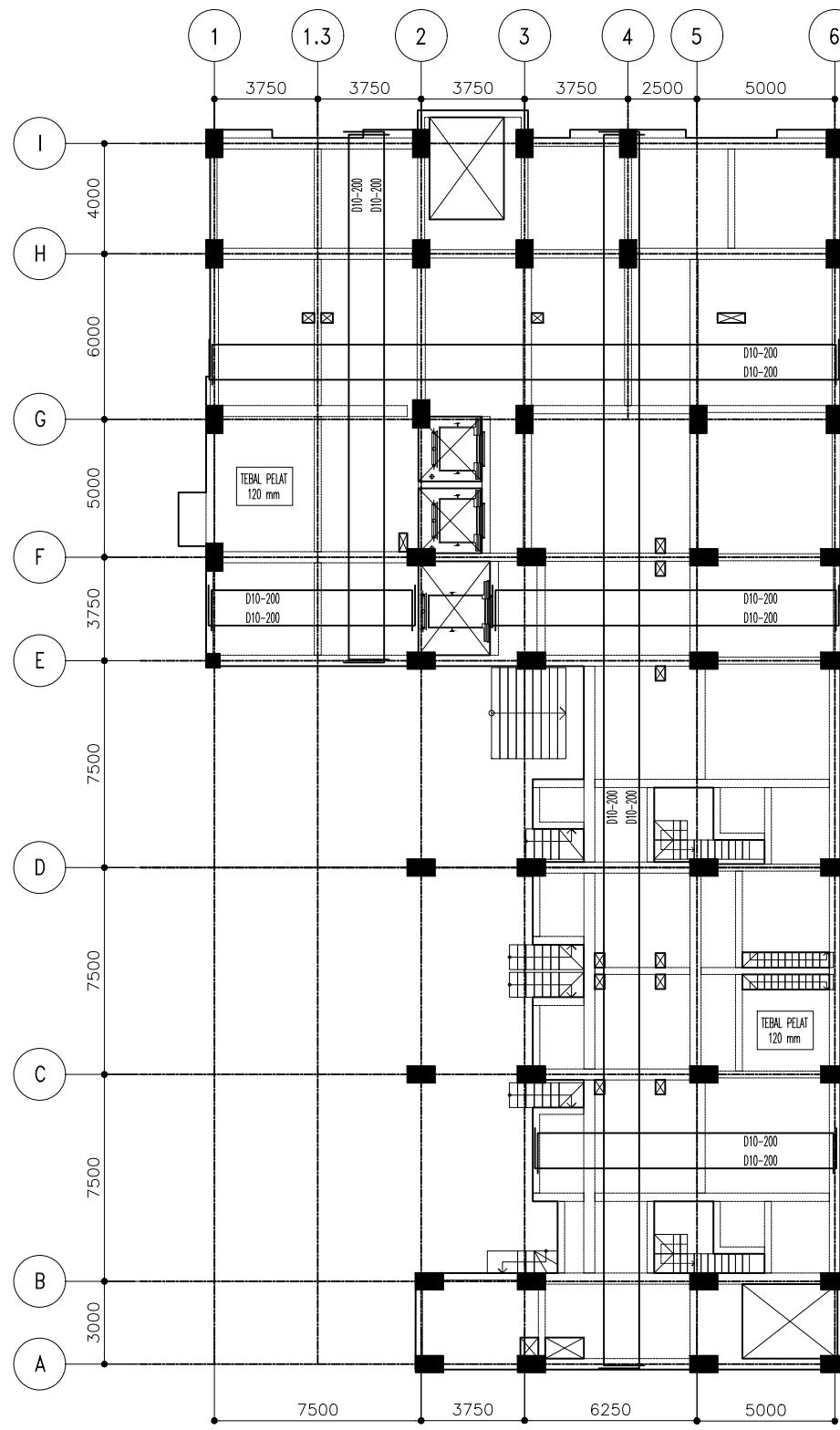
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

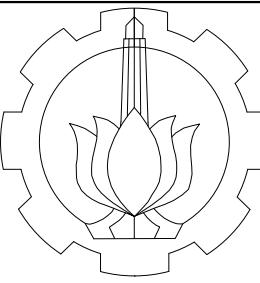
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1 : 250



| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 16 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

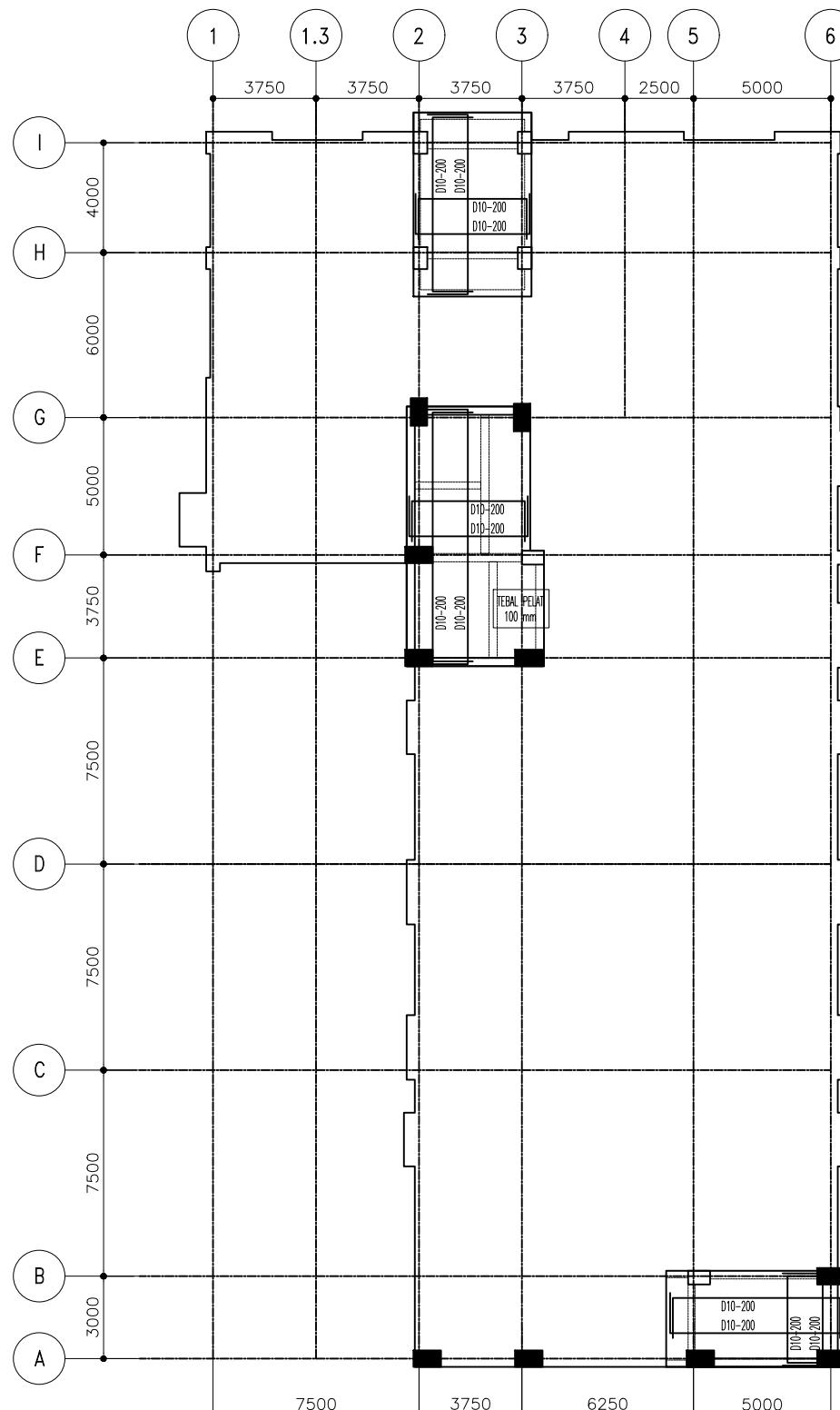
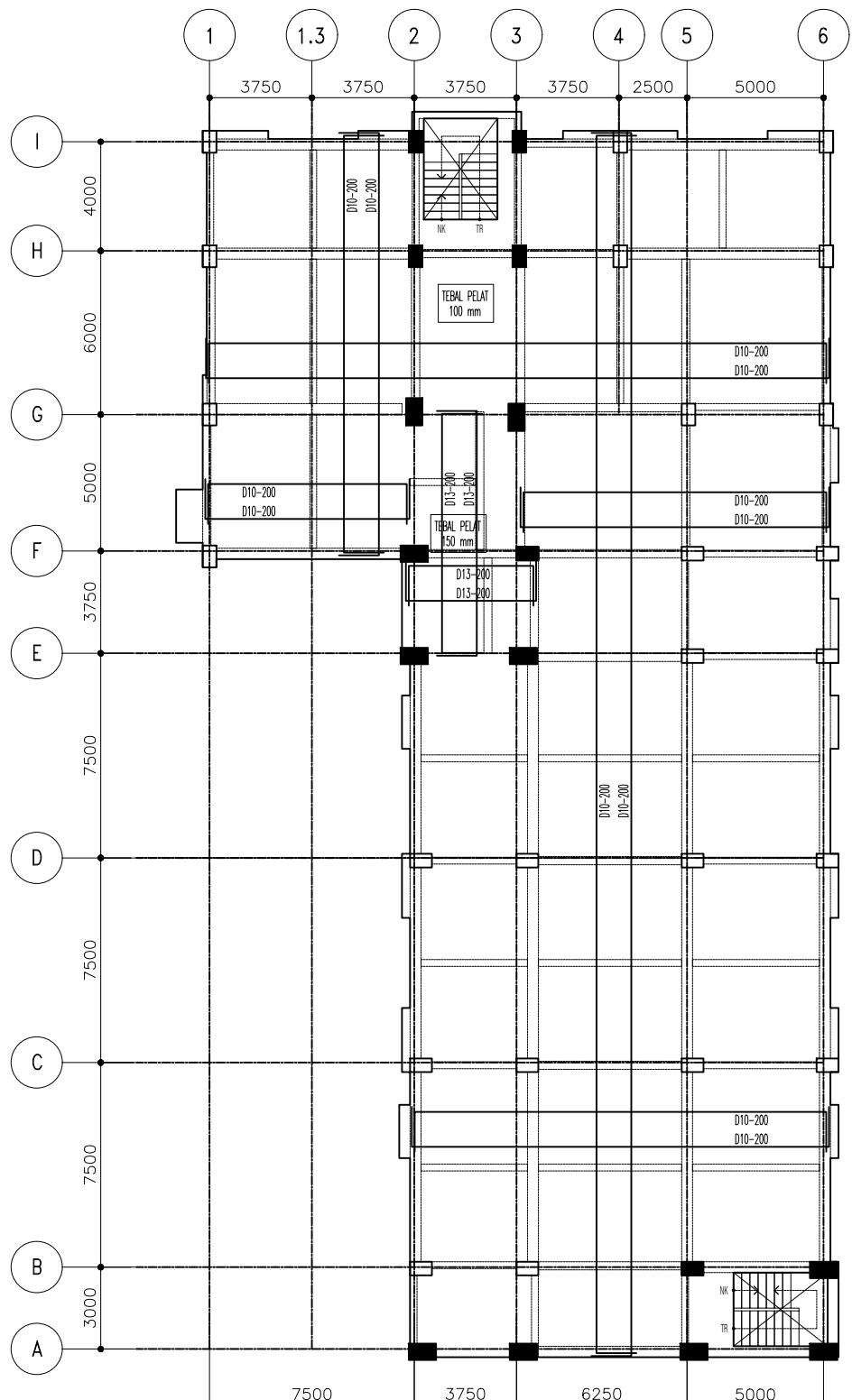
MAHASISWA

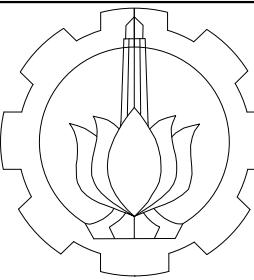
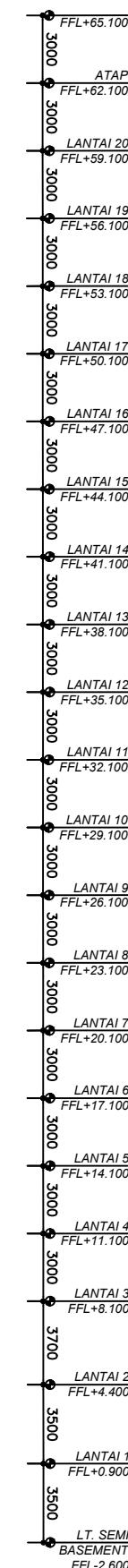
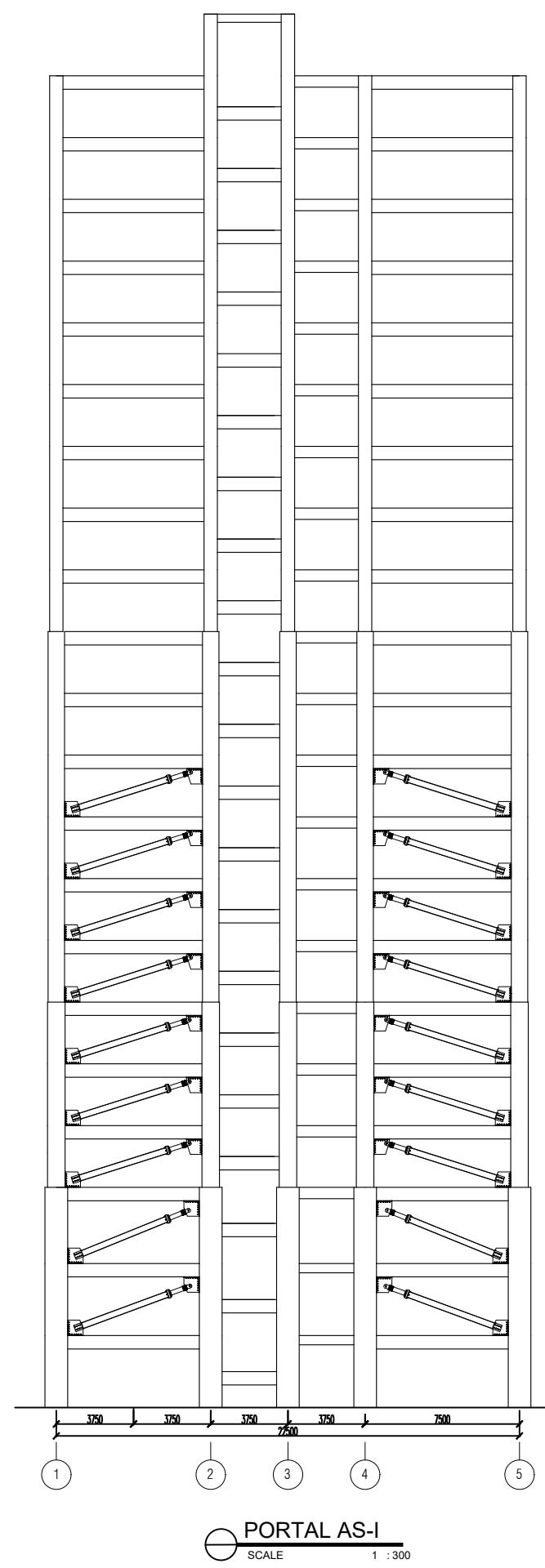
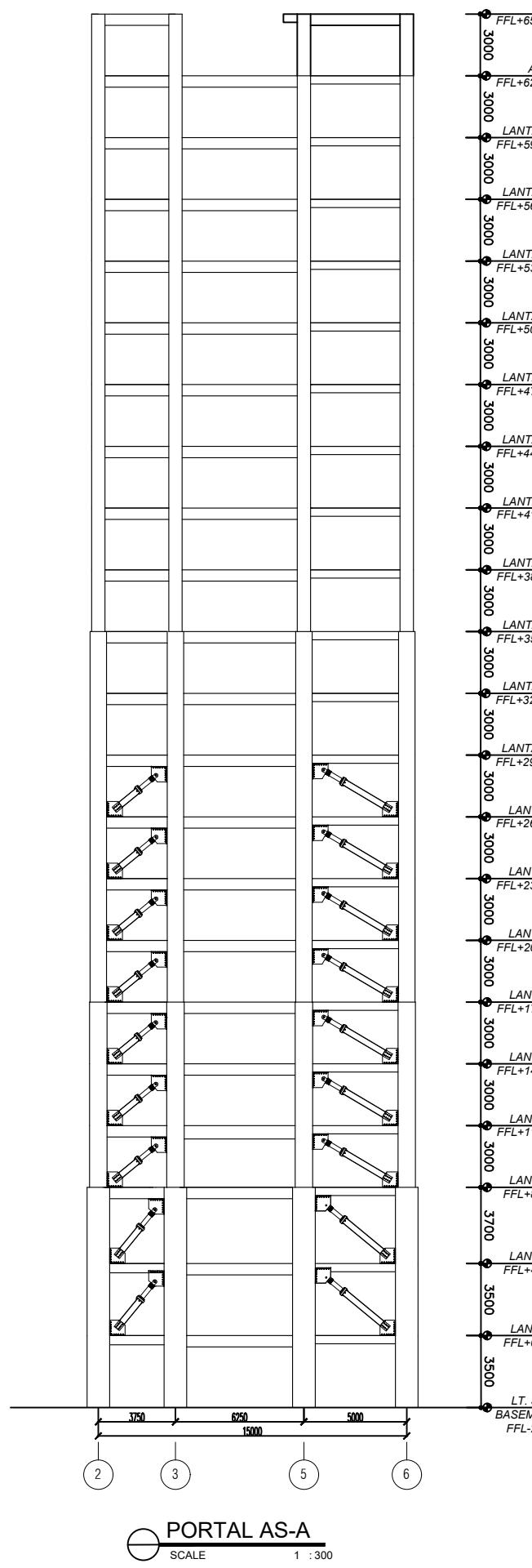
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1 : 250

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 17 | 33 |





PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
 - Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

SENARAI PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

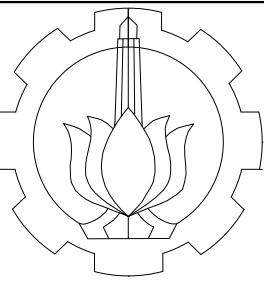
OSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA | |
|-----------------|------------|-------------|
| POTONGAN PORTAL | 1 : 300 | |
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
| STR | 18 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

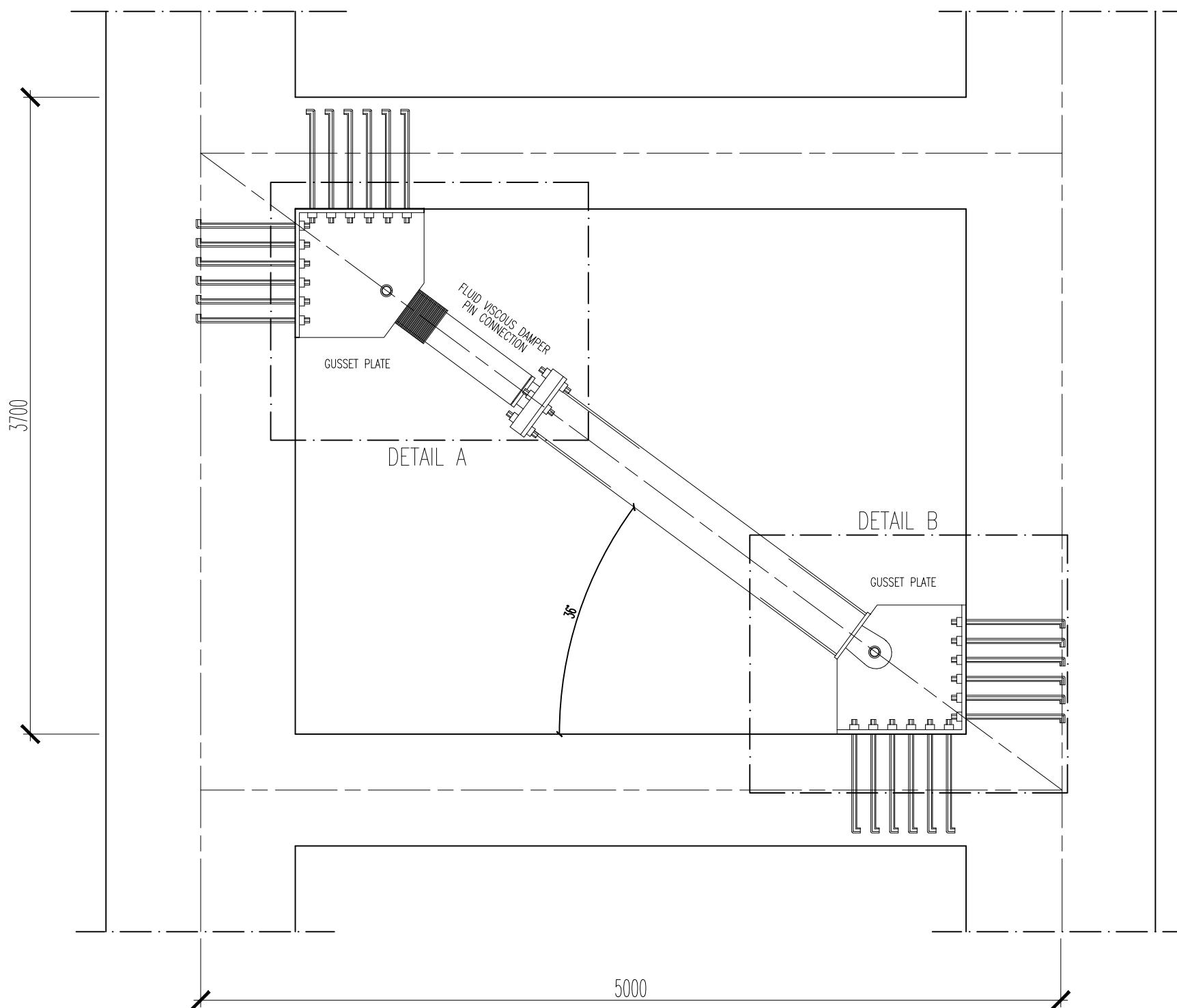
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

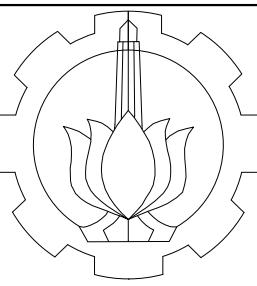
POTONGAN PORTAL 1 : 300

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
|------|------------|-------------|

| | | |
|-----|----|----|
| STR | 19 | 33 |
|-----|----|----|



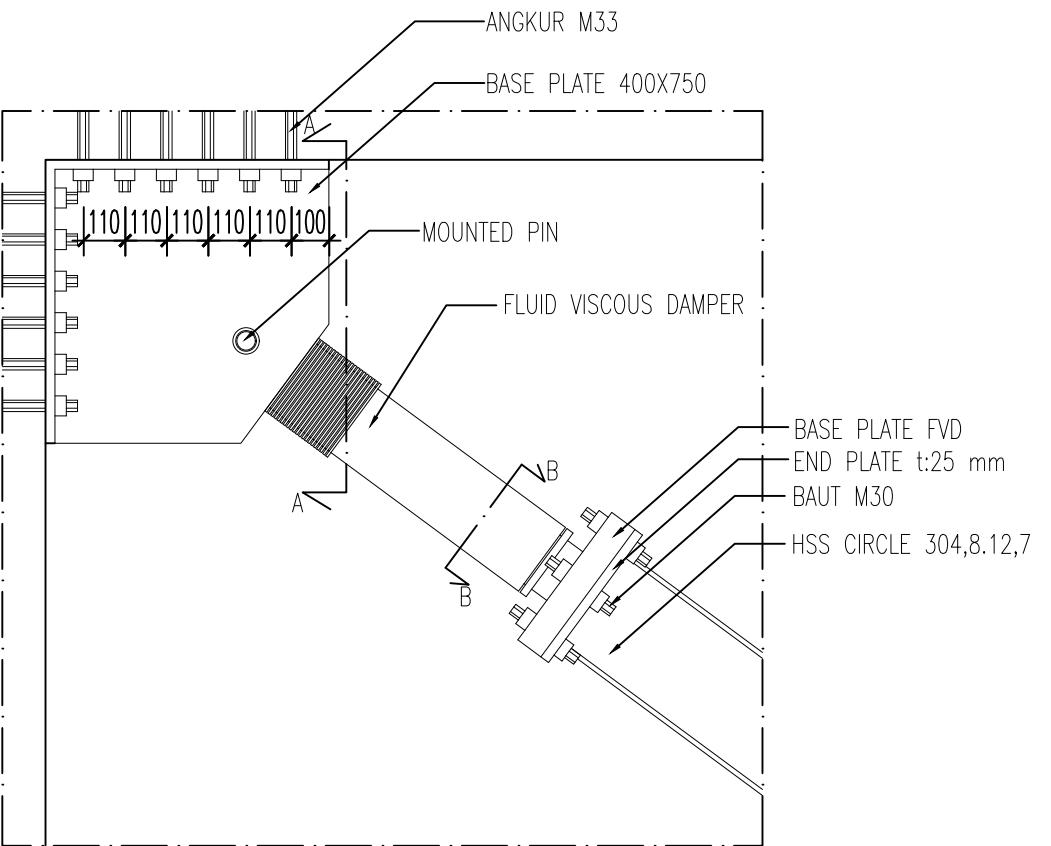
DETAIL PEMASANGAN FVD PADA AS-A
SCALE 1 : 30



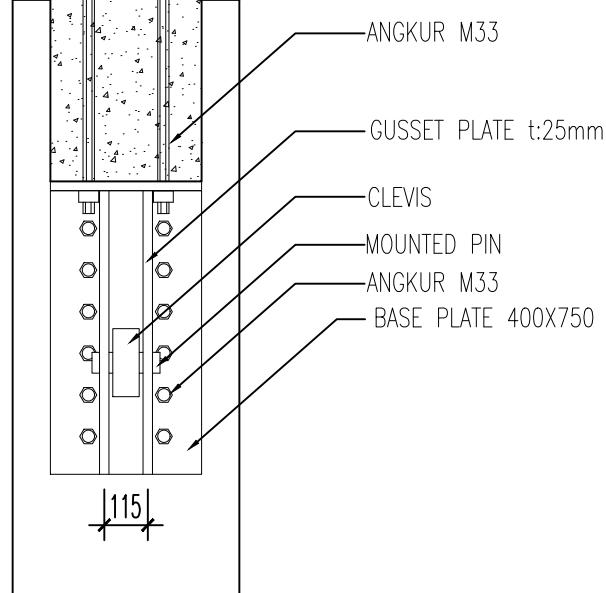
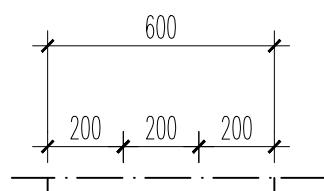
PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

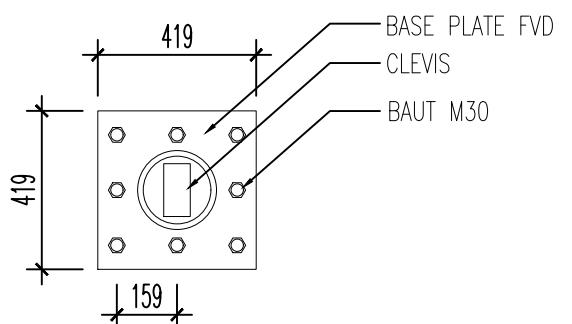
- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL A SAMBUNGAN FVD
SCALE 1 : 20



POTONGAN A-A
SCALE 1 : 20



POTONGAN B-B
SCALE 1 : 20

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

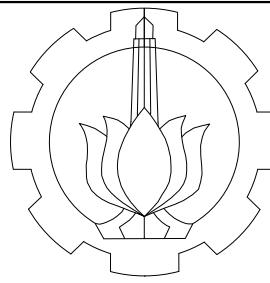
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DETAIL PEMASANGAN FVD 1 : 20

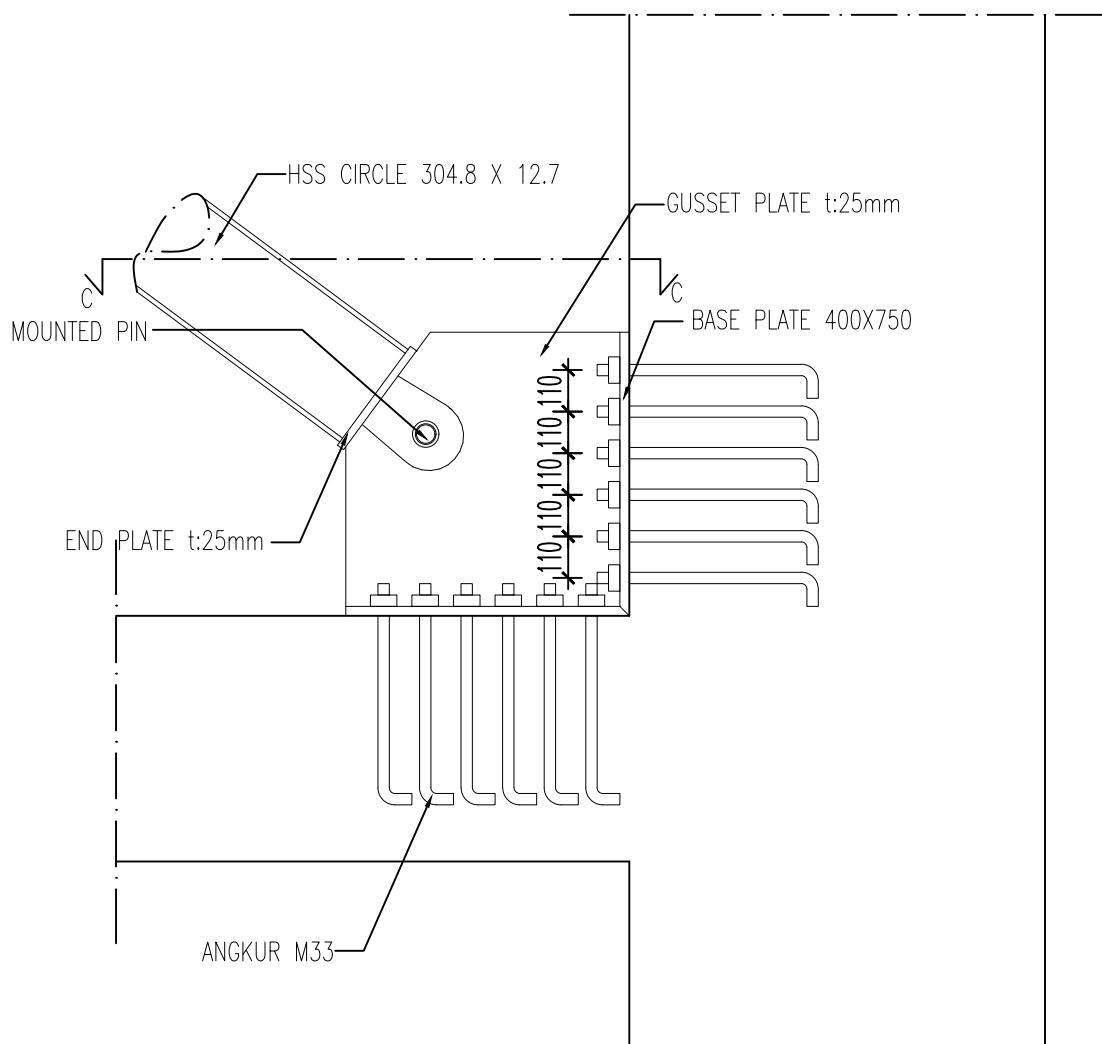
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 20 | 33 |



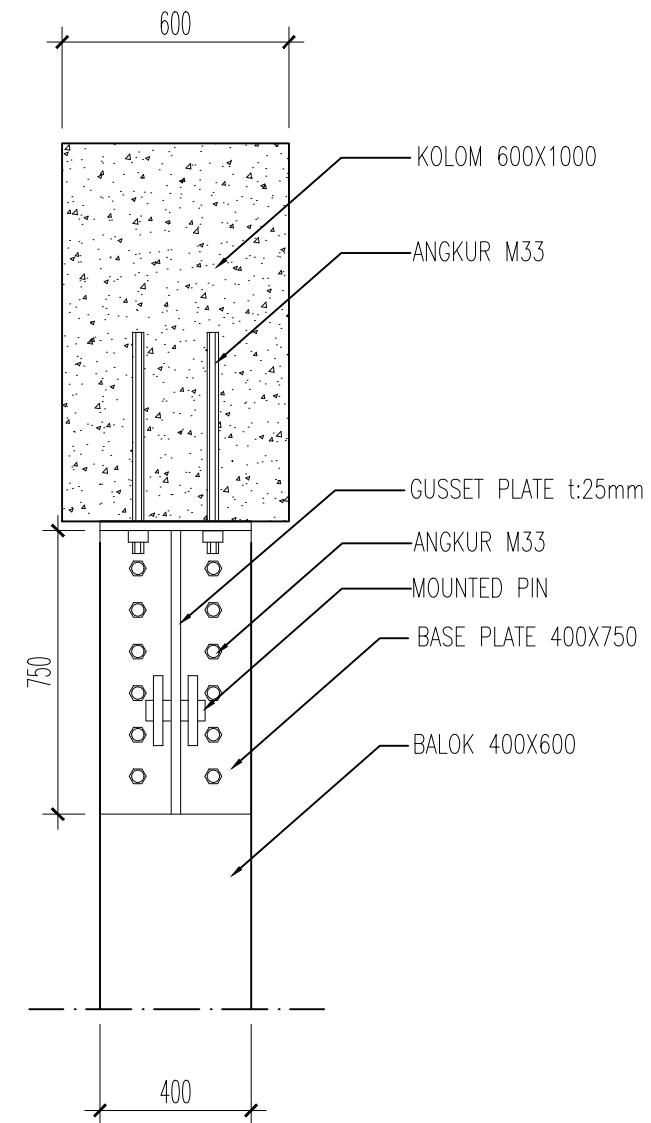
PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL B SAMBUNGAN FVD
SCALE 1 : 20



POTONGAN C-C
SCALE 1 : 20

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

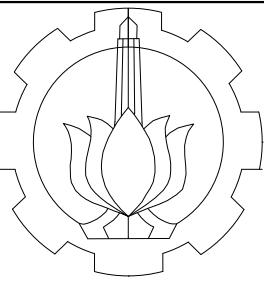
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DETAIL SAMBUNGAN FVD 1 : 20

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
|------|------------|-------------|

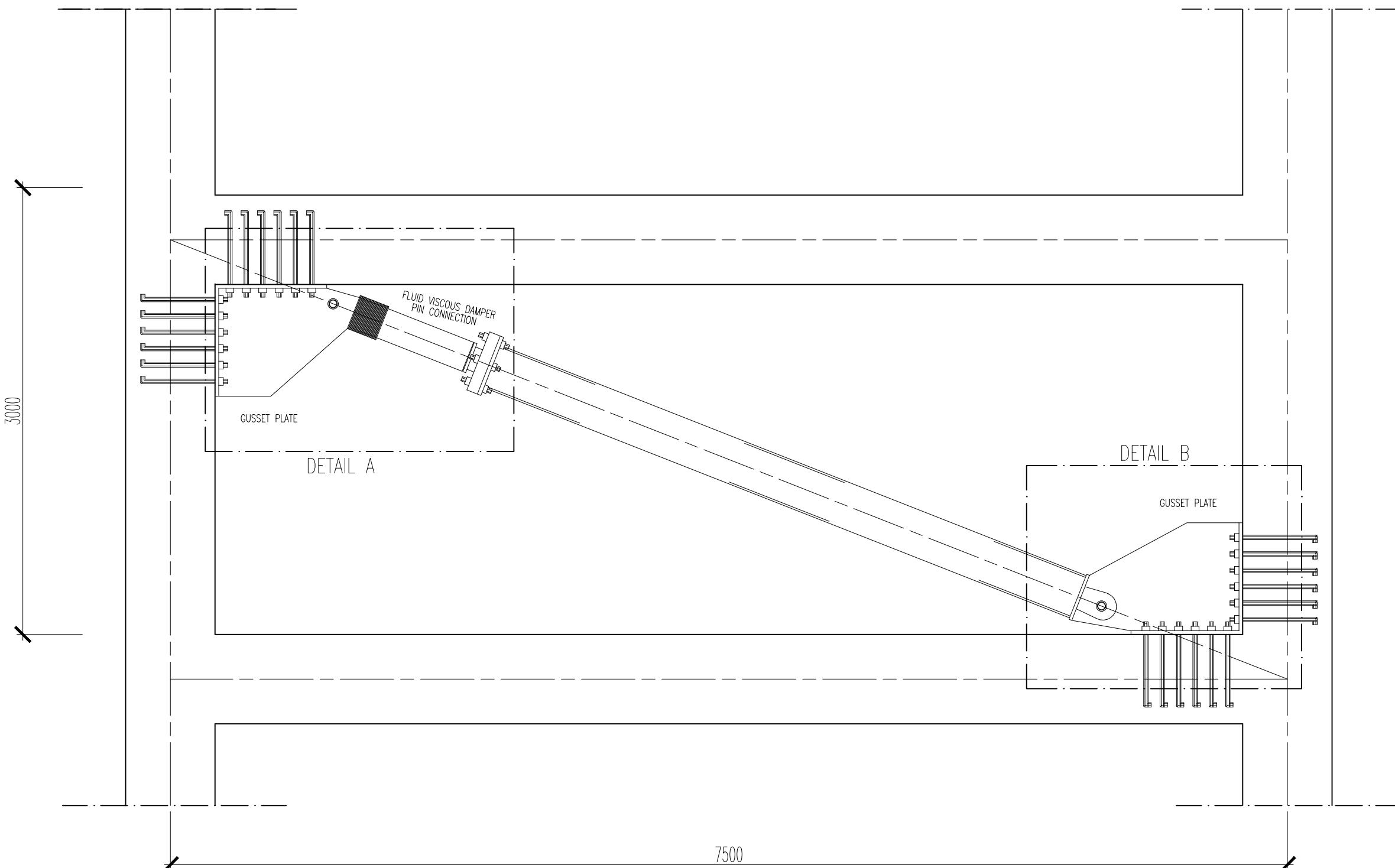
STR 21 33



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL PEMASANGAN FVD PADA AS-I
SCALE 1 : 30

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

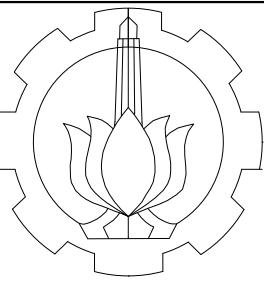
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL PEMASANGAN FVD 1 : 30

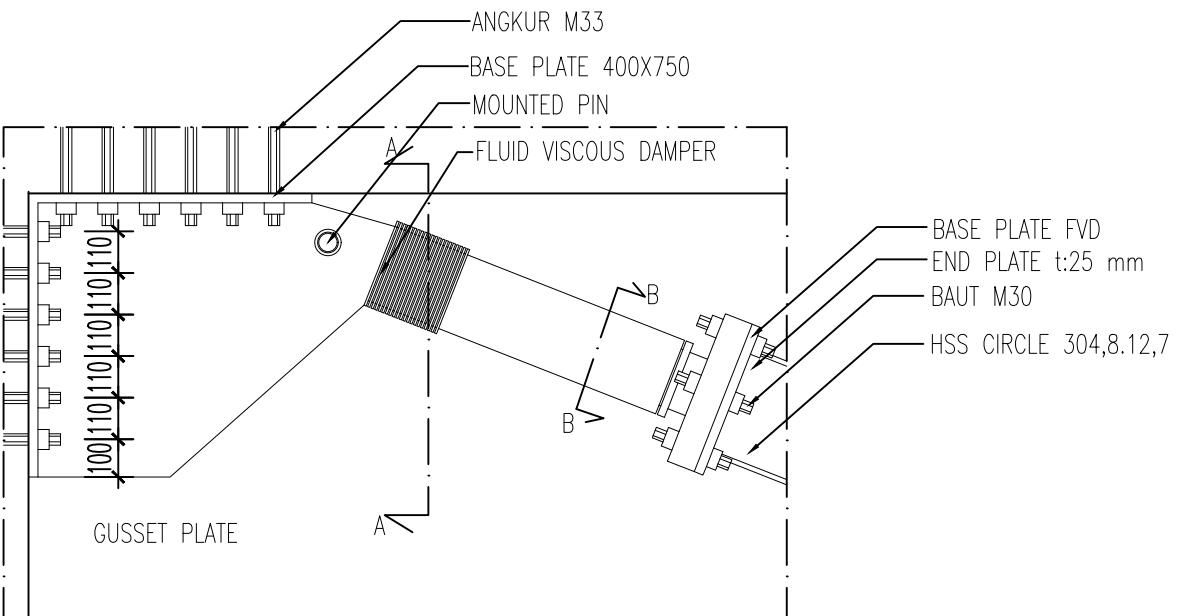
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 22 | 33 |



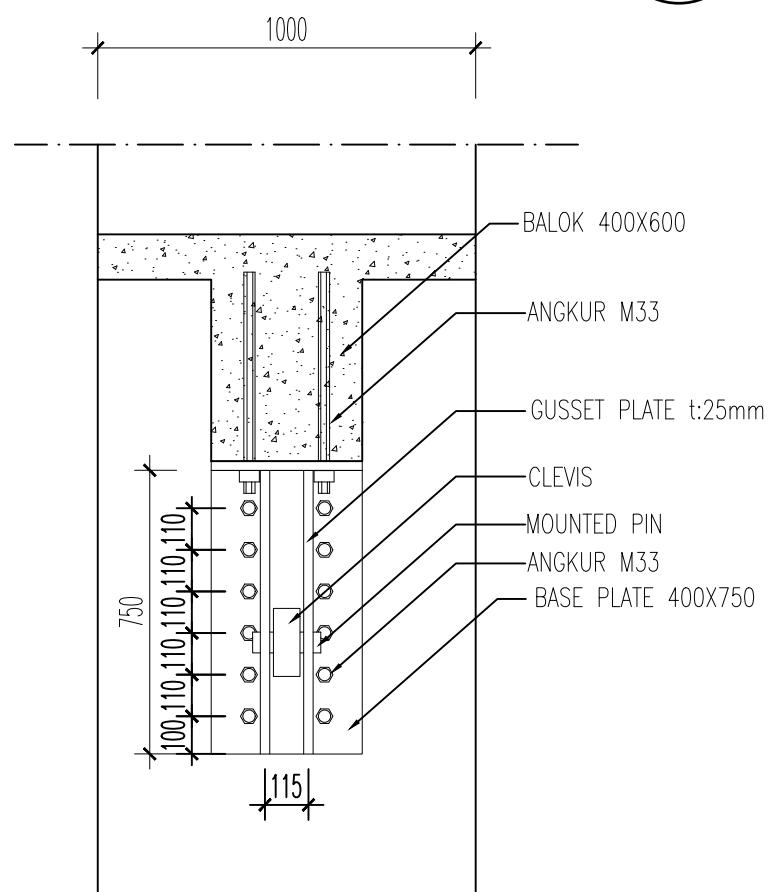
PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

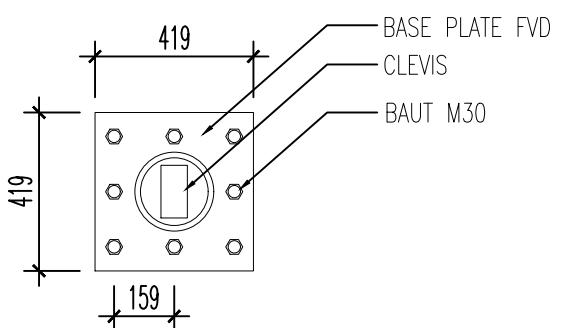
- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL A SAMBUNGAN FVD
SCALE 1 : 20



POTONGAN A-A
SCALE 1 : 20



POTONGAN B-B
SCALE 1 : 20

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

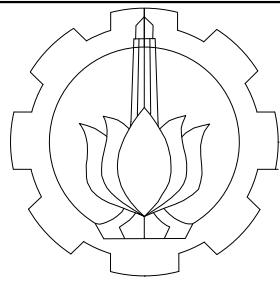
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL SAMBUNGAN FVD 1 : 20

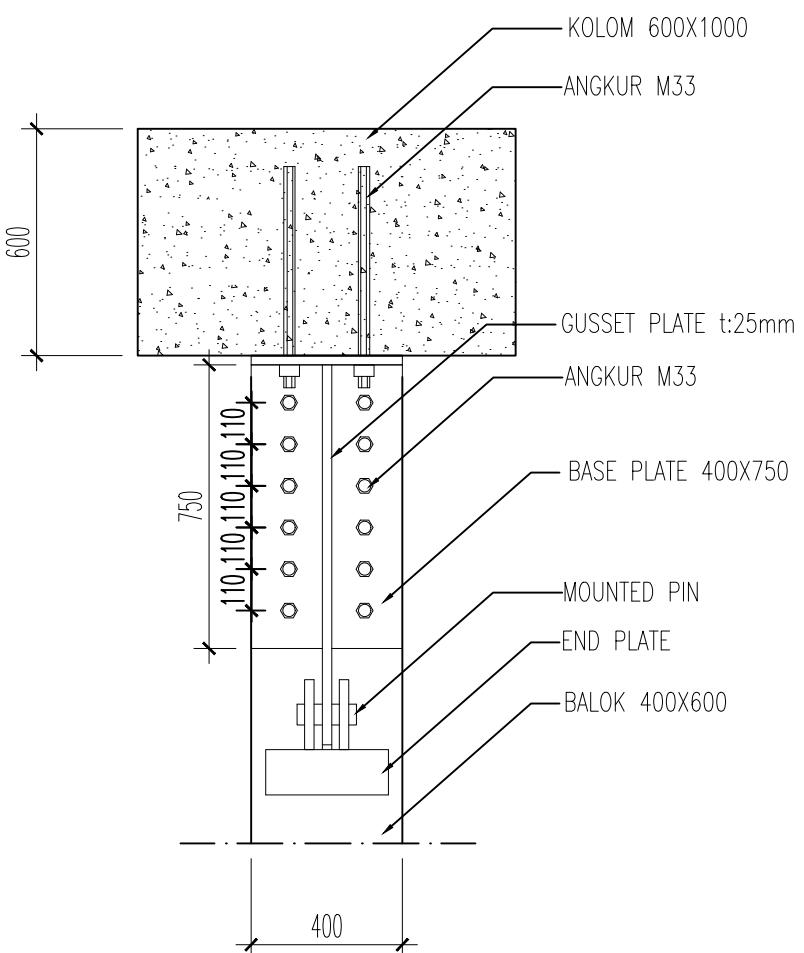
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 23 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

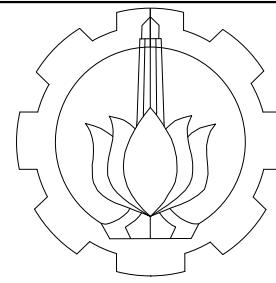
- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



POTONGAN C-C
SCALE 1 : 20

DETAIL B SAMBUNGAN FVD
SCALE 1 : 20

| NAMA PROYEK | | |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| GEDUNG APARTEMEN NAYUMI SAM TOWER JI. Ir. Soekarno Hatta, Malang. | | |
| DOSEN PEMBIMBING I | | |
| Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS. 19590209 198603 1 002 | | |
| DOSEN PEMBIMBING II | | |
| Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. 19780201 200604 2 002 | | |
| MAHASISWA | | |
| NAFI MAULA ABDULLAH NRP. 10111710010066 | | |
| JUDUL GAMBAR | SKALA | |
| DETAIL SAMBUNGAN FVD | 1 : 20 | |
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
| STR | 24 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton:
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

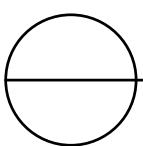
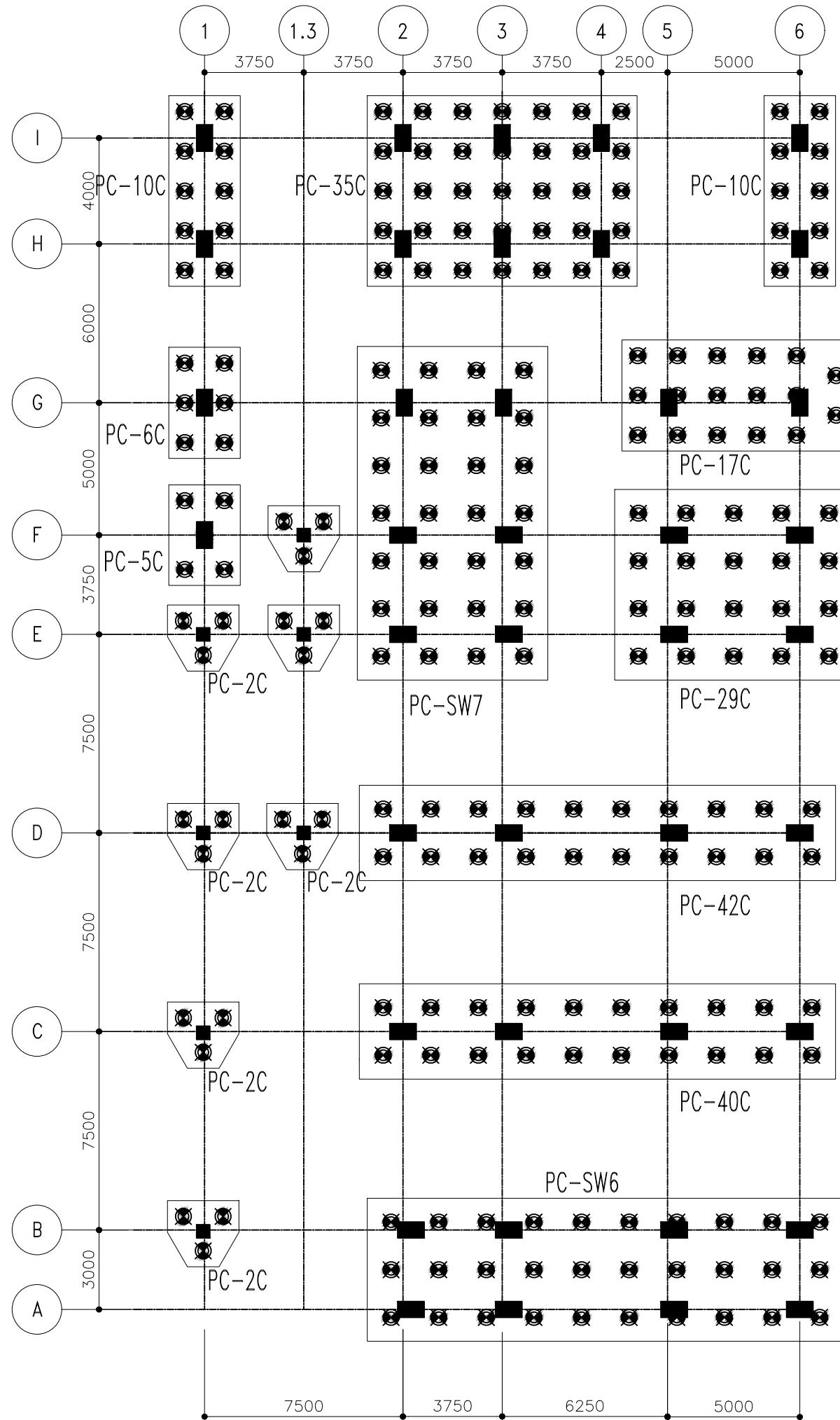
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

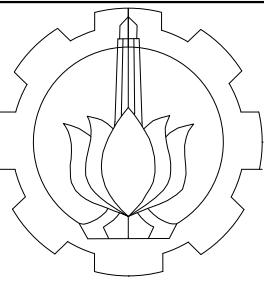
DENAH PONDASI & PILECAP 1 : 200

KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR 25 33



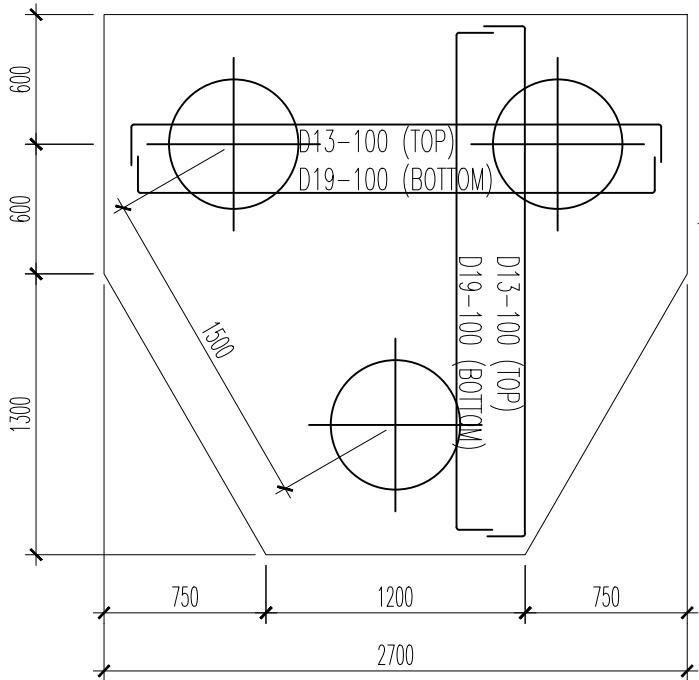
DENAH PONDASI & PILECAP
SCALE 1 : 200



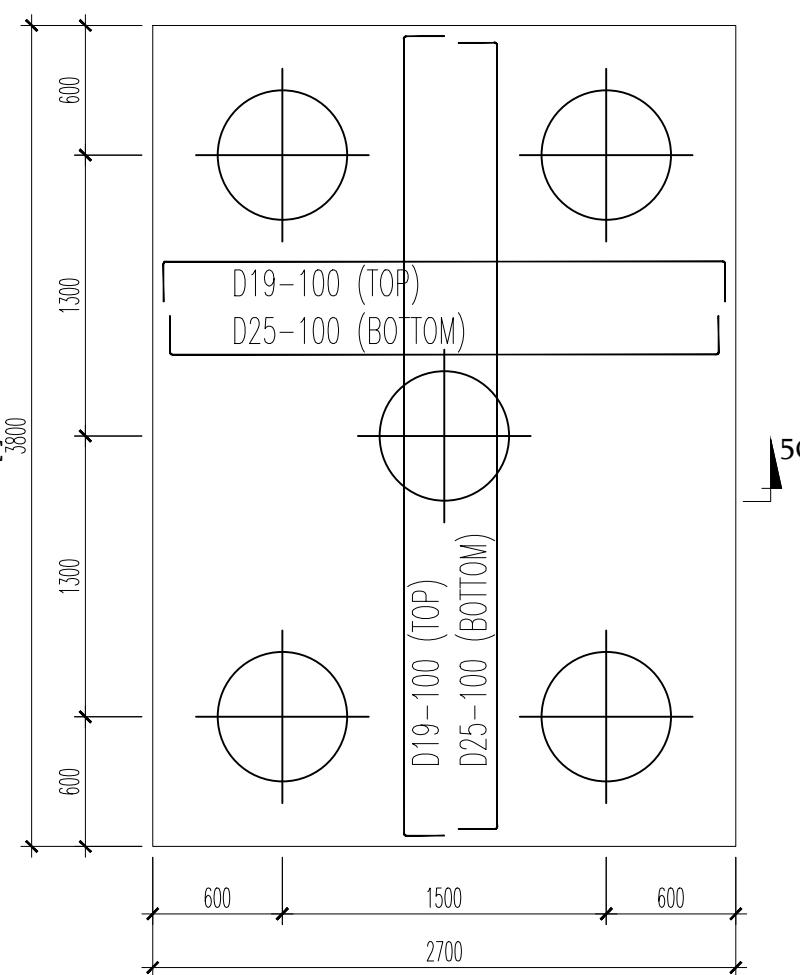
PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

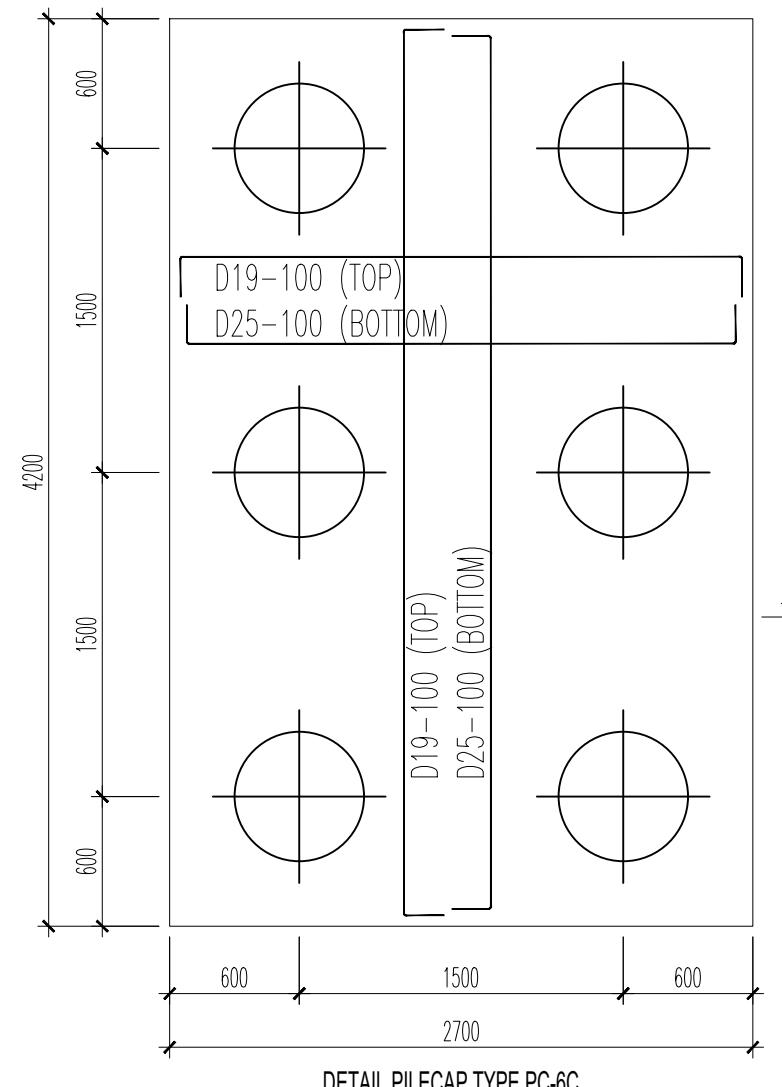
- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



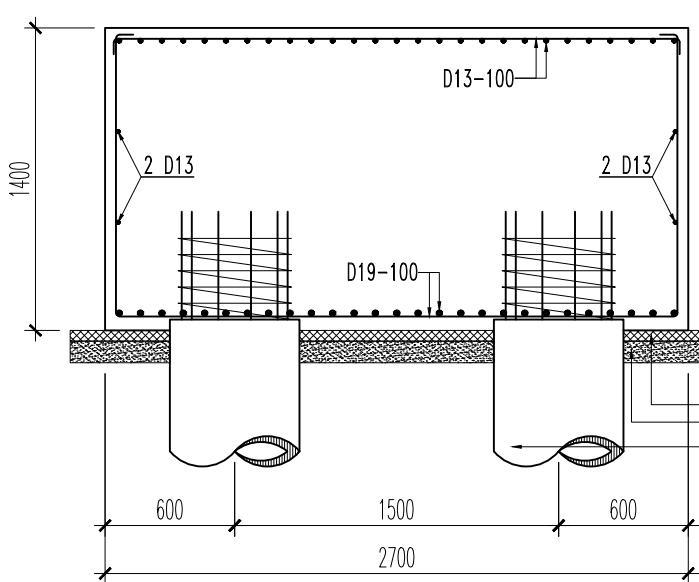
DETAIL PILECAP TYPE PC-2C



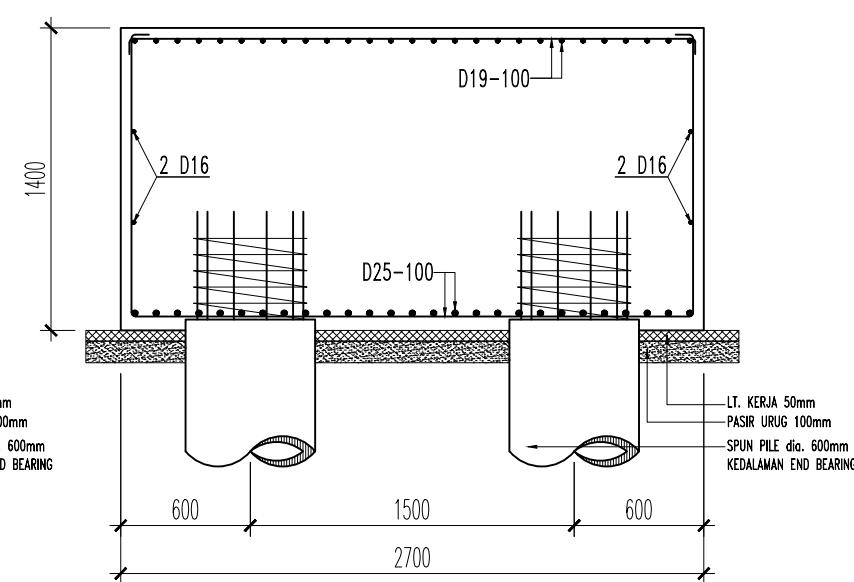
DETAIL PILECAP TYPE PC-5C



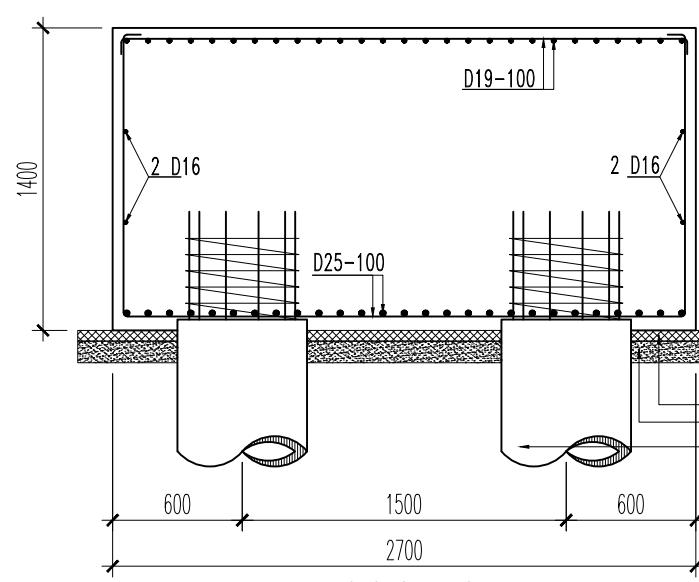
DETAIL PILECAP TYPE PC-6C



POTONGAN-2C



POTONGAN-5C



POTONGAN-6C

NAMA PROYEK
GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

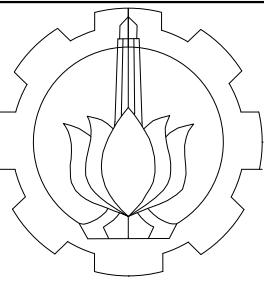
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DETAIL PONDASI & PILECAP 1 : 35

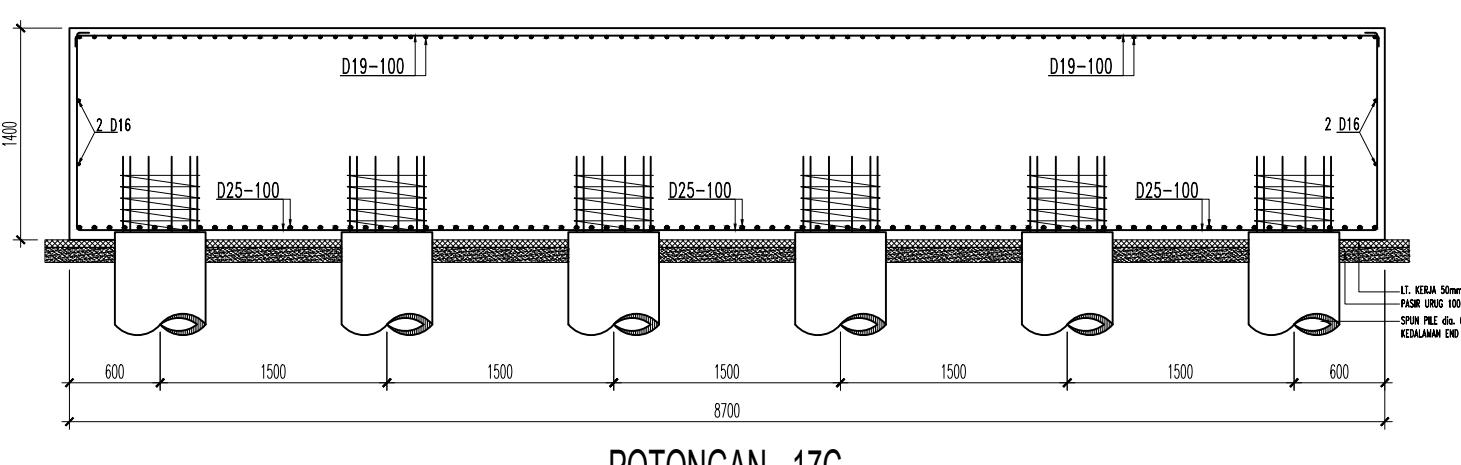
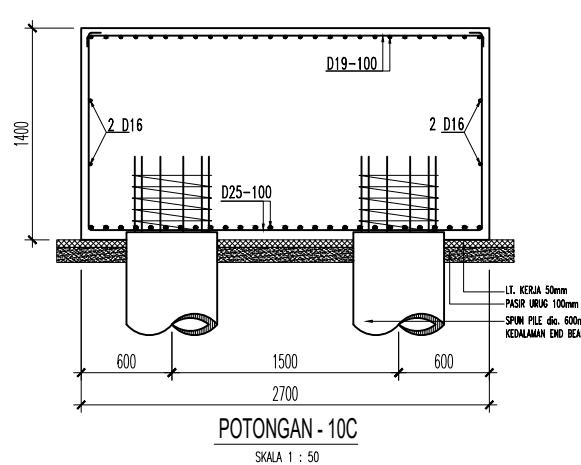
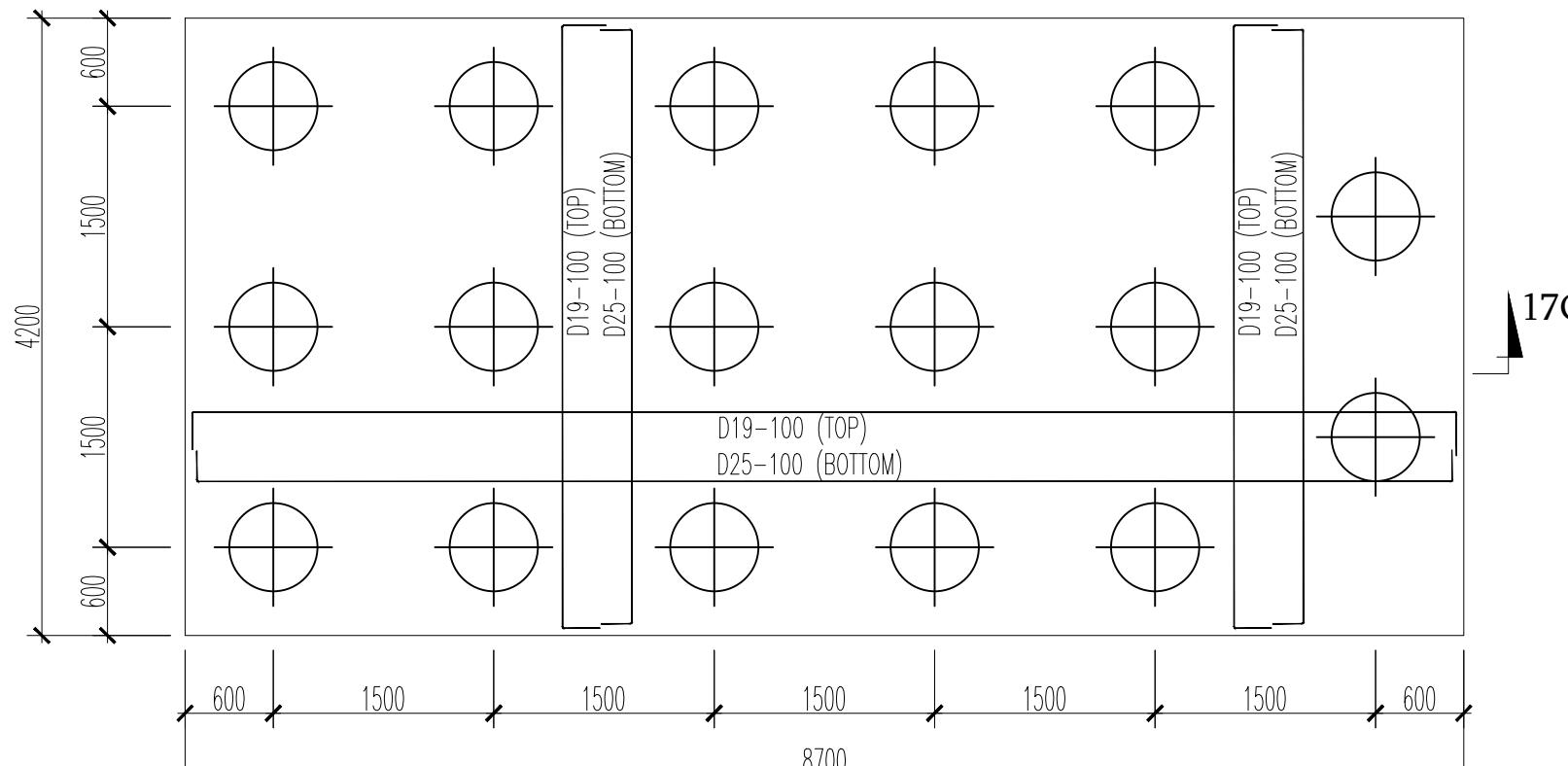
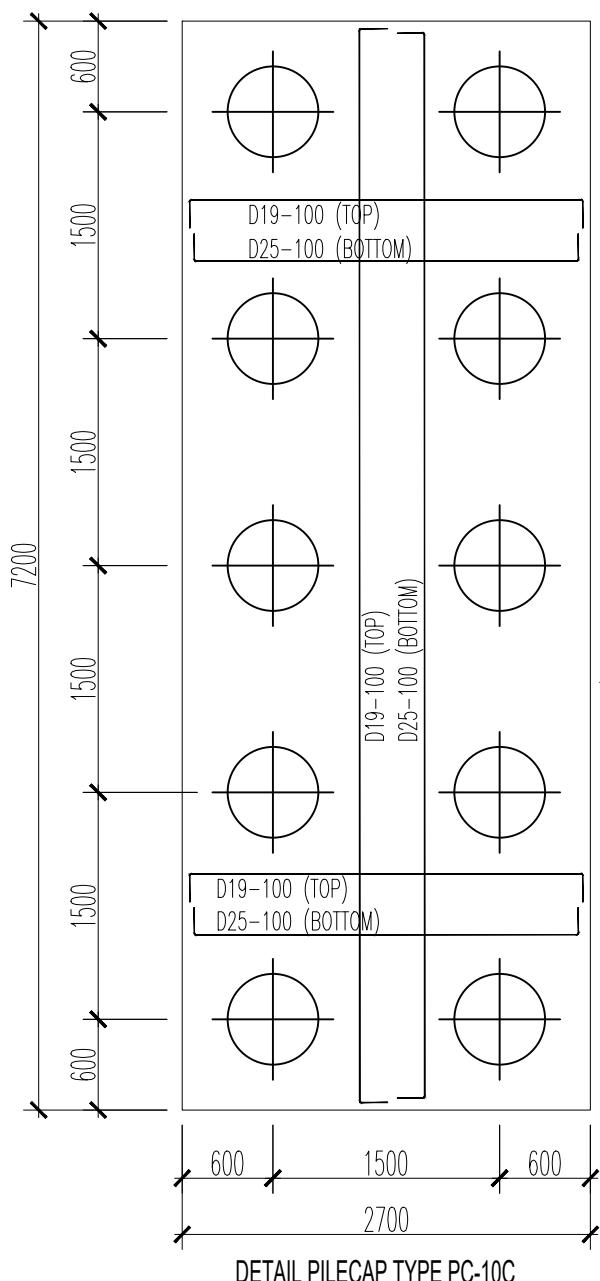
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 26 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : fy 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : fy 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: fc' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : fc' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



NAMA PROYEK
GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
JI. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

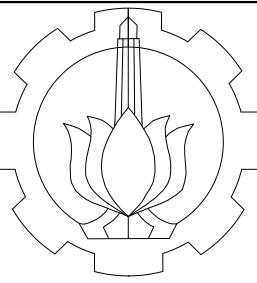
DOSEN PEMBIMBING I
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR **SKALA**
DETAIL PONDASI & PILECAP 1 : 50

| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 27 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

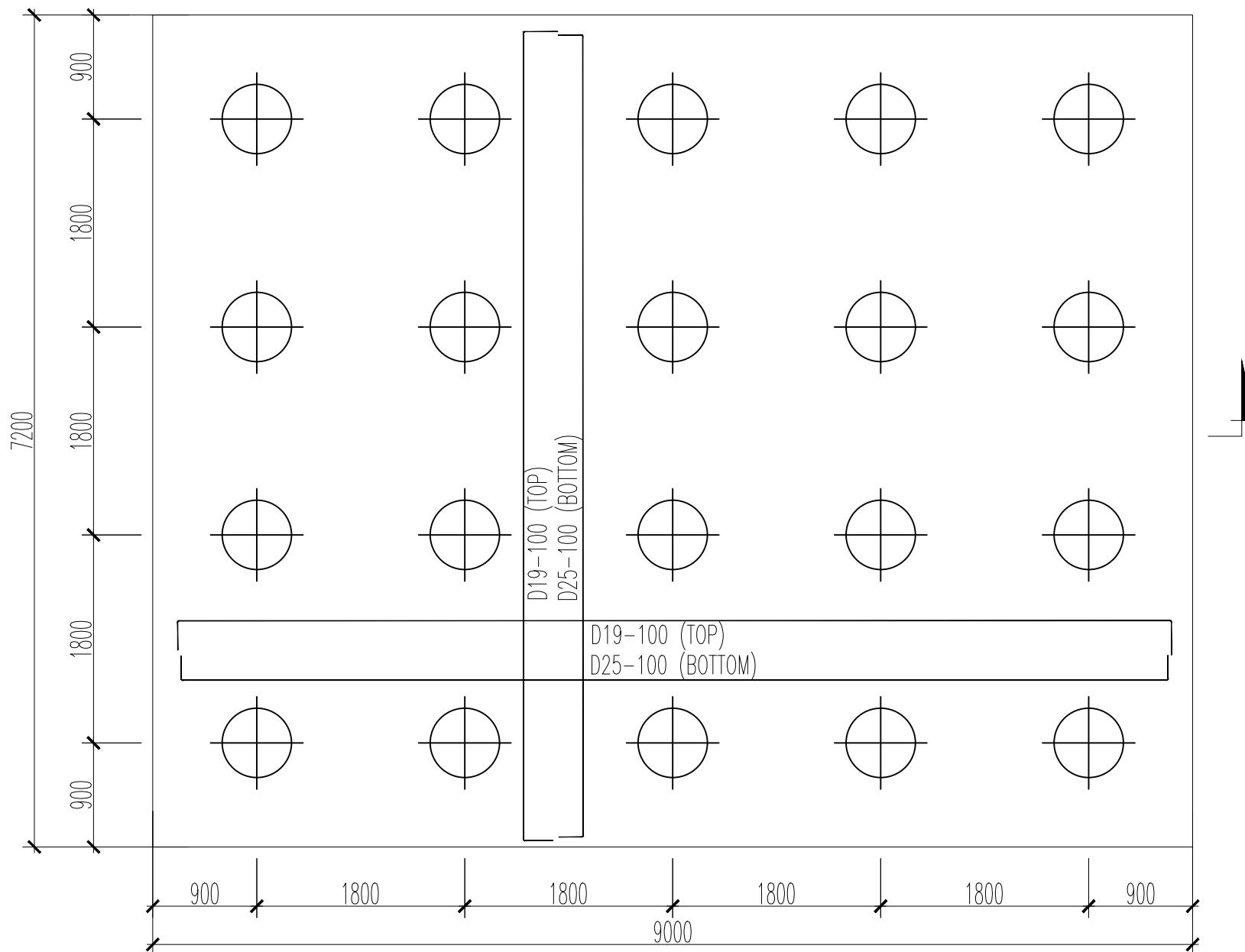
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

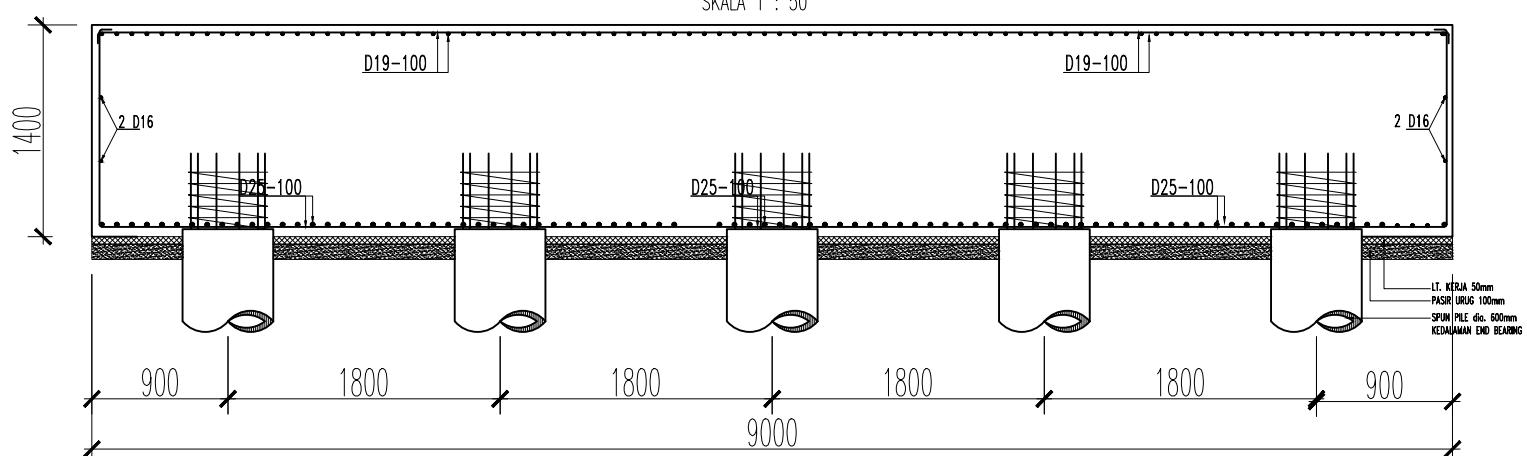
| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------|-------|
|--------------|-------|

DETAIL PONDASI & PILECAP 1 : 50



DETAIL PILECAP TYPE PC-29C

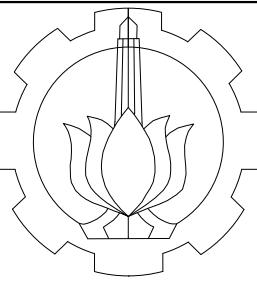
SKALA 1 : 50



POTONGAN - 29C

SKALA 1 : 50

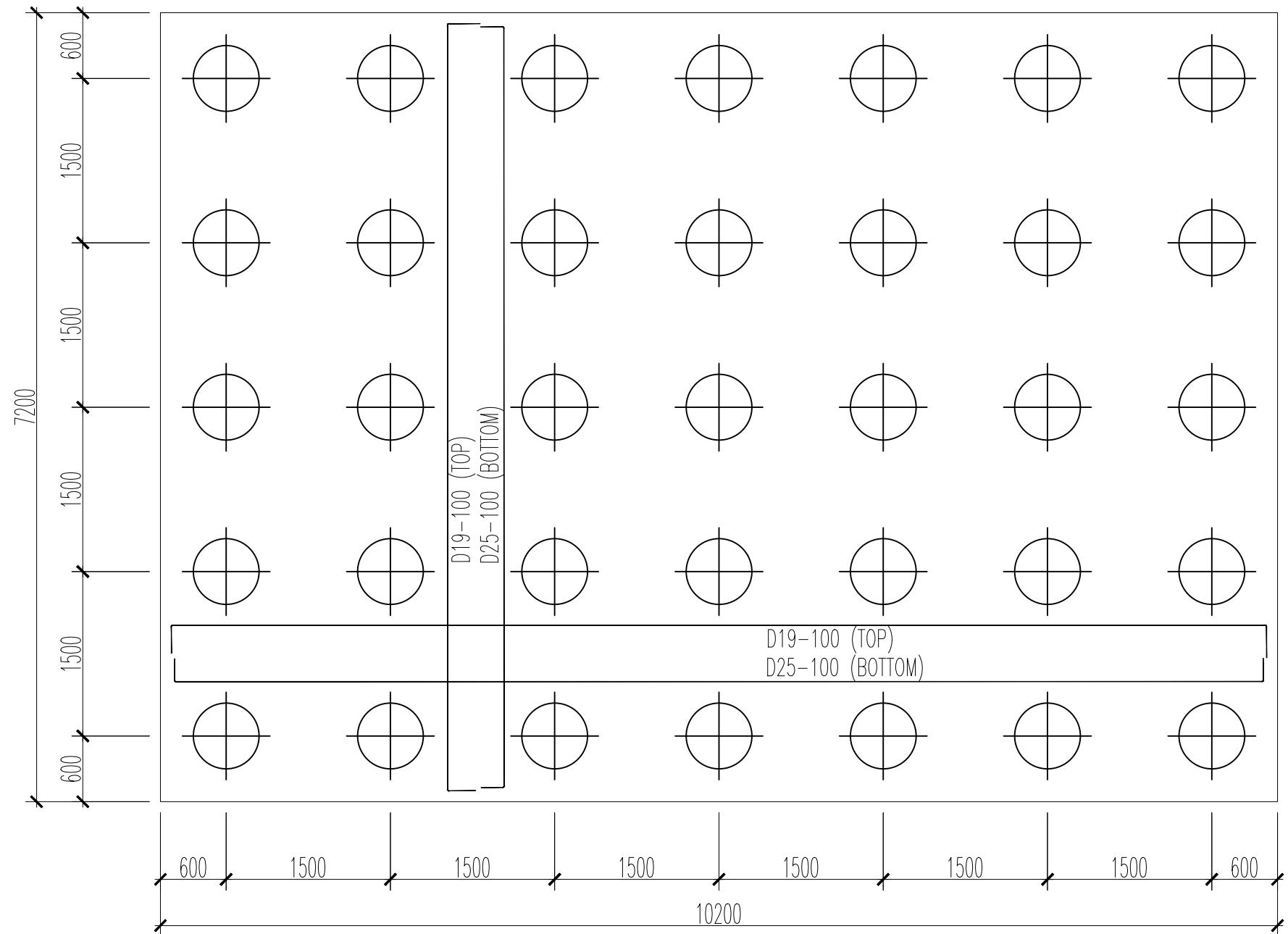
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 28 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

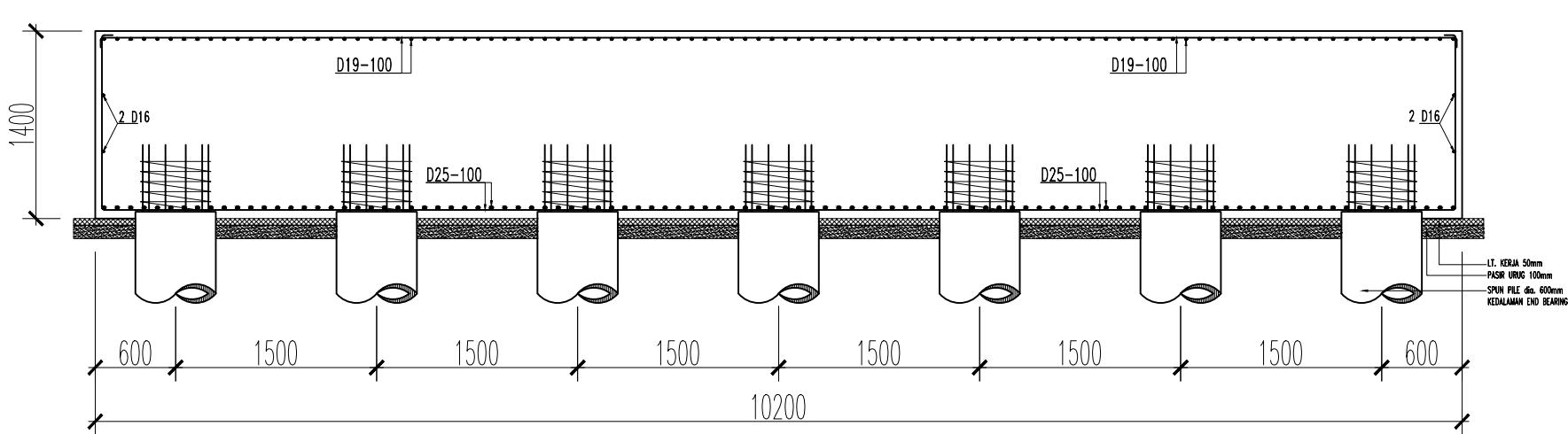
KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton:
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL PILECAP TYPE PC-35C

SKALA 1 : 50



POTONGAN - 35C

SKALA 1 : 50

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
JI. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

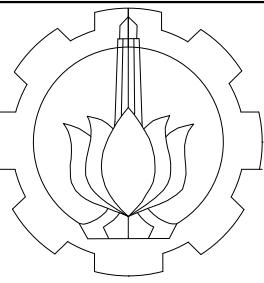
JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL PONDASI & PILECAP

1 : 50

KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

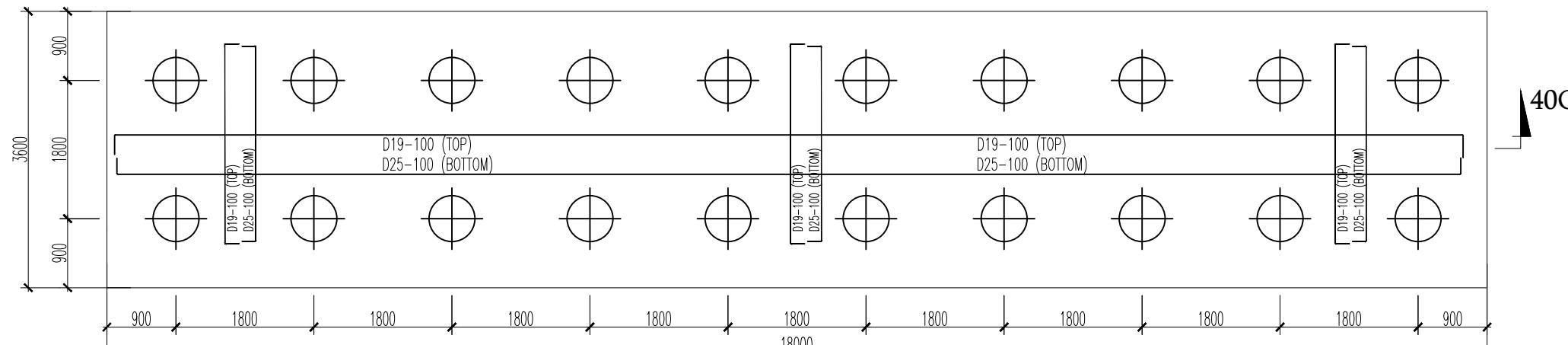
STR 29 33



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

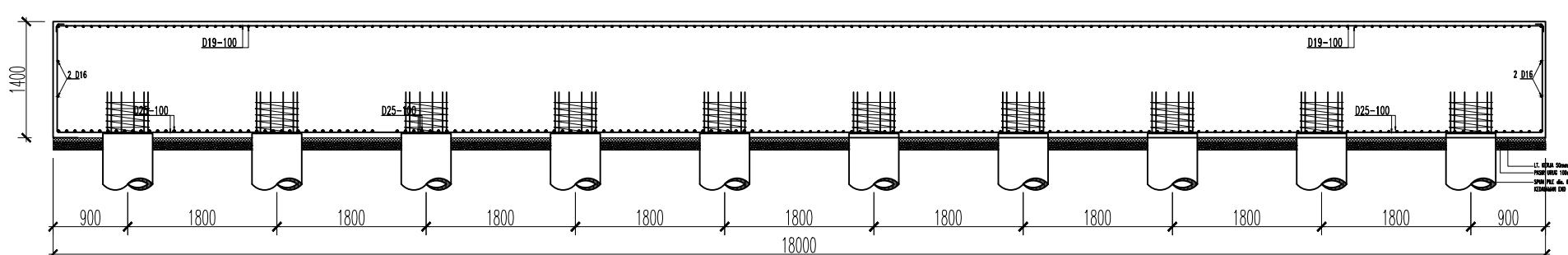
KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL PILECAP TYPE PC-40C

SKALA 1 : 75



POTONGAN - 40C

SKALA 1 : 75

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

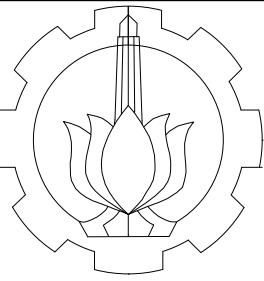
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

| JUDUL GAMBAR | SKALA |
|--------------------------|--------|
| DETAIL PONDASI & PILECAP | 1 : 75 |

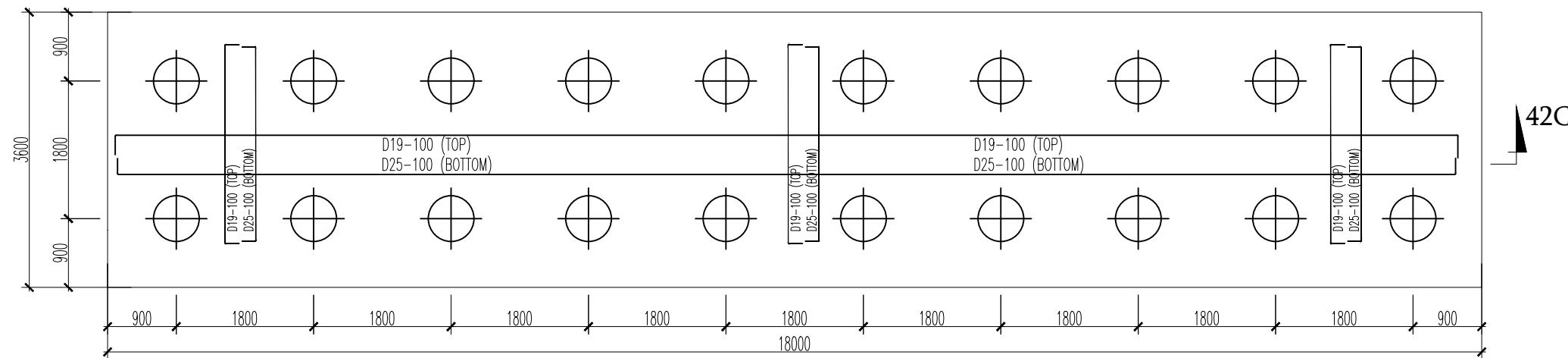
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 30 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

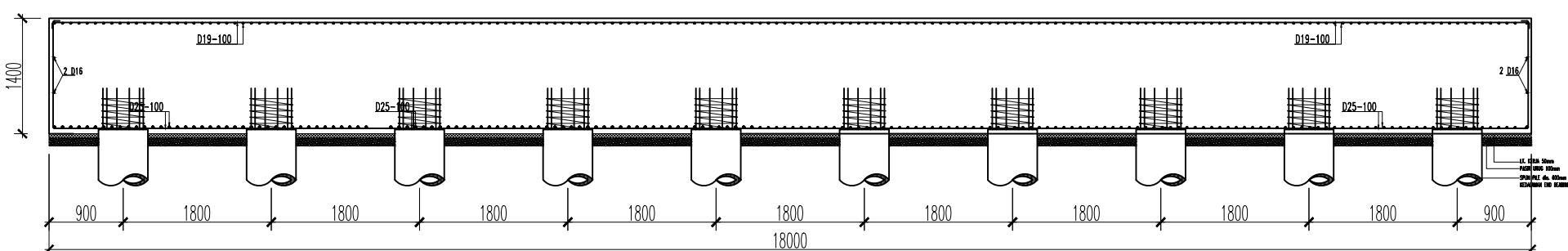
KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL PILECAP TYPE PC-42C

SKALA 1 : 75



POTONGAN - 42C

SKALA 1 : 75

NAMA PROYEK
GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

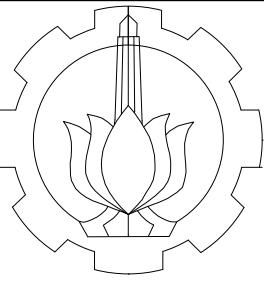
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL PONDASI & PILECAP 1 : 75

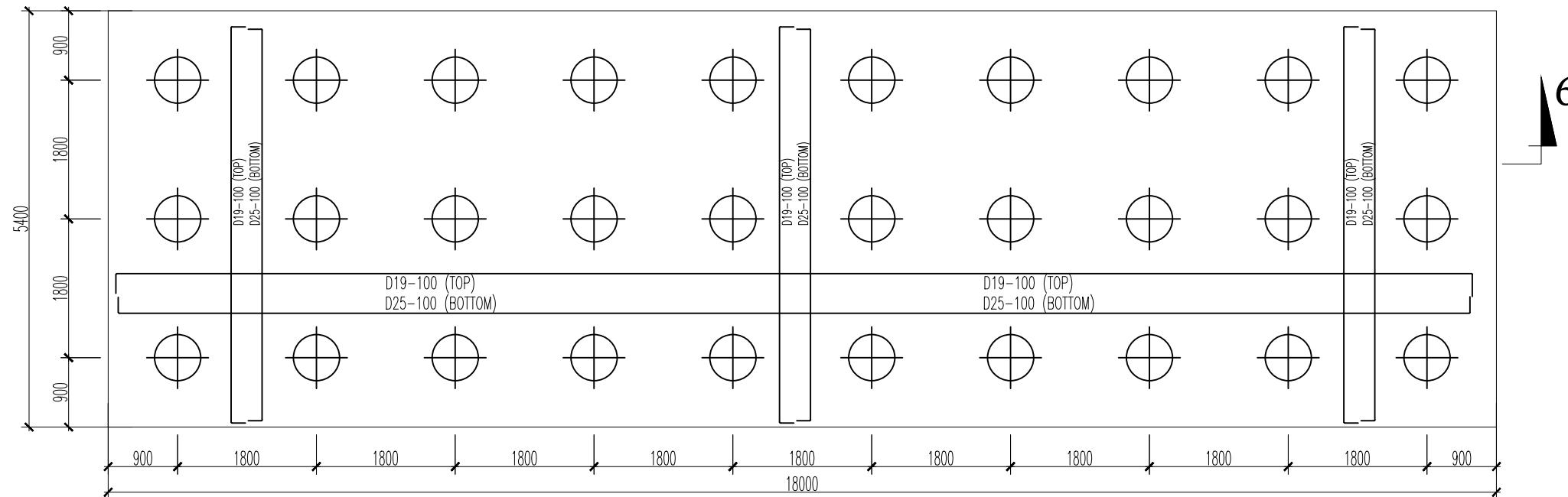
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 31 | 33 |



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

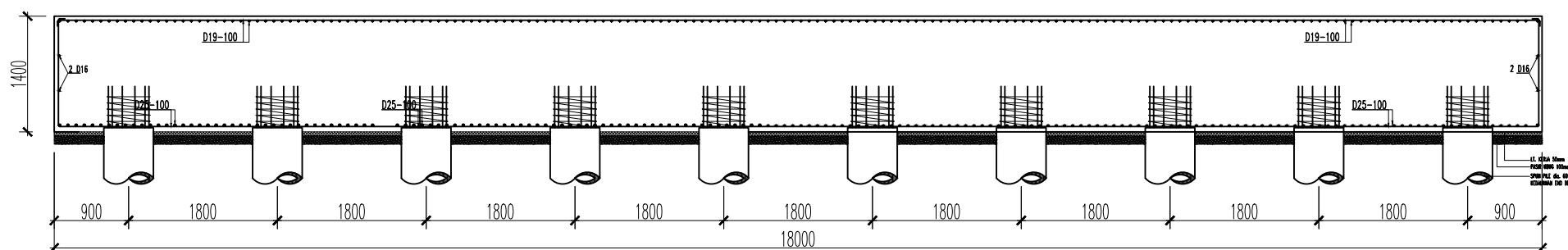
KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa



DETAIL PILECAP TYPE PC-SW6

SKALA 1 : 75



POTONGAN - 6

SKALA 1 : 75

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

MAHASISWA

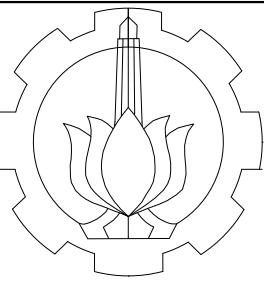
NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL PONDASI & PILECAP 1 : 75

KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR 32 33



PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KETERANGAN

- Mutu Tulangan
 - Tulangan Lentur : f_y 400 MPa (BJTD)
 - Tulangan Geser : f_y 280 MPa (BJTP)
- Mutu Beton :
 - Kolom :
 - Lt. Semi-basement - Lt. 10: f_c' 40 MPa
 - Lt. 11 - Lt. Atap : f_c' 30 MPa
 - Balok : 30 MPa
 - Pelat : 30 MPa

NAMA PROYEK

GEDUNG APARTEMEN
NAYUMI SAM TOWER
Jl. Ir. Soekarno Hatta, Malang.

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
19590209 198603 1 002

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
19780201 200604 2 002

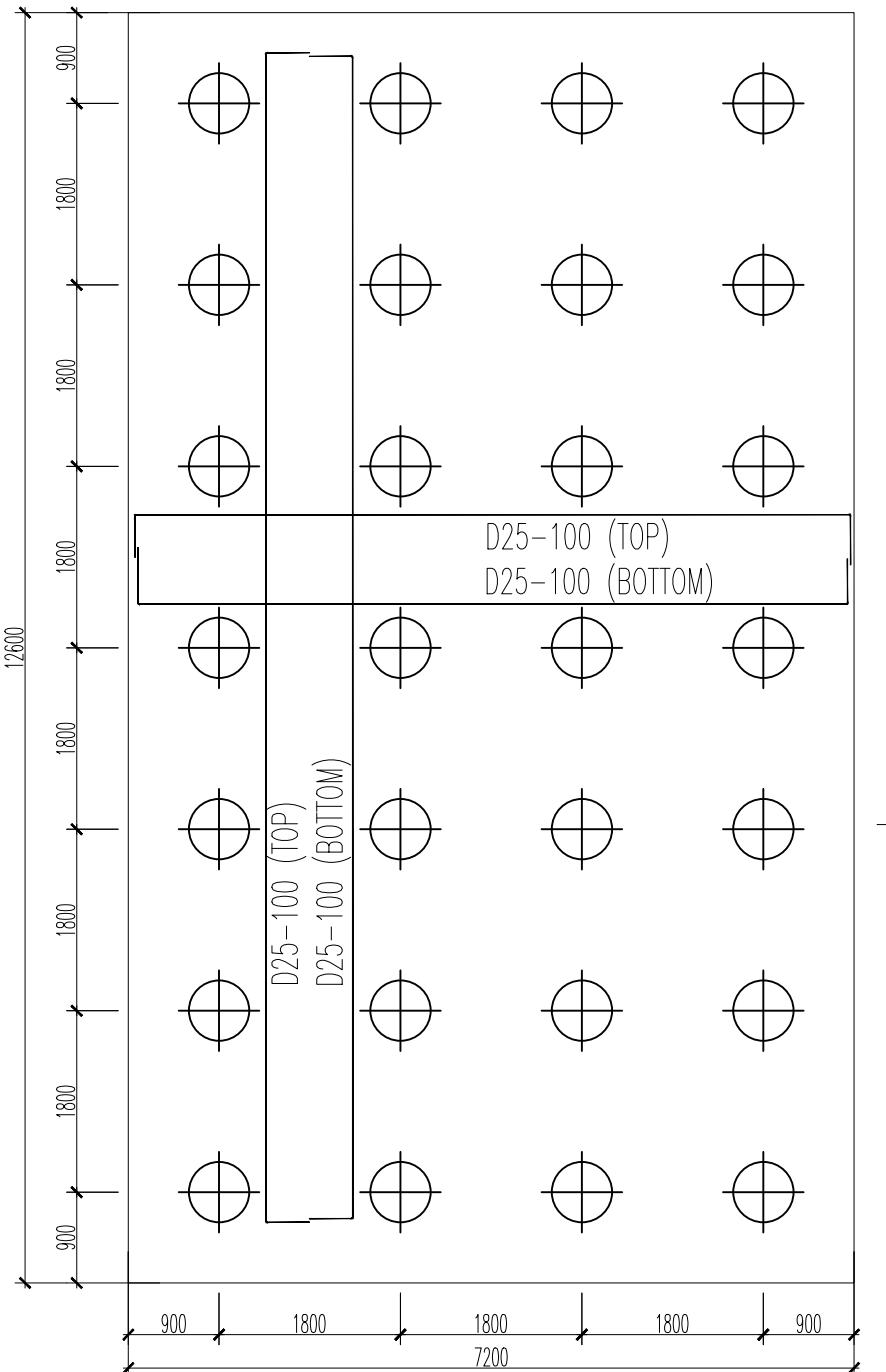
MAHASISWA

NAFI MAULA ABDULLAH
NRP. 10111710010066

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL PONDASI & PILECAP 1 : 75

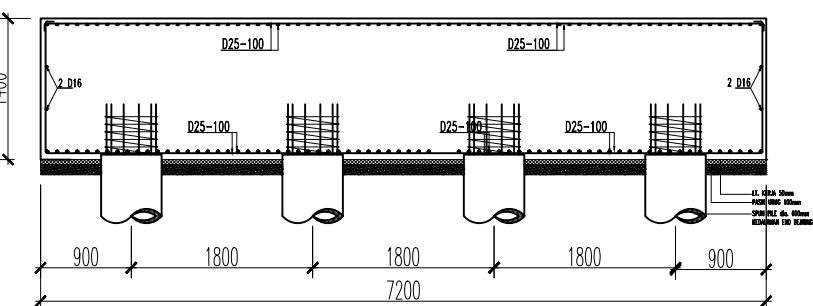
| KODE | NO. LEMBAR | JML. LEMBAR |
|------|------------|-------------|
| STR | 33 | 33 |



7

DETAIL PILECAP TYPE PC-SW7

SKALA 1 : 75



POTONGAN - 7

SKALA 1 : 75