



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 146599)

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS
EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK-PELAT LANTAI**

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

Dosen Pembimbing
Ir. Sungkono, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT (RC 146599)

MODIFICATION OF BUILDING OF FACULTY OF ECONOMICS AND ISLAMIC BUSINESS UIN SUNAN AMPEL SURABAYA USING SPECIAL MOMENT RESISTENCE FRAME AND CONSTRUCTION METHOD OF BEAMS AND SLAB

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

Supervisor
Ir. Sungkono, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

DIV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 146599)

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS
EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK-PELAT LANTAI**

**DEDY SETIA NANDA
NRP. 1011141000020**

**Dosen Pembimbing
Ir. Sungkono, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



FINAL PROJECT (RC 146599)

**MODIFICATION OF BUILDING OF FACULTY OF
ECONOMICS AND ISLAMIC BUSINESS UIN SUNAN
AMPEL SURABAYA USING SPECIAL MOMENT
RESISTENCE FRAME AND CONSTRUCTION METHOD
OF BEAMS AND SLAB**

**DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020**

**Dosen Pembimbing
Ir. Sungkono, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001**

**DIV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMEN OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS
EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK – PELAT LANTAI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Terapan Teknik Pada Program Studi Diploma IV Teknik
Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, ...! Agustus 2018

Disusun Oleh :

MAHASISWA



DEDY SETIA NANDA

NRP. 10111410000020



Disetujui Oleh:

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.

NIP. 19591130 198601 1 001

01 AUG 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 23 Juli 2018

| | | | |
|---------------------------|--|--------------|---------------|
| Judul Tugas Akhir Terapan | Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Pelat Lantai | | |
| Nama Mahasiswa | Dedy Setia Nanda | NRP | 1011141000020 |
| Dosen Pembimbing 1 | Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001 | Tanda tangan | |
| Dosen Pembimbing 2 | NIP - | Tanda tangan | |

| URAIAN REVISI | Dosen Penguji |
|---|---|
| Terjemah judul diperbaiki (rata kiri) Modification of building Special Moment Resistance Frame | Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001 |
| o Gamb. no 59 skala & besarkan 1:10 (g. bays.) → uraian lrs o g. plat beton acuan tulat, ukuran, type | Ir. Srie Subekti., MT. NIP 19560520 198903 2 001 |
| Kontrol terhadap analisa beban gempa Susat. Struktur h. 5 Demi tiang bancang h. 37 Struktur tangga & gambar pemilangan Gambar pemilangan pelat no. 23, 24, 26 27 | Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002 |
| | NIP - |

| PERSETUJUAN HASIL REVISI | | | |
|--|---|---|-----------------|
| Dosen Penguji 1 | Dosen Penguji 2 | Dosen Penguji 3 | Dosen Penguji 4 |
| | | | |
| Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001 | Ir. Srie Subekti., MT. NIP 19560520 198903 2 001 | Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002 | NIP - |

| | | |
|---|--|--------------------|
| Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan | Dosen Pembimbing 1 | Dosen Pembimbing 2 |
| | | |
| | Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001 | NIP - |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. DEDY SETIA NANDA 2
NRP : 1 10111410000020 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ekonomi dan
 Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya Menggunakan Sistem
 Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelat-anjuran Pekerjaan
 Balok - Pelat Lantai.
Dosen Pembimbing : Ir. Sungeono, CES.

| No | Tanggal | Tugas / Materi yang dibahas | Tanda tangan | Keterangan | | |
|----|-----------|---|--------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 22-2-2018 | - Tebal Pelat dibikin sama - Tinggi balok dibuat sama - Preliminary atap ituti eksisting | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 | 6-3-2018 | - Gording dimodelkan dan dibebani - Ukuran ruang lift harus lebih besar dari dimensi lift | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 15-3-2018 | - Rubah gambar penencanaan balok - Tambahkan kolom pada ruang lift - Hitung Penulangan Pelat dan gambar penulangannya. | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 | 5-4-2018 | - Tidak perlu gambar tulangan pelat per tipe + Panjang penjangkaran dihitung dari tepi balok, sudut angkat 60° atau 70° | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

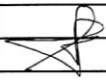



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DEDY SETIA NANDA 2
NRP : 1 1011141000020 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam
UM Sunan Ampel Surabaya Menggunakan Sistem Rangka
Perituk, Momen Khusus dan Metode Pelatanaan Pekerjaan Balok-Relat
Lantai.
Dosen Pembimbing : Ir. Sungfano, CES.

| No | Tanggal | Tugas / Materi yang dibahas | Tanda tangan | Keterangan | | |
|----|-----------|--|---|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 5 | 26-4-2018 | - Untuk baja kalau overstress bisa dikasih pengekang. | | | | |
| | | - Lanjutkan ke perhitungan balok dan kolom |  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Lanjutkan ke perhitungan pondasi (Gunakan kombinasi 1.0+1L dan 1.2D+1.6L+1.6E) | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 | 17-5-2018 | - Tulangan geser balok induk pakai 4 kaki (tumpuan) dan 2 kaki (lapangan) |  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Diameter tulangan lentur kolom ganti diameter 22 | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Diameter tulangan geser kolom ganti diameter 14 | | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS
EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK – PELAT LANTAI**

Nama Mahasiswa : Dedy Setia Nanda
NRP : 1011141000020
Jurusan : Diploma IV Departemen
Infrastruktur Sipil – Fakultas
Vokasi
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES
NIP : 19591130 198601 1 001

ABSTRAK

Bangunan gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya terletak di jalan A. Yani 117, Surabaya. Gedung ini terdiri dari 7 lantai dan atap baja. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT), didapatkan bahwa gedung ini dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah lunak dan termasuk dalam kategori desain seismik D. Gedung ini menggunakan system ganda dalam perencanaannya yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi dengan hanya memakai sistem Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang berakibat perubahan pada dimensi strukturnya dan tinggi gedung yang semula 7 lantai didesain menjadi 8 lantai. Perhitungan struktur dan gempa mengacu pada peraturan yang berlaku yaitu SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, SNI 2847:2013, dan SNI 1729-2015. Proses dalam perhitungan struktur meliputi analisa pembebanan, permodelan struktur,

analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, serta cek persyaratan elemen struktur.

Hasil perhitungan desain gedung meliputi dua macam ukuran balok induk 600 x 700 mm dan 450 x 700 mm, dua macam ukuran balok anak 300 x 400 mm dan 200 x 300 mm, dan dua macam ukuran kolom yaitu lantai 1-5 850 x 850 mm, lantai 6 - Atap 750 x 750 mm. Serta, terdapat juga hasil perhitungan penulangan beton struktur utama, balok, dan kolom, serta struktur sekunder berupa pelat dan tangga yang kemudian akan dituangkan dalam bentuk gambar teknik.

Kata kunci : Modifikasi, Standart Penetration Test (SPT), Kategori Desain Seismik, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

**MODIFICATION OF BUILDING OF FACULTY
ECONOMICS AND ISLAMIC BUSINESS UIN SUNAN
AMPEL SURABAYA USING SPECIAL MOMENT
RESISTENCE FRAME AND CONSTRUCTION METHOD
OF BEAMS AND SLAB**

Name : Dedy Setia Nanda
NRP : 10111410000020
Departement : D IV Departement of Civil
Infrastructure – Faculty of Vocation
Supervisor : Ir. Sungkono, CES
NIP : 19591130 198601 1 001

ABSTRACT

The building of Faculty of Economics and Islamic Business UIN Sunan Ampel Surabaya is located on the street A. Yani 117, Surabaya. This building consists of 7 floors and steel roof. Based on the results of Standard Penetration Test (SPT), it is found that this building is built on soil with soft soil conditions and included in the category of seismic design D. The building uses double system in its planning that is Special Moment Frame Response System and Shear walls.

In this final project will be modified by using only Special Moment Frame System (SRPMK) which resulted in changes to dimension of the structure and the height of the building which was originally 7 floors designed to be 8 floors. Calculation of structure and earthquake follow the applicable regulations, as followed SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, SNI 2847:2013, dan SNI 1729-2015. The calculation of structure contained of mass analysis, structure modeling, calculation of reinforcements, and checking the requirements of structural elements.

Building design calculation results include two sizes of beam 600 x 700 mm and 450 x 700 mm, two sizes of secondary beam 300 x 400 mm dan 200 x 300 mm, and two sizes of columns, floor 1-5 850 x 850 mm, floor 6 - Roof 750 x 750 mm. As well, there are also calculations of reinforcement of concrete main structure, beams, and columns. Also, the secondary elements as slab and stairs that would be poured in the form of engineering drawings.

Keyword : Modification, Standard Penetration Test (SPT), Seismic Design Category, Special Moment Resisting Frame System.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Terapan dengan judul “Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok - Pelat Lantai” dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari doa, dukungan dan motivasi berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, kakak dan saudara-saudara, sebagai motivasi utama dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materil, terutama doa.
2. Bapak Dr. Machus, ST.MT., selaku koordinator Program Studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Bapak Ir. Sungkono, CES selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan Tugas Akhir Terapan.
4. Teman-teman yang selalu menyemangati dan sangat berarti bagi penulis, serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proposal Tugas Akhir Terapan ini. Demikian, semoga proposal Tugas Akhir Terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Manfaat | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Umum..... | 5 |
| 2.2 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).5 | |
| 2.3 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan | 9 |
| 2.4 Dilatasi Pada Bangunan Gedung | 10 |
| BAB III METODOLOGI | 13 |
| 3.1. Umum..... | 13 |
| 3.2. Diagram Alir..... | 13 |
| 3.3. Pengumpulan Data..... | 14 |
| 3.4. Preliminary Design | 15 |
| 3.5. Analisa Pembebanan | 20 |
| 3.6. Pemodelan Struktur..... | 26 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 3.7. | Analisa Hasil | 27 |
| 3.8. | Perhitungan Struktur Sekunder dan Primer | 28 |
| 3.9. | Perhitungan Hubungan Balok Kolom | 36 |
| 3.10. | Penulangan Pondasi | 38 |
| 3.11. | Penggambaran Teknik..... | 40 |
| 3.12. | Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok - Pelat Lantai | 41 |
| BAB IV PRELIMINARY DESIGN | | 43 |
| 4.1 | Data Desain Preliminary | 43 |
| 4.2 | Preliminary Balok | 43 |
| 4.3 | Preliminary Pelat..... | 45 |
| 4.4 | Perencanaan Tangga | 50 |
| 4.5 | Preliminary Kolom..... | 52 |
| BAB V ANALISA PEMBEBANAN | | 53 |
| 5.1 | Beban Gravitasi | 53 |
| 5.2 | Beban Angin (W)..... | 57 |
| 5.3 | Beban Gempa | 62 |
| 5.4 | Kombinasi Pembebanan | 66 |
| BAB VI ANALISA PERMODELAN | | 69 |
| 6.1 | Permodelan Struktur dengan SRPM | 69 |
| 6.2 | Besaran Massa | 70 |
| 6.3 | Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa | 70 |
| 6.4 | Pendefinisian Modal Analisis dan Ragam Analisis .. | 71 |
| 6.5 | Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum SAP 2000 untuk SRPM | 71 |
| 6.6 | Kontrol Dinamis | 72 |
| 6.7 | Kontrol Pemisah Struktur | 81 |

| | | |
|--|--|------------|
| 6.8 | Pengecekan Gaya pada Balok..... | 83 |
| 6.9 | Pengecekan Gaya pada Kolom | 86 |
| BAB VII DESAIN STRUKTUR SEKUNDER..... | | 89 |
| 7.1 | Perhitungan Struktur Pelat Lantai | 89 |
| 7.2 | Desain Struktur Tangga..... | 102 |
| 7.3 | Desain Balok Anak | 118 |
| 7.4 | Desain Balok Lift..... | 128 |
| 7.5 | Perhitungan Struktur Atap..... | 137 |
| BAB VIII DESAIN STRUKTUR PRIMER | | 189 |
| 8.1 | Umum..... | 189 |
| 8.2 | Desain Struktur Balok | 189 |
| 8.3 | Desain Struktur Kolom..... | 215 |
| 8.4 | Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK) | 227 |
| BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI | | 231 |
| 9.1 | Umum..... | 231 |
| 9.2 | Perhitungan Pondasi..... | 231 |
| 9.3 | Perhitungan Sloof..... | 268 |
| BAB X METODE PELAKSANAAN BALOK - PELAT LANTAI | | 275 |
| 10.1 | Umum..... | 275 |
| 10.2 | Tahap Persiapan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai | 275 |
| 10.3 | Tahap Pekerjaan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai | 276 |
| 10.4 | Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai | 282 |
| 10.5 | Pembongkaran Bekisting..... | 283 |

| | |
|---|------------|
| 10.6 Perawatan (curing)..... | 283 |
| BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN..... | 285 |
| 11.1 Kesimpulan..... | 285 |
| 11.2 Saran | 289 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 291 |
| BIODATA PENULIS | |
| LAMPIRAN 1 (BROSUR MATERIAL) | |
| LAMPIRAN 2 (DATA TANAH) | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Balok Induk..... | 44 |
| Tabel 4. 2 Rekapitulasi Preliminary Balok Anak | 45 |
| Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Hyundai | 54 |
| Tabel 5. 2 Spesifikasi Lift Hyundai | 54 |
| Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin | 61 |
| Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban Angin Minimum | 62 |
| Tabel 5. 5 Perhitungan SPT..... | 63 |
| Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x | 72 |
| Tabel 6. 2 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung | 73 |
| Tabel 6. 3 Modal Load Participation Ratio untuk Gedung A | 74 |
| Tabel 6. 4 Modal Load Participation Ratio untuk Gedung B | 74 |
| Tabel 6. 5 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung A | 74 |
| Tabel 6. 6 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung B | 74 |
| Tabel 6. 7 Berat Struktur Gedung A | 76 |
| Tabel 6. 8 Berat Struktur Gedung B | 76 |
| Tabel 6. 9 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung A | 77 |
| Tabel 6. 10 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung B | 77 |
| Tabel 6. 11 Rekapitulasi Kontrol Gaya Gempa Dasar | 77 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 8. 1 Tabel Gaya Momen yang Didapatkan | 192 |
| Tabel 8. 2 Konfigurasi Penulangan dan Kapasitas Momen Penampang Balok..... | 203 |
| Tabel 8. 3 Cek Nilai V_{sway} dan V_u | 205 |
| Tabel 9. 1 Tabel Efisiensi Hammer (e_h)..... | 232 |
| Tabel 9. 2 Tabel daya dukung ijin tekan tiang berdasarkan data SPT | 234 |
| Tabel 9. 3 Tabel daya dukung ijin tarik tiang berdasarkan data SPT | 235 |
| Tabel 9. 4 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat..... | 238 |
| Tabel 9. 5 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap | 255 |
| Tabel 9. 6 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X | 257 |
| Tabel 9. 7 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y | 258 |
| Tabel 11. 1 Kesimpulan Pelat Lantai Dua Arah..... | 285 |
| Tabel 11. 2 Kesimpulan Pelat Lantai Satu Arah..... | 285 |
| Tabel 11. 3 Kesimpulan Pelat Tangga dan Pelat Bordes | 286 |
| Tabel 11. 4 Kesimpulan Balok Sekunder..... | 286 |
| Tabel 11. 5 Kesimpulan Atap Baja..... | 287 |
| Tabel 11. 6 Kesimpulan Balok Induk | 287 |
| Tabel 11. 7 Kesimpulan Kolom..... | 287 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 11. 8 Kesimpulan Hubungan Balok Kolom..... | 288 |
| Tabel 11. 9 Kesimpulan Pondasi | 288 |
| Tabel 11. 10 Kesimpulan Sloof | 289 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 <i>Strong column – weak beam</i> | 9 |
| Gambar 2. 2 Denah bangunan yang tidak simetris..... | 10 |
| Gambar 2. 3 Bentuk struktur tidak simetris dengan portal yang dipisahkan (Dilatasi)..... | 11 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir..... | 14 |
| Gambar 3. 2 Denah pembalokan modifikasi dan eksisting..... | 15 |
| Gambar 3. 3 Peta respon spectra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun | 22 |
| Gambar 3. 4 Peta respon spectra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun | 23 |
| Gambar 3. 5 Spektrum Respon Desain | 25 |
| Gambar 3. 6 Luas penampang efektif hubungan balok kolom | 37 |
| Gambar 4. 1 Pelat Tipe PL1 | 45 |
| Gambar 4. 2 Lebar Efektif Balok Interior As B joint 6-7 | 46 |
| Gambar 4. 3 Lebar Efektif Balok Interior | 47 |
| Gambar 4. 4 Lebar efektif balok interior..... | 48 |
| Gambar 4. 5 Lebar efektif balok interior..... | 49 |
| Gambar 5. 1 Dimensi Elevator Hyundai | 55 |
| Gambar 5. 2 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift | 56 |
| Gambar 5. 3 Kecepatan Angin Dasar..... | 58 |
| Gambar 5. 4 Pengaruh Angin pada Dinding | 60 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 5. 5 Pengaruh Beban Angin pada Atap..... | 61 |
| Gambar 5. 6 Nilai S_1 , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik | 64 |
| Gambar 5. 7 Nilai S_s , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek | 64 |
| Gambar 5. 8 Respons Spektrum Desain..... | 66 |
| Gambar 6. 1 Permodelan Struktur Gedung A | 69 |
| Gambar 6. 2 Permodelan Struktur Gedung B | 69 |
| Gambar 6. 3 Input <i>Mass Source</i> pada SAP 2000 v.14..... | 70 |
| Gambar 6. 4 Input untuk Analisa Modal di SAP 2000 v.14.... | 71 |
| Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Sumbu X..... | 72 |
| Gambar 6. 6 Input Faktor Skala Gaya pada Sumbu Y | 72 |
| Gambar 6. 7 Penentuan Simpangan Antar Lantai..... | 78 |
| Gambar 6. 8 Balok yang Ditinjau | 83 |
| Gambar 6. 9 Gaya Momen yang Terjadi pada Balok yang Ditinjau | 83 |
| Gambar 6. 10 Tributary Area pada Balok yang Ditinjau | 84 |
| Gambar 6. 11 Kolom yang Ditinjau..... | 86 |
| Gambar 6. 12 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom yang Ditinjau | 86 |
| Gambar 6. 13 <i>Tributary Area</i> pada Kolom yang Ditinjau | 87 |
| Gambar 7. 1 Ketentuan Pada Analisa Plat Lantai..... | 89 |
| Gambar 7. 2 Pelat tipe PL 1 | 90 |
| Gambar 7. 3 Denah Penempatan Tangga pada Lantai 4 | 103 |
| Gambar 7. 4 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14 | 104 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 7. 5 Balok Bordes yang Ditinjau | 109 |
| Gambar 7. 6 Momen yang Terjadi pada Balok Bordes | 109 |
| Gambar 7. 7 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Bordes | 109 |
| Gambar 7. 8 Torsi yang Terjadi pada Balok Bordes | 110 |
| Gambar 7. 9 Diagram Gaya Geser Balok Anak | 113 |
| Gambar 7. 10 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar | 118 |
| Gambar 7. 11 Balok Anak yang Ditinjau | 119 |
| Gambar 7. 12 Momen yang Terjadi pada Balok Anak | 119 |
| Gambar 7. 13 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Anak | 119 |
| Gambar 7. 14 Torsi yang Terjadi pada Balok Anak | 120 |
| Gambar 7. 15 Diagram Gaya Geser Balok Anak..... | 123 |
| Gambar 7. 16 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar | 128 |
| Gambar 7. 17 Balok Penggantung Lift yang Ditinjau..... | 129 |
| Gambar 7. 18 Momen yang Terjadi pada Balok Anak | 129 |
| Gambar 7. 19 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift | 129 |
| Gambar 7. 20 Torsi yang Terjadi pada Balok Anak | 129 |
| Gambar 7. 21 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift . | 132 |
| Gambar 7. 22 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar | 137 |
| Gambar 7. 23 Atap Baja..... | 138 |
| Gambar 7. 24 Gording | 138 |
| Gambar 7. 25 Perhitungan Beban pada Gording | 139 |
| Gambar 7. 26 Beban dan Reaksi pada Gording..... | 144 |
| Gambar 7. 27 Penampang Profil WF | 148 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 7. 28 Gaya yang Terjadi pada Kuda-Kuda..... | 149 |
| Gambar 7. 29 Gaya Aksial yang Terjadi Akibat Kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5W$ | 150 |
| Gambar 7. 30 Gaya Geser yang Terjadi Akibat Kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5W$ | 150 |
| Gambar 7. 31 Momen yang Terjadi Akibat Kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5W$ | 151 |
| Gambar 7. 32 Gaya Aksial yang Terjadi Akibat Kombinasi $1D + 1L$ | 151 |
| Gambar 7. 33 Gaya Geser yang Terjadi Akibat Kombinasi $1D + 1L$ | 151 |
| Gambar 7. 34 Momen yang Terjadi Akibat Kombinasi $1D + 1L$... | 151 |
| Gambar 7. 35 Kolom Baja yang Ditinjau..... | 160 |
| Gambar 7. 36 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Baja ($1,2D + 1,6L + 0,5W$)..... | 161 |
| Gambar 7. 37 Gaya Geser yang Terjadi pada Kolom Baja ($1,2D + 1,6L + 0,5W$) | 161 |
| Gambar 7. 38 Momen yang Terjadi pada Kolom Baja ($1,2D + 1,6L + 0,5W$) | 161 |
| Gambar 7. 39 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Baja ($1D + 1L$) | 161 |
| Gambar 7. 40 Gaya Geser yang Terjadi pada Kolom Baja ($1D + 1L$) | 162 |
| Gambar 7. 41 Momen yang Terjadi pada Kolom Baja ($1D + 1L$).. | 162 |
| Gambar 7. 42 Sambungan Kuda-kuda dengan Kolom..... | 169 |
| Gambar 7. 43 Gaya Geser yang Terjadi pada Sambungan A .. | 169 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 7. 44 Momen yang Terjadi pada Sambungan A | 169 |
| Gambar 7. 45 Konfigurasi Baut pada Sambungan A..... | 171 |
| Gambar 7. 46 Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut.... | 172 |
| Gambar 7. 47 Sambungan Kuda-kuda dengan Kuda-kuda | 175 |
| Gambar 7. 48 Konfigurasi Baut pada Sambungan B | 177 |
| Gambar 7. 49 Momen yang Terjadi pada Sambungan B | 178 |
| Gambar 7. 50 Gaya Aksial yang Terjadi pada Sambungan C . | 180 |
| Gambar 7. 51 Gaya Geser yang Terjadi pada Sambungan C .. | 181 |
| Gambar 7. 52 Momen yang Terjadi pada Sambungan C | 181 |
| Gambar 7. 53 Gaya yang Terjadi pada Pelat Landas | 182 |
| Gambar 7. 54 Bagian Kritis Pada Baseplate | 182 |
| Gambar 7. 55 Tegangan Angkur Akibat Reaksi Pelat Landas | 183 |
| Gambar 7. 56 Panjang Penyaluran Angkur | 185 |
| Gambar 7. 57 Panjang Las pada Sambungan C..... | 186 |
| Gambar 8. 1 Portal yang Ditinjau | 189 |
| Gambar 8. 2 Balok Induk yang Ditinjau | 190 |
| Gambar 8. 3 Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14 | 191 |
| Gambar 8. 4 Gaya Torsi yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14 | 191 |
| Gambar 8. 5 Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14 | 191 |
| Gambar 8. 6 Gaya Momen yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14 | 191 |
| Gambar 8. 7 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kanan..... | 204 |
| Gambar 8. 8 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri | 204 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 8. 9 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar | 214 |
| Gambar 8. 10 Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan | 215 |
| Gambar 8. 11 Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14. | 216 |
| Gambar 8. 12 Gaya Mx yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14..... | 216 |
| Gambar 8. 13 Gaya My yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14..... | 216 |
| Gambar 8. 14 Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14.. | 216 |
| Gambar 8. 15 Diagram Interaksi P-M pada Program pcaColoumn | 217 |
| Gambar 8. 16 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColoumn | 218 |
| Gambar 8. 17 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Atas | 220 |
| Gambar 8. 18 Output Diagram Interaksi P-M Kolom yang Ditinjau dan Kolom Atas | 220 |
| Gambar 8. 19 Hubungan Balok Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan | 227 |
| Gambar 9. 1 Denah Rencana Pondasi..... | 231 |
| Gambar 9. 2 Pondasi Tipe 1 | 238 |
| Gambar 9. 3 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom ... | 241 |
| Gambar 9. 4 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom.... | 242 |
| Gambar 9. 5 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang | 245 |
| Gambar 9. 6 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y | 247 |
| Gambar 9. 7 Eksentrisitas Pondasi Gabungan..... | 251 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 9. 8 Eksentrisitas Pondasi Gabungan..... | 252 |
| Gambar 9. 9 Eksentrisitas Pondasi Gabungan..... | 253 |
| Gambar 9. 10 Ponds Tipe 2..... | 255 |
| Gambar 9. 11 Bidang Kritis Geser Dua Arah..... | 261 |
| Gambar 9. 12 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang | 263 |
| Gambar 9. 13 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y | 265 |
| Gambar 9. 14 Balok Sloof 1 yang Ditinjau | 269 |
| Gambar 9. 15 Konfigurasi Penulangan Balok Sloof pada program pcaColoumn | 271 |
| Gambar 9. 16 Diagram Interaksi P-M pada Program pcaColoumn | 272 |
| Gambar 10. 1 Potongan Denah Pelat dan Balok..... | 275 |
| Gambar 10. 2 <i>Jack Base</i> dan <i>U-head</i> | 276 |
| Gambar 10. 3 Pemasangan Balok Suri..... | 277 |
| Gambar 10. 4 Balok Siku pada Bekisting Balok | 277 |
| Gambar 10. 5 Balok Suri pada Bagian Pelat | 278 |
| Gambar 10. 6 Plywood pada Bagian Pelat | 278 |
| Gambar 10. 7 Kaki Ayam pada Tulangan Pelat Lantai..... | 280 |
| Gambar 10. 8 Pengecekan Tulangan Balok | 281 |
| Gambar 10. 9 Pembersihan Lokasi Pengecoran | 281 |
| Gambar 10. 10 Pengecoran Gambar 10. 11 Pengecoran..... | 282 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik yang menyebabkan sering terjadinya gempa di Indonesia. Lempeng tektonik tersebut adalah Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Khususnya di Surabaya, (menurut Suwardi Kepala BMKG Stasiun Geofisika Kla II Tretes-Pasuruan, 2017) Surabaya dilalui oleh sesar Kendeng dan dua sesar baru (berdasar hasil penelitian Pusat Study Gempa Nasional dan KemenPUPR) yang memiliki potensi terjadinya gempa bumi. Surabaya dengan populasi penduduk dan gedung yang padat maka perencanaan pembanguna infrastruktur tersebut harus memenuhi persyaratan tahan gempa. Jika bangunan tidak direncanakan dengan tahan gempa yang baik dapat menimbulkan kerugian jiwa dan materiil yang sangat besar. Maka terdapat beberapa metode yang dapat diterapkan dalam perancangan struktur bangunan agar dapat menahan beban gempa tinggi, salah satu metodenya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen.

Sistem rangka pemikul momen terbagi dalam kategori desain seismik yang didasarkan pada lokasi perencanaan. Pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko rawan kegempaan tinggi dengan kategori desain seismik D, E dan F direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Namun untuk lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan sedang dengan kategori desain seismik C direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dan pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan rendah dengan kategori desain seismik A dan B direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) (Iswandi, 2014).

Selain itu, struktur sebaiknya memiliki tata letak yang sederhana baik dalam denah maupun tampak. Apabila bentuk denah bangunan tidak beraturan, maka bagian yang menonjol konstruksinya sebaiknya dipisahkan dari bangunan utama atau dengan memberikan dilatasi pada bangunan tersebut, agar pada waktu terjadi gempa bangunan tidak mengalami kerusakan yang fatal.

Pada Tugas Akhir Terapan ini perancangan dilakukan pada bangunan gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya. Bangunan ini berada pada wilayah Kategori Desain Seismik D. Desain struktur yang dilakukan adalah modifikasi dengan hanya memakai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan menghilangkan dinding geser dan tinggi gedung yang semula 7 lantai didesain menjadi 8 lantai. Perencanaan bangunan gedung pada tugas akhir ini menggunakan acuan SNI 03-2847-2013 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung”, SNI 1727-2013 “Beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lainnya”, dan SNI 1726 2012 “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung”

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang terkait dengan perancangan struktur gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya adalah:

1. Bagaimana merencanakan sistem struktur untuk gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya agar mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja dengan metode SRPMK ?
2. Bagaimana merencanakan detailing penulangan pada elemen struktur dan joint balok-kolom sesuai dengan sistem struktur yang digunakan ?

3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik ?
4. Bagaimana metode pelaksanaan untuk pekerjaan Balok – Pelat lantai ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Mampu merencanakan sistem struktur gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya agar mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja menggunakan SRPMK.
2. Mampu merencanakan detailing penulangan pada elemen struktur dan joint balok-kolom sesuai dengan sistem struktur yang digunakan.
3. Mampu menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.
4. Mengetahui metode pelaksanaan untuk pekerjaan Balok – Pelat lantai.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup perencanaan Tugas Akhir Terapan ini dibatasi pada:

1. Data tanah menggunakan data SPT di wilayah Ketintang, Surabaya.
2. Analisa Struktur:
 - Metode yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
 - Beban gempa pada struktur dihitung dengan metode respons spektrum desain sesuai SNI 03-1726-2012.
3. Metode pelaksanaan yang dibahas hanya pada pekerjaan balok – pelat lantai.

4. Tugas akhir terapan ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, serta utilitas dan arsitektural bangunan.
5. Program bantu yang dipakai meliputi SAP2000, AUTOCAD dan PCACOL.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini diharapkan dapat mendesain struktur gedung dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), serta dapat memahami disiplin ilmu dan menambah wawasan secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa yang mengacu pada SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, dan SNI 1727-2013.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bangunan gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya ini awalnya direncanakan memiliki total 7 lantai dengan 1 lantai mesin lift dimana berada pada wilayah Kategori Desain Seismik D. Pada tugas akhir ini gedung ini akan dimodifikasi yang semula 7 lantai didesain menjadi 8 lantai dengan hanya memakai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Selain itu gedung ini akan dilatasi agar struktur memiliki tata letak yang sederhana baik dalam denah maupun tampak sesuai SNI-1726-2002.

Struktur bangunan gedung diharapkan tidak runtuh saat terjadi gempa. Di Indonesia sendiri peraturan perencanaan bangunan tahan gempa sudah ada dan diperbarui secara berkala. Aturan perencanaan gedung tahan gempa diatur dalam SNI 03-2847-2013 dan SNI 03-1726-2012 dimana detailing pembebanan gempa berdasar Kategori Desain Seismik yang dikenakan pada struktur bangunan. Berdasar SNI tersebut bangunan dibagi menjadi beberapa kategori desain, yaitu bangunan dengan kategori desain seismik rendah dikategorikan di KDS A dan KDS B, untuk menengah di kategorikan KDS C dan untuk bangunan dengan kategori desain seismik tinggi di kategorikan dalam KDS D, KDS E, dan KDS F.

2.2 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). SRPM adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan joint-jointnya menahan

gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Di dalam SRPM ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk KDS A dan B.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk KDS C.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang digunakan untuk KDS D, E atau F.

Perbedaan dari ketiganya berada pada nilai dari faktor daktilitasnya dimana nilai koefisien modifikasi respons sebagai menurut persamaan (2-1) berturut-turut untuk SRPMB, SRPMM, SRPMK adalah 3, 5, dan 8 (Tabel 9 SNI 1726-2012). Perbedaan faktor daktilitas tersebut akan mengakibatkan perbedaan pada beban gempa yang terjadi pada bangunan.

$$V = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

$W_t =$ *Beban mati, hidup dan tambahan*

$C_s =$ *Koefisien Respons Seismic*

$$C_s = \frac{S_a \cdot I}{R} \dots\dots\dots(2-2)$$

Semakin kecil nilai faktor daktilitasnya maka semakin besar beban gempanya. SRPMK memiliki beban gempa yang kecil dibandingkan dengan SRPMB dan SRPMM sehingga SRPMK lebih berbahaya dibandingkan dengan SRPMB dan SRPMM . Dimana keadaan ini mengakibatkan perlu adanya pendetailan yang khusus untuk bangunan yang didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Berikut ini perbedaan pendetailan pada SRPMB, SRPMM, dan SRPMK adalah sebagai berikut:

- Pendetailan pada SRPMB diantaranya:
 - Balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan. Untuk lebih lengkapnya lihat SNI 2847-2013 pasal 21.2.

- Pendetailan pada SRPMM diantaranya :
 1. Sengkang pada balok harus disediakan sepanjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari $d/4$, 8 kali diameter tulangan longitudinal, 24 kali diameter tulangan sengkang, dan 300 mm.
 2. Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang balok
 3. Sengkang pada kolom harus disediakan dengan spasi s_o sepanjang panjang l_o diukur dari muka joint. Spasi s_o tidak boleh melebihi yang terkecil dari 8 kali diameter tulangan longitudinal, 24 kali diameter tulangan sengkang, $\frac{1}{2}$ dimensi penampang kolom terkecil, dan 300 mm.
 4. Untuk lebih lengkapnya lihat SNI 2847-2013 pasal 21.3.

- Pendetailan pada SRPMK diantaranya :
 1. Untuk Pendetailan Balok
 - Bentang bersih untuk komponen struktur L_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya

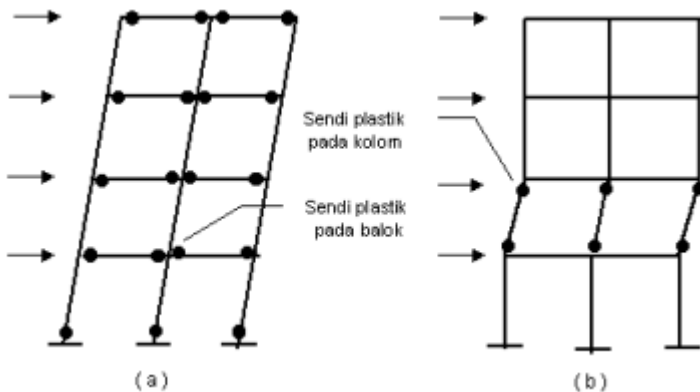
- Lebar komponen b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
 - Senggang pertama pada balok harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi senggang tidak boleh melebihi yang terkecil dari $d/4$, 6 kali diameter tulangan longitudinal, dan 150 mm.
 - Untuk lebih lengkapnya lihat SNI 2847-2013 pasal 21.5.
2. Untuk Pendetailan Kolom
- Ukuran penampang terkecil tidak kurang dari 300 mm
 - Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4
 - Spasi tulangan transversal yang dipasang disepanjang daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis tidak boleh lebih dari $\frac{1}{4}$ dimensi terkecil komponen struktur, 6 kali diameter tulangan longitudinal dan 150 mm.
 - Untuk lebih lengkapnya lihat SNI 2847-2013 pasal 21.6
3. Untuk Pendetailan Hubungan Balok-Kolom dapat dilihat pada SNI 2847-2013 Pasal 21.7.

Untuk Perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya yang berada pada wilayah Kategori Desain Seismik D maka gedung ini direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

2.2.1 SRPMK

Sistem rangka pemikul momen khusus adalah suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan -

ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan - ketentuan pasal 21.5 hingga 21.8 pada SNI 03-2847-2013. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona 5 dan 6. Sistem rangka pemikul momen khusus dirancang dengan menggunakan konsep *strong column-weak beam* yang merancang kolom sedemikian rupa agar bangunan dapat merespon beban gempa dengan mekanisme sendi plastis pada ujung balok. Pada mekanisme ini, balok dirancang agar mengalami keruntuhan terlebih dahulu dari pada kolom. Untuk itu, kolom harus direncanakan terhadap beban rencana yang besarnya ditentukan berdasarkan kapasitas balok. Dengan demikian, diharapkan kolom akan lebih kuat daripada balok.



Gambar 2. 1 *Strong column – weak beam*

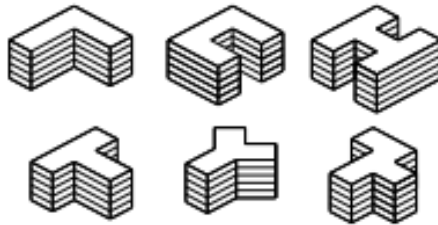
2.3 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Menurut SNI-1726-2002 pasal 4.2, struktur gedung dibedakan atas dua kategori, yaitu:

1. Struktur gedung beraturan

2. Struktur gedung tidak beraturan

Sesuai Pasal 4.2.1 SNI-1726-2002 struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan yang ada dalam pasal tersebut. Perilaku bangunan selama terjadinya gempa bumi tergantung pada beberapa faktor, salah satunya adalah bentuk bangunan. Bangunan dengan bentuk denah yang sederhana dan simetris akan berperilaku lebih baik sewaktu ada gempa dibandingkan dengan denah yang tidak simetris yang mempunyai bagian - bagian yang menonjol seperti bentuk L, U, H, T, Y dan bentuk lainnya.



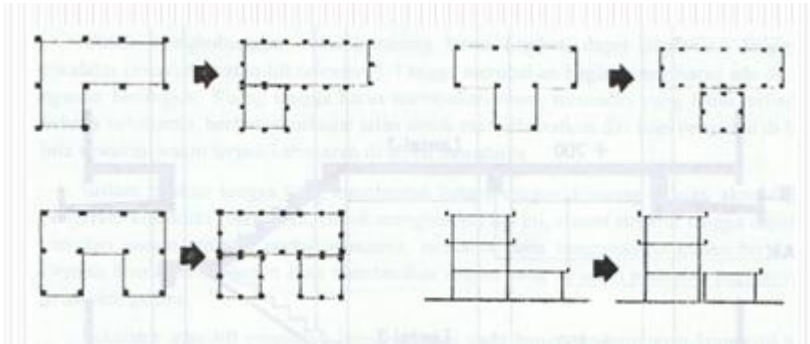
Gambar 2. 2 Denah bangunan yang tidak simetris

Bentuk bangunan yang tidak teratur dalam arah vertikal juga memberikan pengaruh yang buruk pada perilaku bangunan ketika terjadi gempa. Bangunan dengan sedikit jumlah kolom atau dinding pada lantai tertentu atau dengan ketinggian lantai yang tidak sama menunjukkan adanya tingkat lemah (soft story) dan cenderung menimbulkan kerusakan atau keruntuhan yang berawal dari tingkat yang tidak beraturan tersebut.

2.4 Dilatasi Pada Bangunan Gedung

Dilatasi merupakan sambungan/garis pada sebuah bangunan yang memiliki struktur yang berbeda. Dilatasi pada bangunan gedung juga dapat diartikan sebagai pembagian denah bangunan

gedung yang tidak simetris menjadi beberapa blok/bagian denah bangunan yang simetris. Dilatasi pada bangunan gedung biasanya diterapkan pada pertemuan bangunan yang rendah dengan yang tinggi, antara bangunan induk dengan bangunan sayap dan bangunan dengan denah yang tidak simetris. Untuk sela dilatasi atau jarak pemisah ditentukan pada SNI-1726-2012 pasal 7.12.3.



Gambar 2. 3 Bentuk struktur tidak simetris dengan portal yang dipisahkan (Dilatasi)

Menurut Juwana (2005;53), dalam praktek terdapat beberapa bentuk pemisahan bangunan yang umum digunakan, di antaranya:

1. Dilatasi Dengan Dua Kolom.

Pemisahan struktur dengan dua kolom terpisah merupakan hal yang paling umum digunakan, terutama pada bangunan yang bentuknya memanjang. Perlu diingat bahwa bentang antar kolom pada lokasi di mana dilatasi berada ikut berubah.

2. Dilatasi Dengan Balok Kantilever.

Mengingat balok kantilever terbatas panjangnya (maksimal $1/3$ bentang balok induk), maka pada lokasi dilatasi terjadi perubahan bentang antar kolom, yaitu sekitar $2/3$ bentang antar kolom.

3. Dilatasi Dengan Balok Gerber.

Untuk mempertahankan jarak antar kolom yang sama, maka pada balok kantilever diberi balok Gerber, namun dilatasi dengan balok Gerber ini jarang digunakan, karena dikhawatirkan akan lepas dan jatuh, jika mengalami deformasi arah horizontal yang cukup besar.

4. Dilatasi Dengan Konsol.

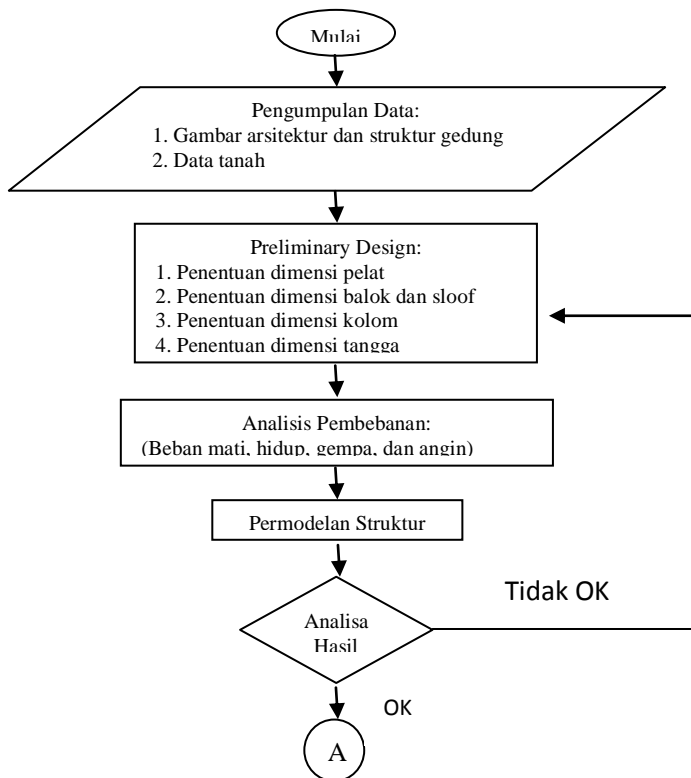
Meskipun jarak antar kolom dapat dipertahankan tetap sama, namun akibatnya adanya konsol, maka tinggi langit-langit didaerah dilatasi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tinggi langit - langit pada bentang kolom berikutnya. Dilatasi jenis ini banyak digunakan pada bangunan yang menggunakan konstruksi prapabrikasi, dimana keempat sisi kolom diberi konsol untuk tumpuan prapabrikasi.

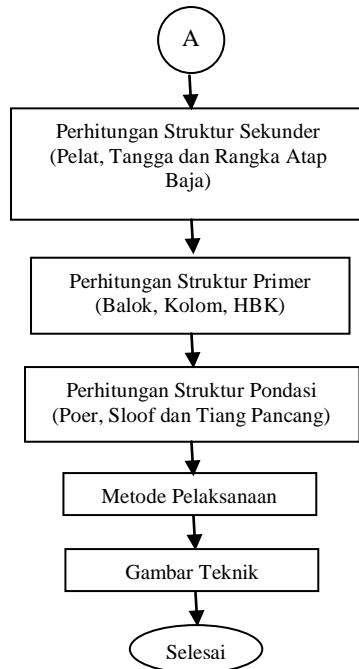
BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir diperlukan metode dan urutan yang jelas dan sistematis. Oleh karena itu, dibuat suatu metodologi yang dimaksudkan agar pengerjaan tugas akhir ini berjalan dengan baik dan efektif. Metodologi ini membahas langkah - langkah atau urutan - urutan serta metode yang akan dipakai dalam penyelesaian tugas akhir.

3.2. Diagram Alir





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang akan digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini berupa :

1. Gambar Struktur dan arsitektur bangunan gedung
2. Data tanah pada lokasi pembangunan gedung

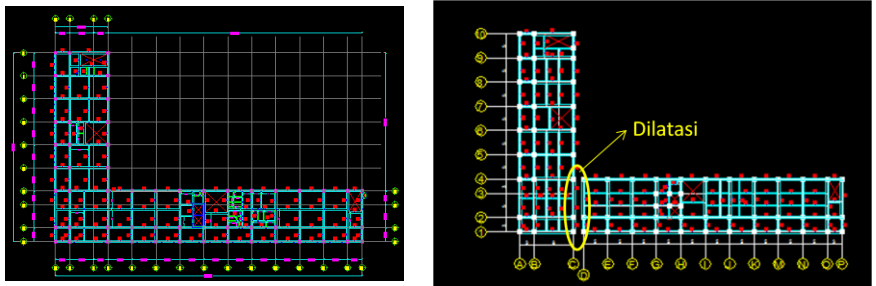
Berikut ini data data umum gedung :

Nama proyek : Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam
 Lokasi proyek : Jl. A. Yani 117, Surabaya
 Fungsi bangunan : Perkuliahan
 Jumlah lantai : 7 lantai, atap baja
 Sistem Struktur : Sistem Ganda (SRPMK dan Dinding Geser)

Tinggi bangunan : 31.9 m
 Luas Bangunan : 1034 m²

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya sebagai berikut :

Nama proyek : Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam
 Lokasi proyek : Jl. A. Yani 117, Surabaya
 Fungsi bangunan : Perkuliahan
 Jumlah lantai : 8 lantai, atap baja
 Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
 Tinggi bangunan : 36.1 m
 Luas Bangunan : 1034 m²



Gambar 3. 2 Denah pembalokan modifikasi dan eksisting

3.4. Preliminary Design

Preliminary design merupakan perencanaan awal untuk menentukan dimensi awal dari suatu komponen struktur yang mengacu pada ketentuan SNI 2847-2013. Beberapa komponen struktur tersebut antara lain:

1. Preliminary desain balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.1 dalam menentukan dimensi awal balok anak dan balok induk dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

- a. Menentukan data desain yang meliputi panjang balok dan data properti material
- b. Rencanakan lebar balok (b) adalah $2/3 h$.
SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1.3 mengatur tentang lebar balok (b_w) tidak boleh kurang dari nilai terkecil dari $0,3 h_{\min}$ dan 250 mm.
- c. Bila f_y sama dengan 420 Mpa gunakan pers. 3.1, bila f_y selain 420 Mpa maka digunakan pers. 3.2

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} (0.4 + \frac{f_y}{700}) \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

h_{\min} = Tinggi minimum balok (mm)

L = Panjang balok (mm)

F_y = Tegangan leleh baja (Mpa)

2. Preliminary desain pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3 dalam menentukan dimensi awal pelat lantai dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan data desain yang meliputi bentang bersih dan dimensi balok yang menjepitnya.
- b. Penentuan pelat 1 arah atau 2 arah
 $B = L_n/S_n < 2$ (Pelat 2 arah)(3.3)
- c. Menentukan lebar efektif flens (pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

- $be = b_w + 2hb < b_w + 8hf$

$$be = b_w + 2hb \dots\dots\dots(3.4)$$

$$be = b_w + 8hf \dots\dots\dots(3.5)$$

d. Menghitung rasio rata-rata kekakuan balok

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} \dots\dots\dots(3.6)$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} \dots\dots\dots(3.7)$$

Momen Inersia Penampang

$$I_p = 0.5 \frac{b_p t^3}{12} \dots\dots\dots(3.8)$$

Rasio Kekakuan Balok Terhadap Plat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai α_m sebagai berikut :

$$\alpha_m = \frac{1}{n} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n) \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

α_m = Nilai rata-rata α yang menjepit pelat tersebut.

α = Rasio kekakuan balok terhadap pelat

Bila $\alpha_m \leq 0.2$, maka tebal pelat adalah 125 mm, namun bila $0.2 \leq \alpha_m \leq 2$, maka tebal pelat ditentukan dengan persamaan 3.11 sesuai SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5 \beta (\alpha_m - 0.2)} \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan :

l_n = Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm).

h = Tebal pelat (mm).

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat.

f_y = Tegangan leleh baja (Mpa).

Bila $\alpha_m \geq 2$, maka tebal pelat ditentukan dengan persamaan 3.12

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

l_n = Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm).

h = Tebal pelat (mm).

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat.

f_y = Tegangan leleh baja (Mpa).

3. Preliminary design kolom

Untuk membuat sifat struktur menjadi “strong coloumn, weak beam”, maka untuk preliminary dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{h_{kolom}}{I_{kolom}} \geq \frac{h_{balok}}{I_{balok}} \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana :

h_{kolom} = tinggi bersih kolom

h_{balok} = tinggi bersih balok

I_{kolom} = inersia kolom ($1/12 b \cdot h^2$)

I_{balok} = inersia balok ($1/12 b \cdot h^2$)

4. Preliminary design tangga

Dalam menentukan dimensi awal tangga dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- a. Menentukan data perencanaan meliputi elevasi tangga lantai, dan pelat bordes
- b. Merencanakan lebar anak tangga (i) dan tinggi anak tangga (t)
- c. Menghitung jumlah tanjakan dan injakan
- d. Kontrol batasan α , yaitu $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
- e. Menentukan tebal efektif pelat dan bordes tangga berdasarkan tabel berikut:

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

| Tebal Minimum | | | | |
|----------------------------------|---|--------------------|---------------------|------------|
| Komponen Struktur | Tertumpu Sederhana | Satu Ujung Menerus | Kedua Ujung Menerus | Kantilever |
| | Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar | | | |
| Pelat masif satu-arah | $l/20$ | $l/24$ | $l/28$ | $l/10$ |
| Balok atau pelat rusuk satu-arah | $l/16$ | $l/18.5$ | $l/21$ | $l/8$ |

Sumber : SNI 2847:2013

Pada perencanaan tangga pada struktur menggunakan cor setempat dengan perletakan jepit-jepit (bebas), agar struktur tangga tidak mempengaruhi struktur utama terhadap beban gempa. Perencanaan tangga dibedakan menjadi perencanaan tangga darurat

dan tangga putar. Pada perencanaan struktur tangga ini lebar injakan harus memenuhi persyaratan pada pers. 3.14

$$2.t + i = 60 - 65 \text{ cm} \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

t = tinggi injakan (15 – 18 cm)

i = lebar injakan (26 – 30 cm)

3.5. Analisa Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727-2013 pasal 3.1 poin 3.1.1).

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727-2013 pasal 4.1)

3. Beban Angin

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

4. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui klasifikasi situs tanah dan percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

a. Perencanaan Gempa Rencana

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% (gempa 2500 tahun). Struktur gedung akan dirancang dengan menggunakan gempa dinamis.

b. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko

Pengaruh gempa rencana harus dikalikan factor keutamaan I. kategori resiko bangunan gedung untuk gempa dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 1. Sedangkan factor keutamaan bangunan dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 2

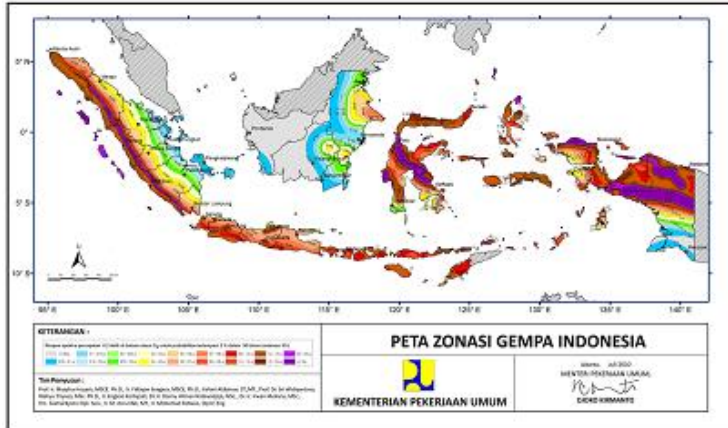
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa.

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

c. Parameter Percepatan Terpetakan

Berdasarkan SNI 1726:2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik). S_s dan S_1

ditentukan dengan melihat peta wilayah gempa Indonesia tahun 2010.



Gambar 3. 3 Peta respon spectra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber : Peta gempa Indonesia 2010



Gambar 3. 4 Peta respon spectra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber : Peta gempa Indonesia 2010

d. Klasifikasi Situs Tanah

Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Klasifikasi kelas situs terbagi menjadi: SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Klasifikasi memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifitas pada bangunan dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 3.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs (Tabel 3 SNI 1726-2012)

| Kelas situs | \bar{v}_s (m/detik) | \bar{N} atau \bar{N}_{ch} | \bar{s}_v (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 : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa | | |
| SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa | | |

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

e. Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots(3.15)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana koefisien situs F_a dan F_v pada mengikuti SNI 1726:2012 Tabel 4 dan Tabel 5.

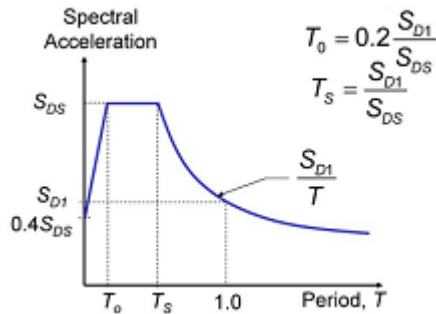
f. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \dots\dots\dots(3.18)$$

g. Menentukan Spektrum respons Desain



Gambar 3. 5 Spektrum Respon Desain

Sumber : SNI 1726-2012 Gambar 1

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan berikut ini:
2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_S ,spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = S_{D1} / T \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana :

- S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek
- S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik.
- T = Perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} \dots\dots\dots(3.22)$$

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

- Persamaan 1 : $U = 1,4D$
- Persamaan 2 : $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- Persamaan 3 : $U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- Persamaan 4 : $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- Persamaan 5 : $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
- Persamaan 6 : $U = 0,9D + 1,0W$
- Persamaan 7 : $U = 0,9D + 1,0E$

Dimana :

| | | | |
|----|--------------------|---|---------------|
| Lr | = beban hidup atap | D | = beban mati |
| L | = beban hidup | E | = beban gempa |
| R | = beban hujan | W | = beban angin |

3.6. Pemodelan Struktur

Pada tahap ini, analisis struktur utama menggunakan program bantu SAP 2000. Karena struktur gedung ini termasuk kategori struktur bangunan tidak beraturan maka dalam analisisnya menggunakan pembebanan gempa respons spectrum yang diambil berdasarkan parameter respons spectral percepatan gempa kota Surabaya. Selanjutnya output dari program bantu SAP 2000 akan digunakan untuk melakukan perencanaan dan kontrol komponen-komponen struktur.

3.7. Analisa Hasil

Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan program analisis struktur. Kombinasi yang dipakai untuk pembebanan pada program analisis struktur adalah sebagai berikut:

1. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati:
 - a. $1,4D$
 - b. $1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
2. Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan mati:
 - c. $1,2D + 1,0L + 1,6W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
 - d. $0,9 \pm 1,6W$
3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati
 - e. $1,2D + 1,0L \pm 1,0E$
 - f. $0,9D \pm 1,0E$

Keterangan :

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

R : Beban Air Hujan

3.7.1. Kontrol Periode Fundamental

Periode fundamental struktur pendekatan

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan :

H_n = Tinggi Struktur (m)

Koefisien C_t dan x ditentukan dalam tabel 15 SNI 1726:2012

Dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar,
 $T_a \text{ atas} = C_u \cdot T_a \dots\dots\dots(3.24)$

Koefisien C_u ditentukan dalam table 14 SNI 1726:2012

3.7.2. Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Penentuan koefisien C_u adalah :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \cdot \frac{R}{I_e}} \dots\dots\dots(3.25)$$

Tetapi tidak boleh melebihi

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \frac{R}{I_e}} \dots\dots\dots(3.26)$$

Harus tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

$$V_{statis} = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots(3.27)$$

3.7.3. Kontrol Simpangan Antar Struktur

$$\delta x = \frac{\delta x_e \cdot C_d}{I_e} \dots\dots\dots(3.28)$$

Keterangan :

- C_d = faktor amplifikasi (SNI 1726:2012 Tabel 9)
- Δx_e = defleksi pada lokasi yang disyaratkan
- I_e = faktor keutamaan gempa

3.8. Perhitungan Struktur Sekunder dan Primer

Bila sudah melakukan analisis gaya dengan menggunakan program analisis struktur dilakukan perhitungan pendetailan dan kontrol desain. Pada kontrol desain dilakukan agar analisis hasil pendetailan struktur bangunan dapat memenuhi syarat keamanan dan sesuai batas-batas tertentu menurut peraturan. Kontrol Desain yang dilakukan adalah berupa pengecekan terhadap kontrol geser, kuat lentur, momen nominal, beban layan dan beban ultimate.

Bila telah memenuhi, maka dapat diteruskan ke tahap penggambaran. Bila tidak memenuhi harus dilakukan re-design.

3.8.1. Pelat

Perhitungan pertama untuk elemen struktur pelat adalah menghitung penulangan pelat. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung kebutuhan tulangan pada pelat:

1. Menghitung momen nominal

$$M_n = M_u / \phi \dots\dots\dots(3.29)$$

2. Menghitung rasio tulangan

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} \dots\dots\dots(3.30)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} \dots\dots\dots(3.31)$$

$$\rho b = \frac{0.85 \beta_1 f_c'}{f_y} \frac{600}{(600 + f_y)} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho b \dots\dots\dots(3.33)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \dots\dots\dots(3.34)$$

3. Menghitung rasio tulangan yang dipakai

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \dots\dots(3.35)$$

Jika, $\rho < \rho_{\min}$ maka ρ perlu diperbesar 30%, sehingga

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times \rho \dots\dots\dots(3.36)$$

4. Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho b d \dots\dots\dots(3.37)$$

3.8.2. Tangga

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

3.8.3. Balok Induk

Dalam merencanakan penulangan balok induk dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

- a. Diberikan data-data meliputi dimensi balok dan properti material
- b. Menentukan pembebanan yang akan dipikul oleh balok induk.
- c. Menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang dibutuhkan dalam desain.
- d. Menghitung rasio tulangan

Sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.1

$$\rho \text{ min} = \frac{1.4}{f_y} \dots\dots\dots(3.38)$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \dots\dots\dots(3.39)$$

$$\rho \text{ max} = 0.025 \dots\dots\dots(3.40)$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots(3.41)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} \dots\dots\dots(3.42)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n \cdot m}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(3.43)$$

Cek $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots(3.44)$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \pi d^2 \dots\dots\dots(3.45)$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \dots\dots\dots(3.46)$$

e. Menghitung Kapasitas Momen Nominal (M_n)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots(3.47)$$

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2) \dots\dots\dots(3.48)$$

Cek $\phi M_n > M_u$

f. Hitung Kapasitas Geser

1) Penulangan geser tumpuan

Untuk pemasangan tulangan geser di daerah sendi plastis (sepanjang $2h$ dari muka kolom)

a) Menghitung momen ujung di tiap-tiap

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} \dots\dots\dots(3.49)$$

$$M_{pr} = A_s \times (1.25 \times f_y) \times (d - a/2) \dots\dots\dots(3.50)$$

b) Menghitung gaya geser total

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{L_n} \dots\dots\dots(3.51)$$

Beton diasumsikan tidak menahan gaya geser, sehingga

$$V_c = 0$$

$$V_n = V_e \text{ maks}$$

c) Merencanakan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} \dots\dots\dots(3.52)$$

$$V_s \text{ maks} = 2/3 \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f'_c} \dots\dots(3.53)$$

Cek $V_s < V_s \text{ maks}$

$$A_v = \text{jumlah kaki} \times 1/4 \times \pi \cdot d^2 \dots(3.54)$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \dots\dots\dots(3.55)$$

Dalam SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.2, Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$s < d/4$$

$$s < 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

2) Penulangan geser lapangan

Untuk pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (di luar 2h)

$$V_u \text{ lapangan} = V_n - (2 \times h) \dots \dots \dots (3.56)$$

$$\phi V_s \text{ min} = 0.75 \times 1/3 \times b_w \times d \dots \dots (3.57)$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \dots \dots (3.58)$$

Cek kondisi,

$$V_u < 0.5\phi V_c \dots \dots \dots (3.59)$$

$$0.5\phi V_c < V_u < \phi V_c \dots \dots \dots (3.60)$$

$$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s \text{ min}) \dots \dots \dots (3.61)$$

$$A_v = \text{Jumlah kaki} \times 1/4 \times \pi d^2 \dots \dots \dots (3.62)$$

$$A_v \text{ min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} \dots \dots \dots (3.63)$$

Syarat spasi sengkang maksimum,

$$S_{\text{maks}} < d/2 \dots \dots \dots (3.64)$$

3.8.4. Kolom

1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom akan dibantu dengan program PCACOL 4.5 untuk mempermudah perhitungan tulangan lentur kolom.

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

$$\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb} \dots \dots \dots (3.65)$$

Dimana :

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

ΣM_{nb} = Jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada pada daerah lebar efektif pelat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

2. Perhitungan Tulangan Geser

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

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

- Momen tumpuan atas

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot e} \dots\dots\dots(3.66)$$

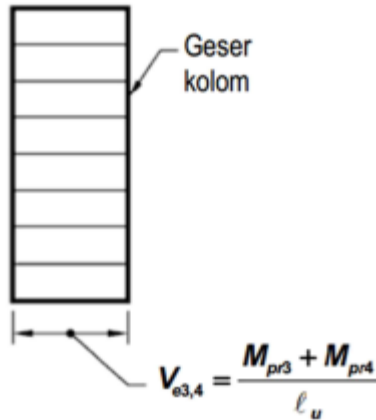
$$M_{pr} = A_s \times (1.25 \times f_y) \times (d - a/2) \dots\dots\dots(3.67)$$

- Momen tumpuan bawah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot e} \dots\dots\dots(3.68)$$

$$M_{pr} = A_s \times (1.25 \times f_y) \times (d - a/2) \dots\dots\dots(3.69)$$

- c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



Gambar 3. 6 Gaya Geser Desain untuk Kolom

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{\ell_u} \dots\dots\dots(3.70)$$

Dimana : ℓ_u = Panjang bentang bersih kolom

- d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(3.71)$$

Dimana $V_c = 0$ apabila: V_e akibat gempa lebih besar $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui

$$\frac{A_g \cdot f'_c}{10} \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2)}$$

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{\max} \dots\dots\dots(3.72)$$

Dimana:

$$A_v = \text{Luas tulangan sengkang (mm}^2\text{)}$$

3. Ketentuan-ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6)

a. Persyaratan Geometri

- Besarnya gaya tekan aksial terfaktor P_u tidak boleh kurang dari $\frac{A_g \cdot f_{cr}}{10}$
- Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang terpendek dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4

b. Persyaratan Tulangan Lentur

- Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang 0,01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0,06.
- Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada di tengah dan direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik serta harus diikat sesuai ketentuan tulangan transversal kolom.
- Sambungan mekanis tipe 1 (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) untuk penyambungan lentur tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2 (yaitu sambungan mekanis dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik batang tulangan yang disambung).

- c. Persyaratan Tulangan Geser
 - Senggang harus dipasang di sepanjang l_o , dimana panjang l_o diambil yang terbesar dari:
 - Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
 - $1/6$ bentang bersih struktur kolom
 - 450 mm
 - Spasi tulangan transversal sepanjang l_o tidak lebih dari yang terkecil:
 - $1/4$ dimensi minimum kolom
 - $6d$ dari tulangan senggang terkecil
 - So persamaan berikut:

$$S_o = 100 + \frac{350-hx}{3} \dots\dots\dots(3.73)$$
 Dimana : nilai s_o diambil $100 \text{ mm} \leq s_o \leq 150$

3.9. Perhitungan Hubungan Balok Kolom

1. Kekuatan Geser

Kekuatan geser hubungan balok kolom (HBK), harus memenuhi SNI 2847 – 2013 pasal 21.7.4.1

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

$$1,7 \sqrt{f'c} A_j \dots\dots\dots(3.74)$$
- Untuk joint yang terkekang oleh balok pada 3 muka atau pada 2 muka berlawanan

$$1,2 \sqrt{f'c} A_j \dots\dots\dots(3.91)$$
- Untuk kasus-kasus lainnya

$$1,0 \sqrt{f'c} A_j \dots\dots\dots(3.92)$$

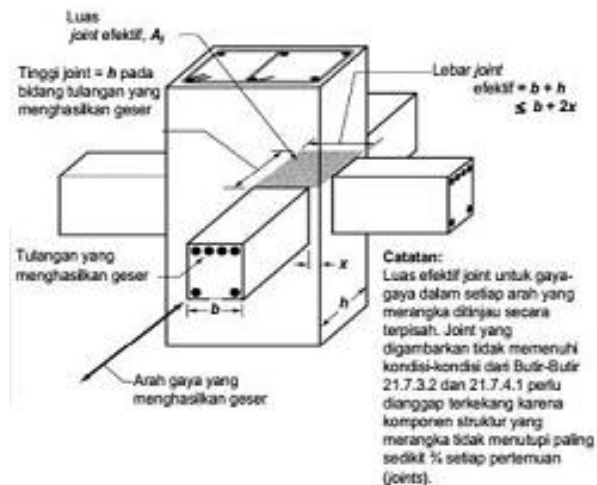
Keterangan :

A_j = luas penampang efektif hubungan balok kolom, dihitung dari h kolom dikali lebar joint efektif.

Lebar joint efektif tidak melebihi yang terkecil dari :

- Lebar balok ditambah tinggi joint
- Dua kali tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom.

Maksud, dari persyaratan di atas dapat dilihat lebih jelas pada gambar di bawah ini



Gambar 3. 7 Luas penampang efektif hubungan balok kolom

- Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik
 Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.7.5.1, panjang penyaluran ℓ_{dh} untuk ukuran \emptyset 10 sampai D-36 dengan kait 90° tidak boleh kurang dari :

- $8 db$
- 150 mm
- $\ell_{dh} = \frac{fy db}{5.4 \sqrt{fc'}}$

Untuk tulangan tanpa kait, panjang penyaluran minimal sebesar:

- a. 2,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm.
- b. 3,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300 mm.

3.10. Penulangan Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data tanah menggunakan SPT. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

1. Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung ijin tekan pondasi tiang terhadap kekuatan tanah mempergunakan formula sebagai berikut:
Berdasarkan data N SPT (Meyerhof)

$$Pa = \frac{qc \cdot Ap}{FK1} + \frac{\sum li \cdot fi \cdot Ast}{FK2} \dots\dots\dots(3.93)$$

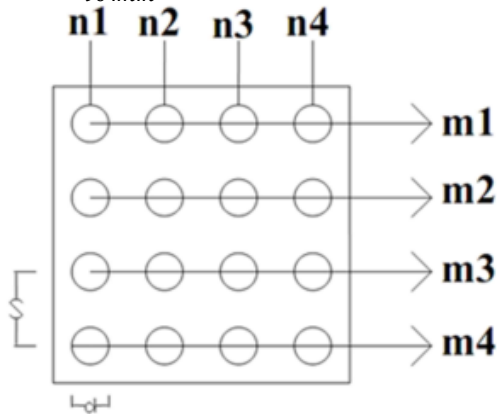
Dimana :

- Pa = daya dukung ijin tekan tiang
 qc = 20 N, untuk slit/clay
 = 40 N, untuk sand
 N = Nilai N SPT
 Ap = luas penampang tiang
 Ast = Keliling penampang tiang
 li = Panjang segmen tiang yang ditinjau
 fi = gaya geser pada setimut segmen tiang
 = N maksimum 12 ton/m², untuk slit/clay
 = N/5 maksimum 10 ton/m², untuk sand
 FK1, FK2 = factor keamanan, 3 dan 5.

2. Tiang Pancang

- a. Perhitungan Jarak Antar Tiang Pancang
 $2,5 D \leq S \leq 3D$
- b. Perhitungan Jarak Tiang Pancang ke Tepi Poer
 $1,5 D \leq S \leq 2D$
- c. Efisiensi (η)

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1).m+(m-1).n}{90 . m . n} \dots\dots\dots(3.94)$$



Gambar 3. 8 Efisiensi Kelompok Tiang

Dimana:

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

- d. Kekuatan Kelompok Tiang
 $P \text{ kelompok} = n \cdot \eta \cdot P_{ijin} \dots\dots\dots(3.95)$

e. Gaya yang Dipikul Tiang Pancang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y . x \text{ max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x . y \text{ max}}{\Sigma y^2}$$

f. Kontrol Tiang Pancang

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

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

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

3. Poer

a. Kontrol tebal minimum poer

Menurut SNI 2847:2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

b. Kontrol Geser

Kuat geser pondasi tetapak di sekitar kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi ditentukan oleh kondisi terberat dari dua hal berikut:

- Aksi batok satu arah di mana masing-masing penampang kritis yang akan ditinjau menjangkau sepanjang bidang yang memotong seluruh lebar pondasi telapak.
- Aksi dua arah di mana masing-masing penampang kritis yang akan ditinjau harus ditempatkan sedemikian hingga perimeter penampang adalah rminimum.

Perhitungan gaya geser 1 arah dan 2 arah untuk pile cap sama dengan perhitungan gaya geser 1 arah dan 2 arah pada pondasi telapak.

3.11. Penggambaran Teknik

Setelah analisis struktur dan perhitungan struktur selesai dilakukan dan memenuhi persyaratan yang ada, maka hasil perhitungan dapat dituangkan ke dalam gambar teknik supaya hasil desain struktur dapat dimengerti oleh pihak pelaksana ataupun yang nantinya akan menggunakan.

Penggambaran teknik hasil desain struktur menggunakan bantuan software Auto CAD. Penggambaran teknik yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Gambar arsitektural, meliputi:
 - Gambar Denah
 - Gambar tampak (tampak utara, selatan, timur, dan barat)
2. Gambar struktur, meliputi:
 - Denah Kolom
 - Denah Balok
 - Denah Sloof
 - Denah Pondasi
3. Gambar Potongan
 - Potongan Memanjang
 - Potongan Melintang
4. Gambar penulangan
 - Gambar penulangan Pelat
 - Gambar penulangan Pelat tangga dan bordes
 - Gambar penulangan balok
 - Gambar penulangan kolom
 - Gambar penulangan joint balok-kolom
 - Gambar penulangan sloof
 - Gambar penulangan poer dan pondasi

3.12. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok - Pelat Lantai

Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pelaksanaan pekerjaan balok dan plat lantai. Urutan pelaksanaan dan peralatan yang dibutuhkan akan diuraikan secara singkat seperti di bawah ini :

1. Tahap Persiapan Balok dan Pelat Lantai
 - Pekerjaan Pengukuran
 - Pembuatan Bekisting
 - Pabrikasi Besi
2. Tahap Pekerjaan Balok dan Palat Lantai
 - Pembeskitingan Balok dan Pelat Lantai
 - Pengecekan Bekisitng
 - Pembesian Balok dan Pelat Lantai
 - Pengecekan Pembesian
3. Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai
 - Administrasi Pengecoran
 - Proses Pengecoran Balok dan Pleat Lantai
 - Pembongkaran Bekisting
 - Perawatan (curing)

Setelah ditentukan urutan metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kemudian dilakukan pemilihan alat yang akan digunakan untuk melaksanakan pekerjaan.

1. Bar Bender
2. Bar Cutter
3. Concret Vibrator
4. Scaffolding
5. Concrete Pump Truck
6. Portable Concrete Pump
7. Tower Crane
8. Kompresor

BAB IV PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data Desain Preliminary

Data untuk struktur gedung beton bertulang ini adalah sebagai berikut :

| | |
|------------------|-----------------------|
| Tipe Bangunan | : Gedung Perkuliahan |
| Letak Bangunan | : Dekat dengan pantai |
| Lebar Bangunan | : 41 m |
| Panjang Bangunan | : 64 m |
| Tinggi Bangunan | : 38,26 m |
| Mutu Beton | : 30 MPa |
| Mutu Baja | : 410 MPa |

4.2 Preliminary Balok

Preliminary desain balok bertujuan untuk memperkirakan lebar dan tinggi balok. Tinggi minimum balok (h_{\min}) tanpa memperhitungkan lendutan ditentukan pada Tabel 3.3 SNI 03-2847-2013 dimana tinggi minimum untuk balok tertumpu sederhana adalah:

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

Sedangkan untuk tinggi minimum balok anak adalah :

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

Sedangkan untuk tinggi minimum balok kantilever adalah :

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

Dengan catatan, untuk nilai f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$, sehingga untuk mutu baja 410 Mpa nilai h_{\min} adalah:

$$h_{\min} = \frac{l}{16} \times \left(0,4 + \frac{410}{700} \right)$$

Sedangkan untuk lebar balok diestimasikan berkisar antara 1/2 sampai 2/3 dari tinggi balok.

4.2.1 Preliminary Balok Induk (B1)

1. Tinggi Balok

$$L = 8 \text{ m}$$

$$h_{\min} = \frac{8}{16} \times \left(0,4 + \frac{410}{700} \right) = 0,5 \text{ m}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 70 cm.

2. Lebar Balok (b)

$$b = 2/3 \cdot h = 2/3 \cdot 50 = 0,33 \text{ m}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 60 cm.

Sehingga dimensi untuk balok Induk memanjang adalah 60 x 70 cm

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Balok Induk

| Nama | Bentang | Dimensi Balok | |
|------|---------|---------------|-------|
| | L (m) | h (m) | b (m) |
| B2 | 5 | 0.7 | 0.45 |
| B1 | 8 | 0.7 | 0.60 |

4.2.2 Preliminary Balok Anak (B4)

1. Tinggi Balok

$$L = 5 \text{ m}$$

$$h_{\min} = \frac{5}{21} \times \left(0,4 + \frac{410}{700} \right) = 0,3 \text{ m}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 30 cm.

2. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 30 = 0,2 \text{ m}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 20 cm.

Sehingga dimensi untuk balok Induk memanjang adalah 20 x 30 cm

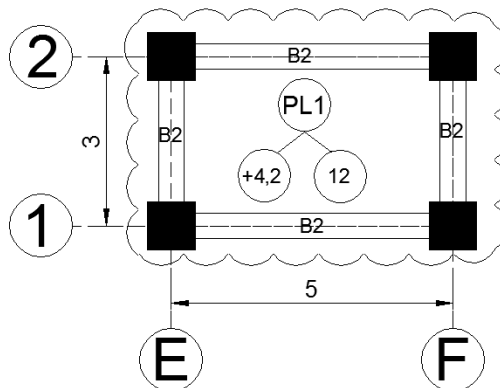
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Preliminary Balok Anak

| Nama | Bentang | Dimensi Balok | |
|------|---------|---------------|-------|
| | L (m) | h (m) | b (m) |
| B4 | 5 | 0.3 | 0.2 |
| B3 | 8 | 0.4 | 0.3 |

4.3 Preliminary Pelat

Untuk menentukan tebal pelat, maka diambil satu macam plat:

Tipe Pelat PL1 dengan dimensi 300 cm x 500 cm



Gambar 4. 1 Pelat Tipe PL1

$$B2 = 45/70 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu panjang (L_n)

$$L_n = 500 - 45/2 - 45/2 = 455 \text{ cm}$$

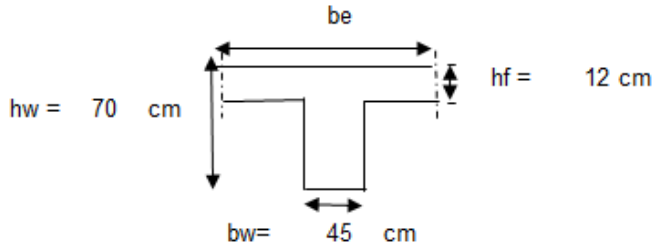
Bentang Bersih sumbu pendek (S_n)

$$S_n = 300 - 45/2 - 45/2 = 255 \text{ cm}$$

Maka :

$$\beta = L_n/S_n = 455/255 = 1,78 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

• **Lihat Balok As 1 joint E-F**



Gambar 4. 2 Lebar Efektif Balok Interior As B joint 6-7

$$be = bw + 2 hb = 45 + 2 (70-12) = 161 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 hf = 45 + 8 (12) = 141 \text{ cm}$$

Dipilih be terkecil, maka $be = 141 \text{ cm}$

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

$$K = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{70}\right) x \left(4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{70}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$K = 1,56$$

Momen Inersia Balok :

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 x K x b x h^3 \\ &= 1/12 x 1,56 x 45 x 70^3 \\ &= 2\,009\,469,8 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

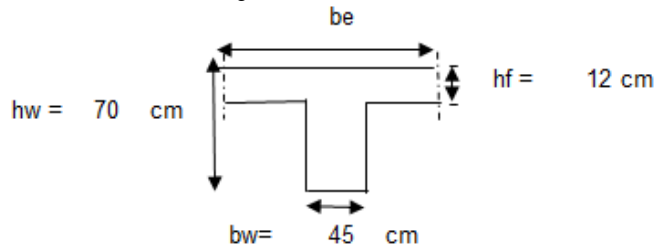
Momen Inersia Plat :

$$\begin{aligned} I_{\text{Plat}} &= 1/12 \times b_p \times h_f^3 \\ &= 1/12 \times \left(\frac{500+300}{2}\right) \times 12^3 \\ &= 57600 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat

$$\alpha_1 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{Plat}}} = \frac{2\,009\,469,8}{57600} = 34,89$$

- **Lihat Balok As 2 joint E-F**



Gambar 4. 3 Lebar Efektif Balok Interior

$$be = bw + 2 hb = 45 + 2 (70-12) = 161 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 hf = 45 + 8 (12) = 141 \text{ cm}$$

Dipilih be terkecil, maka $be = 141 \text{ cm}$

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

$$K = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{70}\right) \times \left(4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2\right) + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{70}\right)^3}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$K = 1,56$$

Momen Inersia Balok :

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \times K \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 1,56 \times 45 \times 70^3 \\ &= 2\,009\,469,8 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

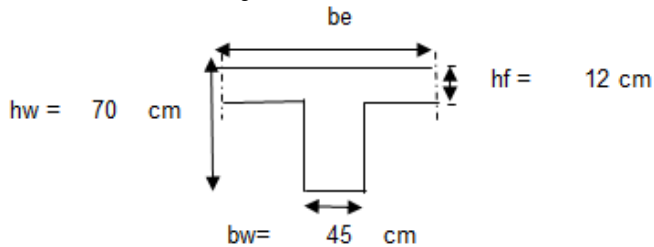
Momen Inersia Plat :

$$\begin{aligned} I_{\text{Plat}} &= 1/12 \times b_p \times h_f^3 \\ &= 1/12 \times \left(\frac{500+300}{2} \right) \times 12^3 \\ &= 57600 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat

$$\alpha_2 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{Plat}}} = \frac{2\,009\,469,8}{57600} = 34,89$$

- **Lihat Balok As E joint 1-2**



Gambar 4. 4 Lebar efektif balok interior

$$be = bw + 2 hb = 45 + 2 (70-12) = 161 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 hf = 45 + 8 (12) = 141 \text{ cm}$$

Dipilih be terkecil, maka $be = 141 \text{ cm}$

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

$$K = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{70} \right) \times \left(4 - 6 \left(\frac{12}{70} \right) + 4 \left(\frac{12}{70} \right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{70} \right)^3 \right)}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{70} \right)}$$

$$K = 1,56$$

Momen Inersia Balok :

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \times K \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 1,56 \times 45 \times 70^3 \\ &= 2\,009\,469,8 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

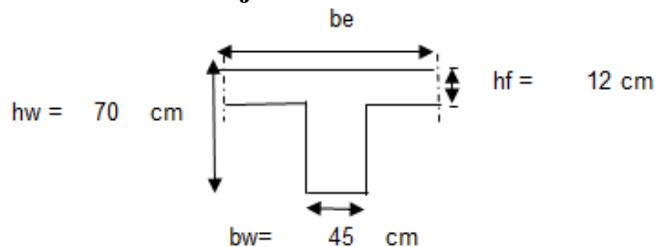
Momen Inersia Plat :

$$\begin{aligned} I_{\text{Plat}} &= 1/12 \times b_p \times h_f^3 \\ &= 1/12 \times \left(\frac{500+300}{2} \right) \times 12^3 \\ &= 57600 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat

$$\alpha_3 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{Plat}}} = \frac{2\,009\,469,8}{57600} = 34,89$$

- **Lihat Balok As F joint 1-2**



Gambar 4. 5 Lebar efektif balok interior

$$be = bw + 2 hb = 45 + 2 (70-12) = 161 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 hf = 45 + 8 (12) = 141 \text{ cm}$$

Dipilih be terkecil, maka $be = 141 \text{ cm}$

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

$$K = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{70} \right) \times \left(4 - 6 \left(\frac{12}{70} \right) + 4 \left(\frac{12}{70} \right)^2 \right) + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{70} \right)^3}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{70} \right)}$$

$$K = 1,56$$

Momen Inersia Balok :

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \times K \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 1,56 \times 45 \times 70^3 \\ &= 2\,009\,469,8 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Momen Inersia Plat :

$$\begin{aligned} I_{\text{Plat}} &= 1/12 \times b p \times h f^3 \\ &= 1/12 \times \left(\frac{500+300}{2} \right) \times 12^3 \\ &= 57600 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat

$$\alpha_4 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{Plat}}} = \frac{2\,009\,469,8}{57600} = 34,89$$

Dari keempat balok di atas didapatkan rata-rata :

$$\begin{aligned} \alpha_m &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\ &= \frac{34,89 + 34,89 + 34,89 + 34,89}{4} \\ &= 34,89 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3. Karena $\alpha_m > 2,0$ dipakai persamaan :

$$\begin{aligned} h &= \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9 \beta} \\ &= \frac{455 \left(0,8 + \frac{410}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot 1,78} \\ &= 9,55 \text{ cm} < 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka dipakai tebal plat : $h = 12 \text{ cm}$

4.4 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan struktur bangunan ini perencanaan tangga direncanakan dengan memperhitungkan kenyamanan juga sesuai dengan pasal 5.2.2.1 SNI 03-1746-2000 dimana perencanaannya adalah sebagai berikut :

1. Ketinggian anak tangga / tanjakan (t)
Disyaratkan antara 10 – 18 cm, digunakan 16.8 cm
2. Kedalaman anak tangga / injakan (i)
Disyaratkan minimum 28 cm, digunakan 30 cm

3. Bordes

Disyaratkan maksimum ketinggian antar 370 digunakan 218,4 cm

4. Pelat Tangga

- a. Lebar tangga : 135 cm
- b. Lebar bordes : 150 cm
- c. Panjang bordes : 285 cm
- d. Jumlah tanjakan (n_T) : 25 Buah
- e. Jumlah injakan (n_i) : 24 Buah
- f. Jumlah tanjakan ke bordes : 12 Buah
- g. Jumlah tanjakan dari bordes : 11 Buah
- h. Panjang horizontal tangga : $12 \times 30 = 360 \text{ cm}$
- i. Kemiringan tangga (α)

$$\tan \alpha = \frac{\text{Tinggi anak tangga}}{\text{Lebar anak tangga}} = \frac{16,8}{30} = 0,56$$

$$\alpha = 29,2^\circ$$

Syarat sudut kemiringan $25^\circ < \alpha < 40^\circ$

$25^\circ < 29^\circ < 40^\circ$ (Memenuhi)

$$\begin{aligned} \text{j. Tebal plat rata-rata anak tangga} &= i/2 \sin \alpha \\ &= 30/2 \sin 29,2^\circ \\ &= 7,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{k. Tebal plat tangga} \\ h &= 15 \text{ cm} \\ \text{Tebal plat tangga rata-rata} &= 15 + 7,3 = 22,3 \approx 23 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{l. Tebal plat bordes} \\ \text{Tebal plat :} \\ h &= 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

5. Balok Bordes

- Tinggi Balok

$$L = 3 \text{ m}$$

$$h_{\min} = \frac{3}{16} \times \left(0,4 + \frac{410}{700} \right)$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 65 cm.

- Lebar Balok (b)

$$b = 2/3 \cdot h = 2/3 \cdot 40 = 0,27 \text{ m}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 60 cm.

Sehingga dimensi untuk balok Induk memanjang adalah 60 x 65 cm

4.5 Preliminary Kolom

Untuk membuat sifat struktur menjadi "strong column, weak beam", maka untuk preliminary dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{L \text{ kolom}}{I \text{ kolom}} \geq \frac{L \text{ balok}}{I \text{ balok}}$$

$$L \text{ balok} = 8 \text{ m}$$

$$L \text{ kolom} = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi balok} = 60/70 \text{ cm}$$

Apabila diasumsikan b kolom = h kolom, maka :

$$\frac{L \text{ kolom}}{\frac{1}{12} \cdot b \text{ kolom} \cdot h \text{ kolom}^3} \geq \frac{L \text{ balok}}{\frac{1}{12} \cdot b \text{ balok} \cdot h \text{ balok}^3}$$

$$\frac{4200 \text{ mm}}{\frac{1}{12} \cdot b \text{ kolom} \cdot h \text{ kolom}^3} \geq \frac{8000 \text{ mm}}{\frac{1}{12} \cdot 600 \text{ mm} \cdot (700 \text{ mm})^3}$$

$$b \text{ kolom}^4 = \frac{4200 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \cdot (700 \text{ mm})^3}{8000 \text{ mm}}$$

$$b \text{ kolom} = 570 \text{ mm}$$

Maka digunakan kolom dengan dimensi :

$$K1 = 850 \times 850 \text{ mm} \quad \text{dan} \quad K2 = 750 \times 750 \text{ mm}$$

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1 Beban Gravitasi

Beban elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi yang dimana mengacu pada peraturan SNI 03-1727-2013, dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material dapat lihat pada Lampiran 1. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000 v.14.

5.1.1 Beban Mati (DL)

Beban mati terdiri atas berat sendiri seluruh elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung seperti dinding, lantai atap, plafon dan partisi. Beban mati terdiri dari dua macam, antara lain:

1. Berat sendiri elemen struktur (Self Weight, DL)
Berat beton = 2400 kg/m³
2. Berat sendiri tambahan (Superimposed dead load, SDL)
 - a. Beban spesi per cm tebal
(21 kg/m³ x 3) = 63 kg/m²
(PPIUG 1983)
 - b. Beban kramik per cm tebal = 16,5 kg/m²
(Brosur)
 - c. Plafond Kalsiboard 4.5 = 6 kg/m²
(Brosur)
 - d. Partisi plafond kalsipart 8 = 12 kg/m²
(Brosur)
 - e. Beban ducting mechanical = 19 kg/m²
(ASCE 7-02)

f. Beban dinding

- Bata ringan citicon ($600\text{kg/m}^3 \times 0,15\text{m}$) = 90 kg/m^2 (brosur)
- Plester D200 ($20 \text{ kg/m}^2/\text{cm} \times 2 \text{ cm}$) = 40kg/m^2 (brosur)
- Acian NP S450 ($3 \text{ kg/m}^2/2\text{mm} \times 2 \text{ cm}$) = 30 kg/m^2 (brosur)

g. Beban Lift

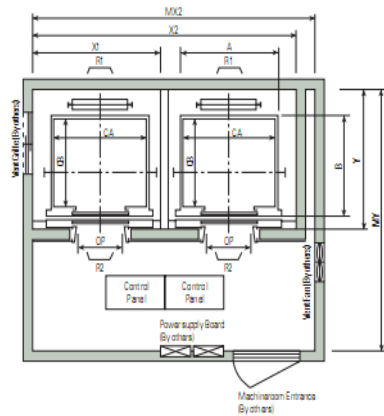
Untuk Lift yang dipakai adalah merk Hyundai dengan reaksi sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Hyundai

| Speed | Capacity | | M/C Room Reaction | | Clear | Pit Reaction | |
|---------|----------|-----|-------------------|------|---------|--------------|------|
| | | | (kg) | | Opening | (kg) | |
| (m/sec) | Person | Kg | R1 | R2 | OP | R3 | R4 |
| 1 | 10 | 700 | 4200 | 2700 | 800 | 6800 | 5400 |

Tabel 5. 2 Spesifikasi Lift Hyundai

| Inside Dimension | | | | | |
|------------------|------|----------|------|--------------|------|
| Car | | Hoistway | | Machine Room | |
| CA | CB | X2 | Y | MX2 | MY |
| 1400 | 1250 | 3700 | 1850 | 4000 | 3600 |



Gambar 5. 1 Dimensi Elevator Hyundai

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:

Panjang balok penggantung lift = 2,39 m

$$R_a = R_1 \cdot KLL$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL$$

Menurut PPIUG 1983 pasal 3.3.(3)

$$KLL = (1 + k_1 k_2 v) > 1,15$$

Dimana :

KLL = Koefisien kejut beban hidup yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

k_1 = Koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

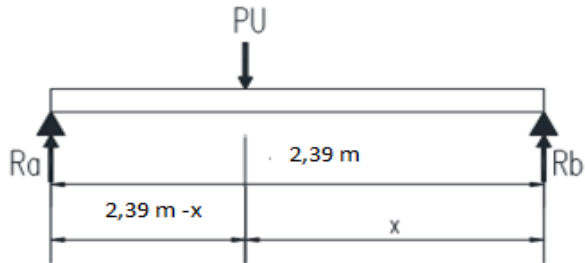
k_2 = Koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan dapat diambil sebesar 1,3

maka :

$$\begin{aligned} KLL &= (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) \\ &= 1,78 \end{aligned}$$

$$R_a = R_1 \cdot KLL = 4200 \cdot 1,78 = 7476 \text{ kg}$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL = 2700 \cdot 1,78 = 4806 \text{ kg}$$



Gambar 5. 2 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

$$\Sigma M_b = 0$$

$$0 = 2,39 \cdot 7476 - P_u \cdot x$$

$$0 = 17867,64 - P_u \cdot x$$

$$P_u = 17867,64/x$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$0 = 2,39 \cdot 4806 - P_u (2,39 - x)$$

$$0 = 11486,34 - 17867,64/x (2,39 - x)$$

$$0 = 11486,34 - 42703,66/x + 17867,64$$

$$0 = 29353,98 - 42703,66/x$$

$$x = 42703,66/29353,98$$

$$x = 1,45 \text{ m}$$

Maka :

$$P_u = 17867,64/x$$

$$P_u = 17867,64/1,45$$

$$P_u = 12282 \text{ kg}$$

5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam. Bergantung fungsi ruang, maka beban hidup dapat di bedakan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1 sebagai berikut:

1. Beban Hidup

- Beban Ruang Kelas = 192 kg/m^2
- Beban Koridor Diatas Lt 1 = 383 kg/m^2
- Beban Koridor Lt 1 = 479 kg/m^2
- Beban Bordes dan anak tangga = 133 kg/m^2
- Jumlah anak tangga = 12 Buah
- Total beban = $133 \times 12 = 1596 \text{ kg}$
- Area Tangga Rencana = Lebar tangga x Panjang tangga
- A = $1,35 \times 3,6$
- = $4,86 \text{ m}^2$

Beban merata pada bordes dan anak tangga = $\frac{1596}{4,86} = 328 \text{ kg/m}^2$

- Beban Atap (yang terhubung langsung dengan pekerja lantai) = 96 kg/m^2

2. Beban Air Hujan

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 8.3, beban hujan rencana adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

d_s = Tinggi statis

d_H = Tinggi Hidrolik

Apabila direncanakan $d_s = 10 \text{ mm}$ dan $d_H = 20 \text{ mm}$, maka :

$$\begin{aligned} R &= 0,0098 (10 + 20) \\ &= 0,29 \text{ kN/m}^2 \\ &= 29,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

5.2 Beban Angin (W)

Bangunan gedung dan struktur lain termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus dirancang dan dilaksanakan

untuk menahan beban angin sesuai dengan SNI 03-1727-2013. Beban angin dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom. Berikut tahapan perhitungan beban angin yang terjadi pada struktur bangunan :

a. Kecepatan angin dasar (V)

Surabaya (Kota Surabaya)



Gambar 5. 3 Kecepatan Angin Dasar

Berdasarkan data dari www.bmkg.go.id pada tanggal 08/02/2018, kecepatan angin paling ekstrim sebesar 19 km/jam. Namun BMKG pernah melaporkan cuaca ekstrim dimana kecepatan saat itu mencapai 20-40 km/jam. Maka untuk perencanaan digunakan kecepatan angin saat kondisi ekstrim yaitu 40 km/jam (<https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3441692/hujan-angin-kencang-di-surabaya-ini-penjelasan-bmkg>).

$$V = 40 \text{ km/jam} = 11,1 \text{ m/s}$$

- b. Faktor arah angin (K_d) = 0,85 (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.6.1)
- c. Kategori Eksposur = B (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.7.2 dan 26.7.3)
- d. Faktor Topografi (K_{zt}) = 1 (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.8.2)

- e. Faktor Efek Angin (G) = 0,85 ((SNI 03-1727-2013 Pasal 26.9.1)
- f. Klasifikasi Ketertutupan = Bangunan tertutup (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.10)
- g. Koefisien Tekanan Internal
 $GC_{pi} = 0,18$ (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.11-1)
 $GC_{pi} = -0,2$ (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.11-1)
- h. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (K_z dan K_h)
 Tinggi Bangunan, $z = 36,1$ m
 $z_g = 365,76$ m (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.9.1)
 $\alpha = 7$ (SNI 03-1727-2013 Tabel 26.9.1)
 $k_z = k_h = 2,01 \left(\frac{z}{z_g}\right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2,01 \left(\frac{36,1}{365,76}\right)^{\frac{2}{7}} = 1,04$
- i. Tekanan Velositas (q_z dan q_h)
 $q_z = 0,61 k_z k_{zt} k_d v^2$
 $= 0,61 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 85,11,1^2$
 $= 66,7 \text{ N/m}^2$
- j. Koefisien Tekanan Eksternal (untuk dinding pada gedung)
 Panjang bangunan (L) = 53 m
 Lebar bangunan (B) = 11 m
 $L/B = 53/11 = 4,82$
 $C_p = 0,8$ (Untuk dinding angin datang berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)
 $C_p = -0,7$ (Untuk dinding angin tepi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)
 $C_p = -0,2$ (Untuk dinding angin pergi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)
- k. Koefisien Tekanan Eksternal (untuk atap baja)
 Tinggi atap (h) = 40,02 m
 Panjang Atap (L) = 33 m

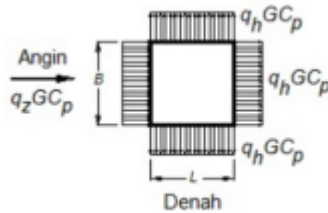
$$h/L = 40,02/33 = 1,21$$

Sudut kemiringan = 35°

$C_p = 0,2$ dan $-0,2$ (Untuk angin sisi datang berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)

$C_p = -0,6$ (Untuk angin sisi pergi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)

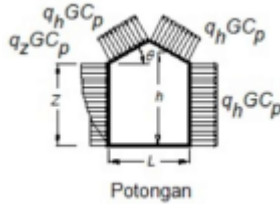
1. Pengaruh Angin pada Dinding



Gambar 5. 4 Pengaruh Angin pada Dinding

| | |
|------------------------|---|
| Pada arah angin datang | $= q_z \cdot G \cdot C_p$ $= 66,7 \cdot 0,85 \cdot 0,8$ $= 45,4 \text{ N/m}^2$ $= 4,54 \text{ kg/m}^2$ |
| Pada arah angin tepi | $= q_h \cdot G \cdot C_p$ $= 66,7 \cdot 0,85 \cdot -0,7$ $= -40 \text{ N/m}^2$ $= -4 \text{ kg/m}^2$ |
| Pada arah angin pergi | $= q_h \cdot G \cdot C_p$ $= 66,7 \cdot 0,85 \cdot -0,2$ $= -11 \text{ N/m}^2$ $= -1,1 \text{ kg/m}^2$ |

m. Pengaruh Angin pada Atap



Gambar 5. 5 Pengaruh Beban Angin pada Atap

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin datang} &= q_h \cdot G \cdot C_p \\
 &= 66,7 \cdot 0,85 \cdot 0,2 \\
 &= 11,3 \text{ N/m}^2 \\
 &= 1,13 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin pergi} &= q_h \cdot G \cdot C_p \\
 &= 66,7 \cdot 0,85 \cdot -0,6 \\
 &= -34 \text{ N/m}^2 \\
 &= -3,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin

| Lantai | Tinggi | zg | α | Kz/ Kh | qz/qh | qz.G.Cp | qh.G.Cp | qh.G.Cp |
|----------|--------------|-----|----------|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Bangunan (z) | | | | | Datang | Tepi | Pergi |
| Bangunan | (m) | (m) | | | (N/m ²) | (Kg/m ²) | (Kg/m ²) | (Kg/m ²) |
| 1 | 0 | 366 | 7 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 4.2 | 366 | 7 | 0.56 | 36.1 | 2.45 | -2.15 | -0.61 |
| 3 | 8.4 | 366 | 7 | 0.68 | 44 | 2.99 | -2.62 | -0.75 |
| 4 | 12.6 | 366 | 7 | 0.77 | 49.4 | 3.36 | -2.94 | -0.84 |
| 5 | 16.8 | 366 | 7 | 0.83 | 53.6 | 3.65 | -3.19 | -0.91 |
| 6 | 21 | 366 | 7 | 0.89 | 57.2 | 3.89 | -3.40 | -0.97 |
| 7 | 25.2 | 366 | 7 | 0.94 | 60.2 | 4.09 | -3.58 | -1.02 |
| 8 | 29.4 | 366 | 7 | 0.98 | 62.9 | 4.28 | -3.74 | -1.07 |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|-----|---|------|------|------|-------|-------|
| 9 | 33.5 | 366 | 7 | 1.02 | 65.3 | 4.44 | -3.89 | -1.11 |
| Atap Baja | 38.26 | 366 | 7 | 1.05 | 67.8 | 1.15 | | -3.46 |

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum adalah $0,77 \text{ kN/m}^2 = 77 \text{ kg/m}^2$ untuk dinding bangunan dan $0,38 \text{ kN/m}^2 = 38 \text{ kg/m}^2$ untuk luas atap bangunan gedung. Sehingga untuk pembebanan angin yang terjadi adalah:

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban Angin Minimum

| Lantai | Tinggi | zg | α | Kz/ Kh | qz/qh (N/m ²) | qz.G.Cp | qh.G.Cp | qh.G.Cp |
|-----------|--------------|-----|----------|-----------|------------------------------|---------|----------------------|----------------------|
| | Bangunan (z) | | | | | Datang | Tepi | Pergi |
| | (m) | | | | | (m) | (Kg/m ²) | (Kg/m ²) |
| 1 | 0 | 366 | 7 | 0 | 0 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 2 | 4.2 | 366 | 7 | 0.56 | 36.1 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 3 | 8.4 | 366 | 7 | 0.68 | 44 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 4 | 12.6 | 366 | 7 | 0.77 | 49.4 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 5 | 16.8 | 366 | 7 | 0.83 | 53.6 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 6 | 21 | 366 | 7 | 0.89 | 57.2 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 7 | 25.2 | 366 | 7 | 0.94 | 60.2 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 8 | 29.4 | 366 | 7 | 0.98 | 62.9 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| 9 | 33.5 | 366 | 7 | 1.02 | 65.3 | 77.00 | -77.00 | -77.00 |
| Atap Baja | 38.26 | 366 | 7 | 1.05 | 67.8 | 38.00 | | -38.00 |

5.3 Beban Gempa

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisa dinamis 3 dimensi. Fungsi respons spektrum ditetapkan sesuai peta wilayah gempa daerah di Surabaya.

5.3.1 Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.12 Tabel 1, bangunan yang didesain untuk fasilitas pendidikan masuk kedalam kategori risiko IV.

5.3.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 2 dan kategori risiko yang didapat maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni $I_e = 1,50$.

5.3.3 Menentukan Kelas Situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 40 m pada tanah setempat (Ketintang Surabaya):

Tabel 5. 5 Perhitungan SPT

| Lapisan ke=i | Kedalaman | Tebal Lapisan (ti) | Jenis Tanah | Nilai N-SPT (Ni) | ti/Ni |
|---|-----------|--------------------|---|------------------|-------|
| Lapisan 1 | 1-10 | 10 | Lempung berlanau berpasir abu-abu | 5.5 | 1.82 |
| Lapisan 2 | 10-16 | 6 | Lempung berlanau abu-abu | 12.5 | 0.48 |
| Lapisan 3 | 16-26 | 10 | Lempung berlanau coklat | 13 | 0.77 |
| Lapisan 4 | 26-31 | 5 | Lempung berlanau berkerikil coklat kekuningan | 22 | 0.23 |
| Lapisan 5 | 31-37 | 6 | Lempung berlanau coklat | 25 | 0.24 |
| Lapisan 6 | 37-40 | 3 | Lempung berlanau abu-abu | 20 | 0.15 |
| $\Sigma ti/Ni$ | | | | | 3.68 |
| $N \text{ rata-rata} = \text{kedalaman total}/(\Sigma ti/Ni)$ | | | | | 10.86 |

Keterangan :

ti = tebal tiap lapisan

N = tahanan penetrasi standart 60% energi

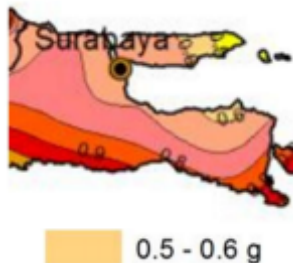
Menurut SNI 03-1726-2012 Tabel 3 pasal 5.3, untuk $N < 15$ maka termasuk situs SE (Tanah Lunak).

5.3.4 Menentukan Parameter Percepatan Gempa



Gambar 5. 6 Nilai S_1 , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik

(SNI 03-1726-2012 pada gambar 10)



Gambar 5. 7 Nilai S_s , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek

Maka diambil nilai $S_s = 0,663$ dan $S_1 = 0,247$ (Sumber: puskim.pu.go.id)

5.3.5 Menentukan Koefisien Situs

Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a). Sumber dari : puskim.pu.go.id atau tabel 4 SNI 1726 tahun 2012 maka $S_s = 0.663$ dan $F_a = 1,374$.

Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Sumber dari puskim.pu.go.id atau tabel 5 SNI 1726 tahun 2012 maka $S_1 = 0,247$ dan $F_v = 3,012$.

5.3.6 Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.2 maka :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,374 \cdot 0,663 = 0,91$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 3,012 \cdot 0,247 = 0,74$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3 maka :

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \cdot 0,91 = 0,607$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \cdot 0,74 = 0,496$$

5.3.7 Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 6 dan Tabel 7, untuk $0,5 \leq S_{DS}$, $0,2 \leq S_{D1}$, dan kategori risiko IV didapatkan kategori desain seismik D.

5.3.8 Menentukan Parameter Struktur

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 9, untuk sistem rangka pemikul momen khusus adalah:

$$\text{Koefisien modifikasi respons (R)} : 8$$

$$\text{Faktor kuat-lebih sistem } (\Omega_0) : 3$$

$$\text{Faktor pembesaran defleksi } (C_d) : 5,5$$

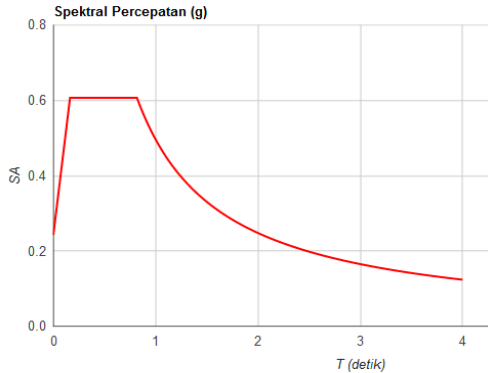
5.3.9 Analisa Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4 atau puskim.pu.go.id, didapatkan bahwa:

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,496}{0,607} = 0,163 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,496}{0,607} = 0,817 \text{ detik}$$

Maka :



Gambar 5. 8 Respons Spektrum Desain

5.4 Kombinasi Pembebanan

1. Kombinasi beban untuk perhitungan struktur atas menggunakan metode desain kekuatan sebagai berikut :
 1. 1.4D
 2. 1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr atau S atau R)
 3. 1.2D + 1.6 (Lr atau S atau R) + (l atau 0.5 W)
 4. 1.2D + 1.0W + 1,0L + 0.5 (Lr atau R)
 5. 1.2D + 1.3E + 1,0L
 6. 0.9D + 1.0W
 7. 0.9D + 1.3 E
2. Kombinasi pembebanan untuk perhitungan struktur bawah menggunakan metode tegangan ijin sebagai berikut :
 1. D
 2. D + L
 3. D + (Lr atau R)
 4. D + 0.75L + 0.75 (Lr atau R)
 5. D + (0.6W atau 1,3E)

6. $D + 0.75L + 0.75(0.6W \text{ atau } 1,3E) + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$
7. $D + 0.75L + 0.75(0.7E)$
8. $0.6D + 0.6W$
9. $0.6D + 1.3E$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

R = Beban hujan

Lr = Beban hidup atap

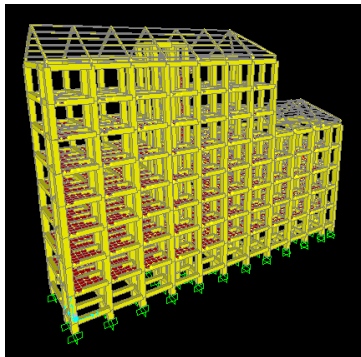
W = Beban angin

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

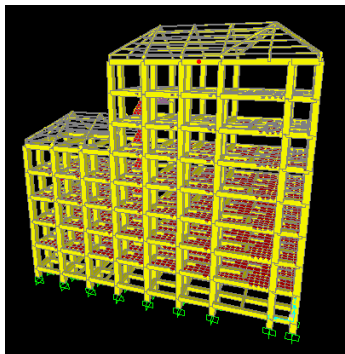
BAB VI **ANALISA PERMODELAN**

6.1 Permodelan Struktur dengan SRPMK

Model undeformed shape struktur bangunan dengan SRPMK ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang merupakan permodelan yang dilakukan pada program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 6. 1 Permodelan Struktur Gedung A

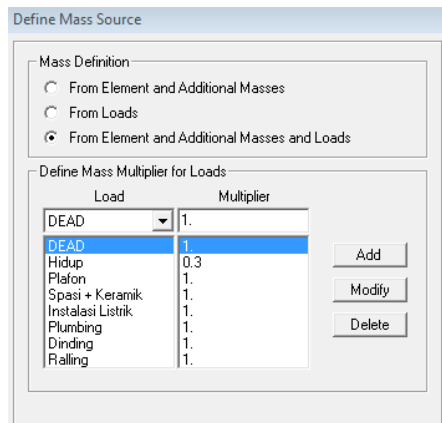


Gambar 6. 2 Permodelan Struktur Gedung B

6.2 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source adalah massa struktur pada program bantu SAP 2000 v.14 yang digunakan pada perhitungan untuk analisa modal menggunakan pilihan “mass definition : from element and additional masses and loads” yang dimana berat sendiri akan dihitung oleh struktur sedangkan beban beban tambahan ditambahkan dengan pembesaran sesuai dengan jenis bebannya. Massa-massa beban yang dimasukkan adalah sebagai berikut:

- Beban mati tambahan (keramik + spesi, dinding, plafon, Plumbing, dll) : Multiplier 1,0.
- Beban hidup : Multiplier 0,3



Gambar 6. 3 Input *Mass Source* pada SAP 2000 v.14

6.3 Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa

Peninjauan gempa horizontal dibagi kedalam dua arah yaitu:

1. Gempa arah x dengan komposisi 100% Ex + 30% Ey
2. Gempa arah y dengan komposisi 30% Ex + 100% Ey

6.4 Pendefinisian Modal Analisis dan Ragam Analisis

Analisis modal menggunakan SAP 2000 diambil sebanyak 5 kali dari jumlah lantai yang dimodelkan, Mode Shape untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%. Dalam hal ini partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral kearah X dan kearah Y. Input form untuk analisa modal dapat dilihat pada Gambar 6.4.

| Number of Modes | |
|-------------------------|----|
| Maximum Number of Modes | 45 |
| Minimum Number of Modes | 1 |

| Loads Applied | | | Target Dynamic Participation Ratios (%) |
|---------------|-----------|----------------|---|
| Load Type | Load Name | Maximum Cycles | |
| Accel | UX | 0 | 99 |
| Accel | UX | 0 | 99 |
| Accel | UY | 0 | 99 |

Gambar 6. 4 Input untuk Analisa Modal di SAP 2000 v.14

6.5 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum SAP 2000 untuk SRPM

Faktor skala gaya diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{I_e}{R} g = \frac{1,5}{8} \cdot 9,81 = 1,83$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan terkena gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus yang ditinjau adalah $0,3 \times 1,83 = 0,551$

| Loads Applied | | | |
|---------------|-----------|----------------|--------------|
| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
| Accel | U1 | Gempa Sura | 1.8394 |
| Accel | U1 | Gempa Surabaya | 1.8394 |
| Accel | U2 | Gempa Surabaya | 0.5518 |

Add
Modify
Delete

Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Sumbu X

| Loads Applied | | | |
|---------------|-----------|----------------|--------------|
| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
| Accel | U2 | Gempa Sura | 1.8394 |
| Accel | U2 | Gempa Surabaya | 1.8394 |
| Accel | U1 | Gempa Surabaya | 0.5518 |

Add
Modify
Delete

Gambar 6. 6 Input Faktor Skala Gaya pada Sumbu Y

6.6 Kontrol Dinamis

6.6.1 Kontrol Periode Fundamental

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726 2012 Tabel 15 sebagai batas bawah sebesar :

$$T_a = C_t \cdot h_n$$

Dimana : h_n : Ketinggian Struktur
 C_t : Parameter pendekatan tipe struktur
 x : Parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

| Tipe Struktur | C_t | x |
|--|-------|-----|
| Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku | | |

| | | |
|--|---------------------|------|
| dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa | | |
| Rangka baja pemikul momen | 0,0724 ^a | 0,8 |
| Rangka beton pemikul momen | 0,0466 ^a | 0,9 |
| Rangka baja dengan bresing eksentris | 0,0731 ^a | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 0,0731 ^a | 0,75 |
| Semua system struktur lainnya | 0,0488 ^a | 0,75 |

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

$$T_a = 0,0466 \cdot (33,5^{0,9}) = 1,0988 \text{ detik untuk gedung A}$$

$$T_a = 0,0466 \cdot (33,5^{0,9}) = 1,0988 \text{ detik untuk gedung B}$$

Dengan batas atas periode fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar :

Tabel 6. 2 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

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

Karena nilai $S_{D1} = 0,496 > 0,4$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$ sehingga :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,0988 = 1,538 \text{ detik untuk gedung A}$$

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,0988 = 1,538 \text{ detik untuk gedung B}$$

Dari permodelan pada SAP 2000 didapatkan :

Tabel 6. 3 Modal Load Participation Ratio untuk Gedung A

| OutputCase | ItemType | Item | Static | Dynamic |
|------------|--------------|------|---------|---------|
| Text | Text | Text | Percent | Percent |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 99.9901 |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 99.9781 |
| MODAL | Acceleration | UZ | 33.8608 | 20.779 |

Tabel 6. 4 Modal Load Participation Ratio untuk Gedung B

| OutputCase | ItemType | Item | Static | Dynamic |
|------------|--------------|------|---------|---------|
| Text | Text | Text | Percent | Percent |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 99.9828 |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 99.9906 |
| MODAL | Acceleration | UZ | 46.248 | 27.2086 |

Tabel 6. 5 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung A

| OutputCase | StepType | StepNum | Period | Frequency |
|------------|----------|----------|----------|-----------|
| Text | Text | Unitless | Sec | Cyc/sec |
| MODAL | Mode | 1 | 1.13795 | 0.87878 |
| MODAL | Mode | 2 | 0.992921 | 1.0071 |

Tabel 6. 6 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung B

| OutputCase | StepType | StepNum | Period | Frequency |
|------------|----------|----------|----------|-----------|
| Text | Text | Unitless | Sec | Cyc/sec |
| MODAL | Mode | 1 | 1.292939 | 0.77343 |
| MODAL | Mode | 2 | 0.985254 | 1.015 |

Didapatkan dari program SAP 2000 v.14 yakni :

$T = 1.14$ detik untuk gedung A

$T = 1.29$ detik untuk gedung B

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur gedung A sebagai berikut :

$$T_a \leq T \leq C_u \cdot T_a$$

$$1,0988 \text{ detik} \leq 1.14 \text{ detik} \leq 1,538 \text{ detik}$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur gedung B sebagai berikut :

$$T_a \leq T \leq C_u \cdot T_a$$

$$1,0988 \text{ detik} \leq 1,29 \text{ detik} \leq 1,538 \text{ detik}$$

Karena nilai periode fundamental struktur telah memenuhi persyaratan yang ada, maka Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dapat dipakai.

6.6.2 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respons spectrum berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1. Untuk kontrol gaya gempa dasar dinamis koefisien C_s adalah sebagai berikut:

1. Nilai C_s minimum

$$C_s \text{ min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1,5 \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,04 \geq 0,01$$

2. Nilai C_s

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0,607}{1,5} = 0,11$$

3. Nilai C_s max

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I}} = \frac{0,496}{1,17 \frac{8}{1,5}} = 0,08 \text{ untuk gedung A}$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I}} = \frac{0,496}{1,29 \frac{8}{1,5}} = 0,07 \text{ untuk gedung B}$$

Maka, dipakai nilai C_s sebagai berikut:

Gedung A, $C_s = 0,08$

Gedung B, $C_s = 0,07$

Penentuan gaya geser dasar dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

C_s : Koefisien respons seismic

W_t : Total beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup

Tabel 6. 7 Berat Struktur Gedung A

| OutputCase | CaseType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
|------------|-------------|-----------|------------|------------|
| Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf |
| 1 D + 1 L | Combination | -8.14E-09 | -1.007E-08 | 8615088.08 |

Tabel 6. 8 Berat Struktur Gedung B

| OutputCase | CaseType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
|------------|-------------|------------|------------|------------|
| Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf |
| 1D + 1L | Combination | -7.467E-07 | -8.393E-09 | 6367185.71 |

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 v.14 didapatkan sebesar:

Tabel 6. 9 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung A

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
|------------|-------------|----------|-----------|-----------|----------|
| Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf |
| Ex | LinRespSpec | Max | 940021.56 | 211431.82 | 10858.42 |
| Ey | LinRespSpec | Max | 282926.38 | 700654.98 | 13597.46 |

Tabel 6. 10 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 untuk Gedung B

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
|------------|-------------|----------|-----------|-----------|----------|
| Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf |
| Ex | LinRespSpec | Max | 458161.67 | 210349.62 | 11049.92 |
| Ey | LinRespSpec | Max | 144020.2 | 686351.21 | 6308.73 |

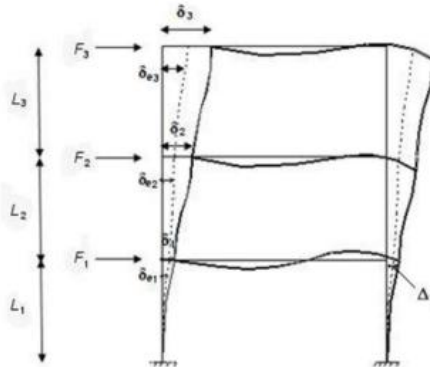
Maka :

Tabel 6. 11 Rekapitulasi Kontrol Gaya Gempa Dasar

| Keterangan | Gedung | |
|--------------------|-----------|-----------|
| | A (kN) | B (kN) |
| V static | 7040,42 | 4579,64 |
| 0,85 V static | 5984,36 | 3892,69 |
| Gaya Geser Gempa | | |
| Ex | 9400,22 | 4581,62 |
| Ey | 7006,55 | 6863,51 |
| Kontrol | | |
| Ex > 0,85 V static | memenuhi | memenuhi |
| Ey > 0,85 V static | memenuhi | memenuhi |

6.6.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis, δ_{xe} dari analisis struktur. Setelah itu nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesaran C_d/I_e . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat di bawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut berdasarkan SNI 03-1726-2012 Gambar 5:



Gambar 6. 7 Penentuan Simpangan Antar Lantai

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \text{ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6)}$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan = 1,5

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin, Δ_i , berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 16 didapatkan yakni:

Tabel 6. 12 Simpangan Antar Lantai Ijin Δ_i

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

Maka didapat nilai $\Delta_i = 0,010 h_{sx}$

- Gedung A
 - Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

Tabel 6. 13 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

| Lantai | Elevasi | Tinggi | δ_e mm | δ_{xe} Mm | δ_x mm | δ_a mm | Ket |
|----------|---------|-------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-----|
| | | Antar Tiang | | | | | |
| Lantai 9 | 33,5 | 4,1 | 32,4 | 1,7 | 6,23 | 41 | Oke |
| Lantai 8 | 29,4 | 4,2 | 30,7 | 3 | 11 | 42 | Oke |
| Lantai 7 | 25,2 | 4,2 | 27,7 | 4 | 14,7 | 42 | Oke |
| Lantai 6 | 21 | 4,2 | 23,7 | 4,2 | 15,4 | 42 | Oke |
| Lantai 5 | 16,8 | 4,2 | 19,5 | 4,6 | 16,9 | 42 | Oke |
| Lantai 4 | 12,6 | 4,2 | 14,9 | 5,1 | 18,7 | 42 | Oke |
| Lantai 3 | 8,4 | 4,2 | 9,8 | 5,3 | 19,4 | 42 | Oke |
| Lantai 2 | 4,2 | 4,2 | 4,5 | 4,1 | 15 | 42 | Oke |
| Lantai 1 | 0 | 4,2 | 0,4 | 0,4 | 1,47 | 42 | Oke |

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

Tabel 6. 14 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

| Lantai | Elevasi | Tinggi | δ_e mm | δ_{xe} Mm | δ_x Mm | δ_a mm | Ket |
|----------|---------|-------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-----|
| | | Antar Tiang | | | | | |
| Lantai 9 | 33,5 | 4,1 | 52,2 | 3,3 | 12,1 | 41 | Oke |
| Lantai 8 | 29,4 | 4,2 | 48,9 | 4,9 | 18 | 42 | Oke |
| Lantai 7 | 25,2 | 4,2 | 44 | 6,4 | 23,5 | 42 | Oke |
| Lantai 6 | 21 | 4,2 | 37,6 | 7 | 25,7 | 42 | Oke |
| Lantai 5 | 16,8 | 4,2 | 30,6 | 7,7 | 28,2 | 42 | Oke |
| Lantai 4 | 12,6 | 4,2 | 22,9 | 8,2 | 30,1 | 42 | Oke |
| Lantai 3 | 8,4 | 4,2 | 14,7 | 8 | 29,3 | 42 | Oke |
| Lantai 2 | 4,2 | 4,2 | 6,7 | 6,1 | 22,4 | 42 | Oke |
| Lantai 1 | 0 | 4,2 | 0,6 | 0,6 | 2,2 | 42 | Oke |

- Gedung B
 - Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

Tabel 6. 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

| Lantai | Elevasi | Tinggi | δ_e Mm | δ_{xe} mm | δ_x Mm | δ_a mm | Ket |
|----------|---------|-------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-----|
| | | Antar Tiang | | | | | |
| Lantai 9 | 33,5 | 4,1 | 57,7 | 3,6 | 13,2 | 41 | Oke |
| Lantai 8 | 29,4 | 4,2 | 54,1 | 5,1 | 18,7 | 42 | Oke |
| Lantai 7 | 25,2 | 4,2 | 49 | 6,8 | 24,9 | 42 | Oke |
| Lantai 6 | 21 | 4,2 | 42,2 | 7,7 | 28,2 | 42 | Oke |
| Lantai 5 | 16,8 | 4,2 | 34,5 | 8,7 | 31,9 | 42 | Oke |
| Lantai 4 | 12,6 | 4,2 | 25,8 | 9,2 | 33,7 | 42 | Oke |

| | | | | | | | |
|----------|-----|-----|------|-----|------|----|-----|
| Lantai 3 | 8,4 | 4,2 | 16,6 | 9,1 | 33,4 | 42 | Oke |
| Lantai 2 | 4,2 | 4,2 | 7,5 | 6,8 | 24,9 | 42 | Oke |
| Lantai 1 | 0 | 4,2 | 0,7 | 0,7 | 2,57 | 42 | Oke |

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

Tabel 6. 16 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

| Lantai | Elevasi | Tinggi | δ_e mm | δ_{xe} mm | δ_x Mm | δ_a mm | Ket |
|----------|---------|-------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-----|
| | | Antar Tiang | | | | | |
| Lantai 9 | 33,5 | 4,1 | 35 | 2,1 | 7,7 | 41 | Oke |
| Lantai 8 | 29,4 | 4,2 | 32,9 | 3,4 | 12,5 | 42 | Oke |
| Lantai 7 | 25,2 | 4,2 | 29,5 | 4,4 | 16,1 | 42 | Oke |
| Lantai 6 | 21 | 4,2 | 25,1 | 4,5 | 16,5 | 42 | Oke |
| Lantai 5 | 16,8 | 4,2 | 20,6 | 4,8 | 17,6 | 42 | Oke |
| Lantai 4 | 12,6 | 4,2 | 15,8 | 5,3 | 19,4 | 42 | Oke |
| Lantai 3 | 8,4 | 4,2 | 10,5 | 5,6 | 20,5 | 42 | Oke |
| Lantai 2 | 4,2 | 4,2 | 4,9 | 4,4 | 16,1 | 42 | Oke |
| Lantai 1 | 0 | 4,2 | 0,5 | 0,5 | 1,83 | 42 | Oke |

6.7 Kontrol Pemisah Struktur

Semua bagian struktur harus didesain dan dibangun untuk bekerja satu kesatuan yang terintegrasi dalam menahan gaya-gaya gempa kecuali jika dipisahkan secara structural dengan jarak yang cukup memadai untuk menghindari benturan yang merusak. Pemisahan harus dapat mengakomodasi terjadinya perpindahan respons inelastic maksimum (δ_M). Perpindahan elastic maksimum dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.12.3 sebagai berikut:

$$\delta_M = \frac{C_d \cdot \delta_{max}}{I_e}$$

Dimana :

δ_{Max} : Perpindahan elastic maksimum pada lokasi kritis
Struktur-struktur bangunan yang bersebelahan harus dipisahkan minimal sebesar δ_{MT} :

$$\delta_{MT} = \sqrt{\delta_{M1}^2 + \delta_{M2}^2}$$

δ_{M1} dan δ_{M2} adalah perpindahan respons inelastic maksimum pada struktur-struktur bangunan yang bersebelahan di tepi-tepi yang berdekatan.

Berikut perhitungan pemisah struktur antara gedung A dan gedung B :

$$\delta_{Max} (\text{gedung A}) = 19,43 \text{ mm}$$

$$\delta_{Max} (\text{gedung B}) = 33,73 \text{ mm}$$

$$Cd = 5,5$$

$$Ie = 1,5$$

Maka :

$$\begin{aligned} \delta_{M1} &= \frac{Cd \cdot \delta_{max}}{Ie} \\ &= \frac{5,5 \cdot 19,43}{1,5} \\ &= 71,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

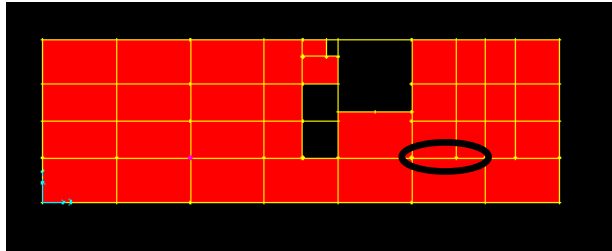
$$\begin{aligned} \delta_{M2} &= \frac{Cd \cdot \delta_{max}}{Ie} \\ &= \frac{5,5 \cdot 33,73}{1,5} \\ &= 123,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{MT} &= \sqrt{\delta_{M1}^2 + \delta_{M2}^2} \\ &= \sqrt{71,26^2 + 123,7^2} \\ &= 142,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka pada perencanaan dilakukan pemisahan antara gedung A dan gedung B sejarak 150 mm.

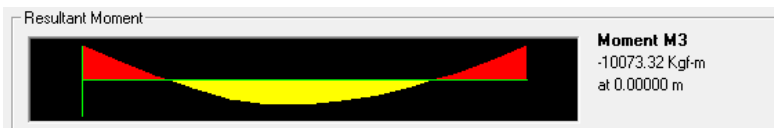
6.8 Pengecekan Gaya pada Balok

Pengecekan momen yang terjadi pada balok, dilakukan dengan mengecek pada balok lantai 7 pada gedung A sebagai berikut:



Gambar 6. 8 Balok yang Ditinjau

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada balok yang ditinjau (frame 655) dengan momen yang terjadi (kombinasi 1,2D + 1,6L) adalah sebagai berikut:

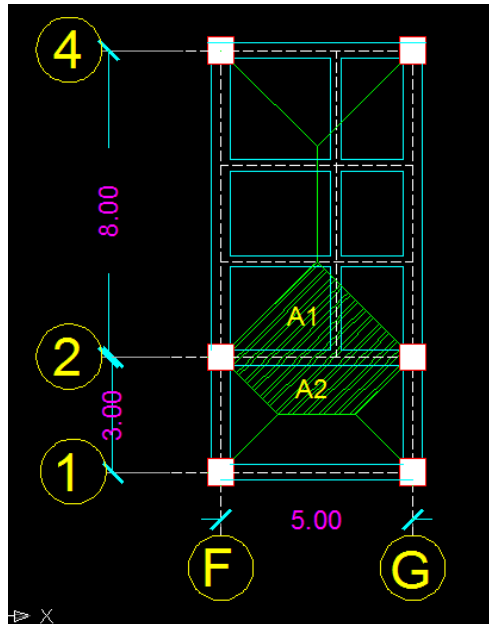


Gambar 6. 9 Gaya Momen yang Terjadi pada Balok yang Ditinjau

Momen Tumpuan = -10073,32 kg.m

Momen Lapangan = 6913,56 kg.m

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



Gambar 6. 10 Trybutary Area pada Balok yang Ditinjau

$$A1 = \frac{5 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m}}{2} = 6,25 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{(2,5 \text{ m} + 5 \text{ m}) \cdot 1,5 \text{ m}}{2} = 5,625 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = A1 + A2 = 6,25 + 5,625 = 11,875 \text{ m}^2$$

$$\text{Bentang Balok (ln)} = 5 \text{ m}$$

a. Beban Mati tidak terfaktor (per satuan panjang) :

- Berat sendiri balok = $(0,45 \times 0,7) \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 756 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri plat = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Dinding Bata ringan = 656 kg/m
- Keramik + spesi = $79,5 \text{ kg/m}^2$
- Plafon = 18 kg/m^2
- Ducting mechanical = 19 kg/m^2

Beban mati tambahan total = 404,5 kg/m²

Maka beban mati total per satuan panjang adalah :

$$D = \left(\frac{404,5 \cdot 11,875}{5} \right) + 756 + 656 = 2372,69 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

$$L = \left(\frac{383 \cdot 5,625}{5} \right) + \left(\frac{192 \cdot 6,25}{5} \right) = 670,88 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi beban akibat gaya gravitasi :

$$qu = 1,4 D = 1,4 \cdot 2372,69 \text{ kg/m} = 3321,76 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} qu &= 1,2 D + 1,6 L \\ &= 1,2 \cdot 2372,69 + 1,6 \cdot 670,88 \\ &= 3920,625 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Berat sendiri balok anak = 0,30 x 0,40 x 4 x 2400 = 1152 kg

Untuk menghitung momen yang terjadi pada balok, digunakan metode analisis berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3, dimana:

Momen negatif di muka perletakan interior:

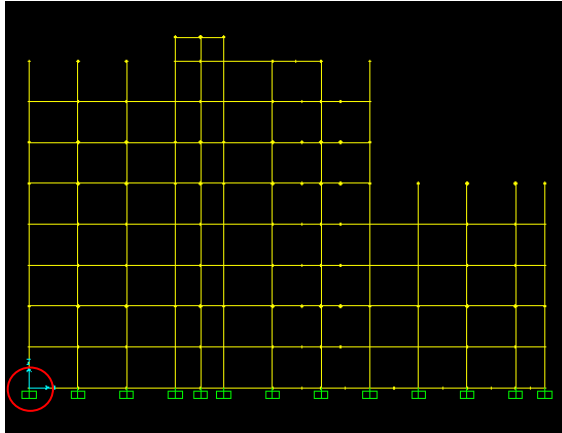
$$\begin{aligned} M^- &= \frac{qu \cdot ln^2}{11} + \frac{P}{L} \\ &= \frac{3920,625 \cdot 5^2}{11} + \frac{1152}{5} \\ &= 9140,911 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Selisih} = \frac{(10073,32 - 9140,911)}{10073,32} \times 100\% = 9,2\% < 10\%$$

$$\begin{aligned} M^+ &= \frac{qu \cdot ln^2}{14} \\ &= \frac{3920,625 \cdot 5^2}{14} \\ &= 7001,116 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Selisih} = \frac{(7001,116 - 6913,56)}{7001,116} \times 100\% = 1,3\% < 10\%$$

6.9 Pengecekan Gaya pada Kolom



Gambar 6. 11 Kolom yang Ditinjau

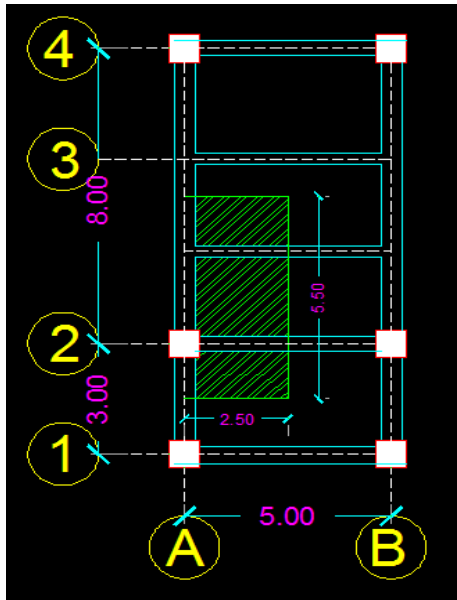
Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada titik yang ditinjau (joint 6804) dengan aksial yang terjadi (beban DEAD) adalah sebagai berikut:

| Joint Reactions in Joint Local CoordSys | | | |
|---|--------------------|----------|-----------|
| Joint Object | Joint Element 6804 | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Force | 801.517 | 1860.253 | 145151.60 |
| Moment | 241.043 | 68.376 | 2.585 |

Gambar 6. 12 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom yang Ditinjau

Aksial terjadi = 145151,6 kg

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut :



Gambar 6. 13 Tributary Area pada Kolom yang Ditinjau

$$\text{Area total} = 5,5 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 13,75 \text{ m}^2$$

Beban mati total yang terjadi pada *tributary area* :

$$\text{Berat Dinding} = 2,5 \text{ m} \cdot 672 \text{ kg/m} = 1680 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = (0,45 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m}) + (0,6 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,5 \text{ m}) = 7434 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri balok anak} = (0,3 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m}) = 720 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri plat} = 13,75 \text{ m}^2 \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 3960 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri kolom 1} = 0,85 \text{ m} \cdot 0,85 \text{ m} \cdot 4,2 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 7282,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri kolom 2} = 0,75 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 4,2 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 5670 \text{ kg}$$

Berat sendiri kolom pendek = $0,85 \text{ m} \cdot 0,85 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 2601 \text{ kg}$

Total aksial pada joint = $8 (1680 + 3960) + 7 (7434+720) + 5.7282,8 + 3. 5670 + 2601 = 158223 \text{ kg}$

Selisih = $\frac{(158223-145151,6)}{158223} \times 100\% = 8,3 \% < 10 \%$

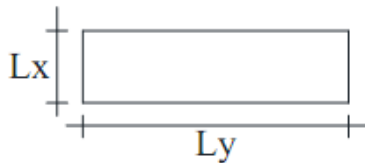
BAB VII DESAIN STRUKTUR SEKUNDER

7.1 Perhitungan Struktur Pelat Lantai

Struktur pelat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan plat PL1 dengan dimensi 3 x 5 m. Plat ini digunakan pada lantai 2 hingga lantai 8.

7.1.1 Analisis Struktur Pelat Lantai

Untuk analisa struktur pelat lantai menggunakan tabel koefisien momen, momen-momen yang terjadi mengikuti ketentuan sebagai berikut:



Gambar 7. 1 Ketentuan Pada Analisa Plat Lantai

Dimana : L_x = bentang pelat pendek
 L_y = bentang pelat panjang

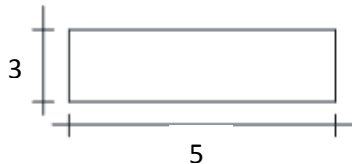
Untuk beban yang bekerja pada pelat lantai adalah beban mati dan beban hidup. Besarnya beban-beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati

| | | |
|--------------------|---|------------------------|
| Beban sendiri plat | = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$ | = 288 kg/m^2 |
| Beban Spesi | = $3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^3$ | = 63 kg/m^2 |
| Beban Kramik | | = 16,5 kg/m^2 |
| Beban Plafon | | = 18 kg/m^2 |
| Ducting mechanical | | = 19 kg/m^2 |
| | | 404,5 kg/m^2 |

2. Beban Hidup
 Beban ruang kelas = 192 kg/m^2
 Beban Koridor diatas It 1 = 383 kg/m^2
3. Beban Kombinasi
 $q_u = 1,2 D + 1,6 L$
 $= 1,2 \cdot 404,5 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \cdot 383 \text{ kg/m}^2$
 $= 1\ 098 \text{ kg/m}^2$

7.1.2 Penulangan Pelat PL 1



Gambar 7. 2 Pelat tipe PL 1

$L_y = 5 \text{ m}$ dan $L_x = 3 \text{ m}$

Maka $\frac{L_y}{L_x} = \frac{5}{3} = 1,7 < 2$ (Pelat 2 Arah)

Untuk analisa struktur pelat lantai menggunakan tabel koefisien momen. Diasumsikan terjadi perletakan jepit penuh pada keempat tepinya, maka koefisien momennya adalah sebagai berikut:

Tabel 7. 1 Tabel Koefisien Momen

| Tipe Pelat | Momen | l_y / l_x | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | >2.5 |
| II | $M_{lx} = +0.001 q_d l_x^2 X$ | 21 | 25 | 28 | 31 | 34 | 36 | 37 | 38 | 40 | 40 | 41 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| | $M_{ly} = +0.001 q_d l_y^2 X$ | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 8 |
| | $M_{lx} = +0.001 q_d l_x^2 X$ | 52 | 59 | 64 | 69 | 73 | 76 | 79 | 81 | 82 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 |
| | $M_{ly} = +0.001 q_d l_y^2 X$ | 52 | 54 | 56 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |

Koefisien momen untuk nilai $L_y/L_x = 1,7$ adalah :

$$X_1 = 38 ; X_2 = 14 ; X_3 = 81 ; X_4 = 57$$

maka momennya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Ml_x &= + 0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X_1 \\
 &= + 0,001 \cdot 1\,098 \cdot 3^2 \cdot 38 \\
 &= 375,61 \text{ kg.m} \\
 Ml_y &= + 0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X_2 \\
 &= + 0,001 \cdot 1\,098 \cdot 3^2 \cdot 14 \\
 &= 138,38 \text{ kg.m} \\
 Mt_x &= + 0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X_3 \\
 &= + 0,001 \cdot 1\,098 \cdot 3^2 \cdot 81 \\
 &= 800,64 \text{ kg.m} \\
 Ml_x &= + 0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X_4 \\
 &= + 0,001 \cdot 1\,098 \cdot 3^2 \cdot 57 \\
 &= 563,41 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

a. Penulangan Lentur

Penulangan Arah X (Lapangan)

Direncanakan memakai tulangan $\phi = 12 \text{ mm}$

- $Ml_x = 375,61 \text{ kg.m}$
- $Mn = \frac{375,61 \text{ kg.m}}{0,8} = 469,51 \text{ kg.m} = 4\,695\,090 \text{ N.mm}$
- $d = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \phi_{tul}/2$
 $= 120 - 20 - 12/2$
 $= 94 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right)$
 $= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right)$
 $= 0,84$
- $m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$
- $\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{fy} \right) \left(\frac{fy + 600}{600} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{410 + 600}{600} \right)$
 $= 0,03$
- $\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$

- $\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4 / 410 = 0,003$
- $R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{4\,695\,090}{1000 \cdot 94^2} = 0,53$
- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$
 $= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,53}{410}} \right)$
 $= 0,001$
- Kontrol

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\min} & < & \rho < \rho_{\max} \\ 0,003 & > & 0,001 < 0,02 \end{array}$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,002 = 0,0017$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{\min}$ Maka dipakai $\rho = 0,0017$

- Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0017 \cdot 1000 \cdot 94 \\ &= 160,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 12 - 150$ dengan As pakai = 754,3 mm².

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 754,3 \text{ mm}^2 &> 160,06 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol jarak tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$\begin{aligned} 150 \text{ mm} &< 2 \cdot t_{\text{plat}} \\ 150 \text{ mm} &< 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 240 \text{ mm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

c_c = t selimut beton

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

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 20 = 339 \text{ mm}$$

dan tidak boleh melebihi $s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 150 mm (tidak lebih dari 339 mm dan 307 mm, OK).

Penulangan Arah Y (Lapangan)

Direncanakan memakai tulangan $\phi = 12 \text{ mm}$

- $M_{ly} = 138,38 \text{ kg.m}$
 $M_n = \frac{138,38 \text{ kg.m}}{0,8} = 172,98 \text{ kg.m} = 1\,729\,770 \text{ N.mm}$
- $d = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \phi_{\text{tul}} - \phi_{\text{tul}}/2$
 $= 120 - 20 - 12 - 12/2$
 $= 82 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right)$
 $= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right)$
 $= 0,84$

- $m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$
- $\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \right) \left(\frac{fy + 600}{600} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{410 + 600}{600} \right)$
 $= 0,03$
- $\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$
- $\rho_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 410 = 0,003$
- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1\,729\,770}{1000 \cdot 82^2} = 0,26$
- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$
 $= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,26}{410}} \right)$
 $= 0,0006$
- Kontrol

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

$$0,003 > 0,0006 < 0,02$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,0006 = 0,0008$$

Karena $\rho + 30\% \rho < \rho_{min}$ Maka dipakai $\rho = 0,0008$

- Luas tulangan yang dibutuhkan

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

$$= 0,0008 \cdot 1000 \cdot 82$$

$$= 67,23 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan ϕ 12 – 150 dengan A_s pakai = 754,3 mm².

Kontrol :

$$A_s \text{ pakai} > A_{s_{perlu}}$$

$$754,3 \text{ mm}^2 > 67,23 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

- Kontrol jarak tulangan
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}}$$

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 240 \text{ mm (OK)}$$
- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak
Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.
Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

$$c_c = \text{Jarak terkecil dari permukaan tulangan}$$

$$f_s = \text{tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

$$c_c = t \text{ selimut beton}$$

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

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 20 = 339 \text{ mm}$$
dan tidak boleh melebihi $s_{\text{max}} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\text{max}} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$
Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 150 mm (tidak lebih dari 339 mm dan 307 mm, OK).

Penulangan Arah X (Tumpuan)

Direncanakan memakai tulangan $\phi = 12 \text{ mm}$

- $MT_x = 800,64 \text{ kg.m}$

$$Mn = \frac{800,64 \text{ kg.m}}{0,8}$$

$$= 1\,000,8 \text{ kg.m} = 10\,007\,955 \text{ N.mm}$$

- $d = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \Phi_{tul}/2$

$$= 120 - 20 - 12/2$$

$$= 94 \text{ mm}$$

- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right)$

$$= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right)$$

$$= 0,84$$

- $m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$

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

$$= \left(\frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{410 + 600}{600} \right)$$

$$= 0,03$$

- $\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$

- $\rho_{min} = 1,4/fy = 1,4 / 410 = 0,003$

- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{10\,007\,955}{1000 \cdot 94^2} = 1,13$

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

$$= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,13}{410}} \right)$$

$$= 0,0028$$

- Kontrol

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

$$0,003 < 0,0028 < 0,02$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,0028 = 0,0037$$

Karena $\rho + 30\% \rho > \rho_{min}$ Maka dipakai $\rho = 0,003$

- Luas tulangan yang dibutuhkan
Tulangan Pokok

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,003 \cdot 1000 \cdot 94 \\ &= 320,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Bagi (susut)

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,2 \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 0,2 \cdot 320,98 \\ &= 64,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.1 untuk $f_y > 400 \text{ MPa}$ maka $A_{s'_{\text{perlu}}} = 0,0018 \cdot b \cdot h (400/f_y)$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \cdot b \cdot h (400/f_y) \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 120 (400/410) \\ &= 211 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka diambil yang terbesar, $A_{s'_{\text{perlu}}} = 211 \text{ mm}^2$

Maka dipakai tulangan

$$\begin{aligned} \phi 12 - 150 \text{ dengan } A_s \text{ pakai} &= 754,3 \text{ mm}^2 \\ \phi 12 - 200 \text{ dengan } A_{s'} \text{ pakai} &= 565,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

- $A_s \text{ pakai} > A_{s_{\text{perlu}}}$
 $754,3 \text{ mm}^2 > 320,98 \text{ mm}^2$ (OK)
- $A_{s'} \text{ pakai} > A_{s'_{\text{perlu}}}$
 $565,7 \text{ mm}^2 > 211 \text{ mm}^2$ (OK)

- Kontrol jarak tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$\begin{aligned} 150 \text{ mm dan } 200 \text{ mm} &< 2 \cdot t_{\text{plat}} \\ 150 \text{ mm dan } 200 \text{ mm} &< 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm dan } 200 \text{ mm} &< 240 \text{ mm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

c_c = t selimut beton

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

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 20 = 339 \text{ mm}$$

$$\text{dan tidak boleh melebihi } s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 150 mm (tidak lebih dari 339 mm dan 307 mm, OK).

Penulangan Arah Y (Tumpuan)

Direncanakan memakai tulangan $\phi = 12 \text{ mm}$

- $MT_y = 563,41 \text{ kg.m}$
 $Mn = \frac{563,41 \text{ kg.m}}{0,8} = 704,26 \text{ kg.m} = 7\ 042\ 635 \text{ N.mm}$
- $d = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \phi_{\text{tul}} - \phi_{\text{tul}}/2$
 $= 120 - 20 - 12 - 12/2$
 $= 82 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right)$
 $= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right)$
 $= 0,84$

- $m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$
- $\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \right) \left(\frac{fy + 600}{600} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{410 + 600}{600} \right)$
 $= 0,03$
- $\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$
- $\rho_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 410 = 0,003$
- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{7042635}{1000 \cdot 82^2} = 1,05$
- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$
 $= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,05}{410}} \right)$
 $= 0,0026$
- Kontrol

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

$$0,003 < 0,0026 < 0,02$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,0026 = 0,0034$$

Karena $\rho + 30\% \rho > \rho_{min}$ Maka dipakai $\rho = 0,003$

- Luas tulangan yang dibutuhkan

Tulangan Pokok

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

$$= 0,003 \cdot 1000 \cdot 82$$

$$= 278,16 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi (Susut)

$$A_{s'_{perlu}} = 0,2 \cdot A_{s_{perlu}}$$

$$= 0,2 \cdot 278,16$$

$$= 55,6 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.1 untuk $f_y > 400$ MPa maka $A_{s' \text{ perlu}} = 0,0018.b.h(400/f_y)$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ perlu}} &= 0,0018.b.h(400/f_y) \\ &= 0,0018.1000.120 (400/410) \\ &= 211 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka diambil yang terbesar, $A_{s' \text{ perlu}} = 211 \text{ mm}^2$

Maka dipakai tulangan

ϕ 12 – 150 dengan $A_{s' \text{ pakai}} = 754,3 \text{ mm}^2$.

ϕ 12 – 200 dengan $A_{s' \text{ pakai}} = 565,7 \text{ mm}^2$.

Kontrol :

a. $A_{s' \text{ pakai}} > A_{s' \text{ perlu}}$
 $754,3 \text{ mm}^2 > 278,16 \text{ mm}^2$ (OK)

b. $A_{s' \text{ pakai}} > A_{s' \text{ perlu}}$
 $565,7 \text{ mm}^2 > 211 \text{ mm}^2$ (OK)

- Kontrol jarak tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$150 \text{ mm dan } 200 \text{ mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}}$$

$$150 \text{ mm dan } 200 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm dan } 200 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

$c_c = t$ selimut beton

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

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 20 = 339 \text{ mm}$$

dan tidak boleh melebihi $s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 150 mm (tidak lebih dari 339 mm dan 307 mm, OK).

b. Penulangan Geser

Nilai $\alpha_f l_2/l_1$ balok pada semua sisi pelat lebih dari 1,0 sehingga gaya geser pada pelat dipikul oleh balok sebagai gaya geser 1 arah yang perhitungannya dimasukkan pada penulangan geser balok.

c. Pendetailan Tulangan

- Penjangkaran Tulangan

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \left(\frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) db \\ &= \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) 12 \\ &= 216 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan panjang penjangkaran 220 mm

$$l_{dh} = 220 \text{ mm} > 8 db = 8 \cdot 12 = 96 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 220 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait } 90^\circ &= 12 db \\ &= 12 \cdot 12 \\ &= 144 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan panjang kait 150 mm

- Sambungan Tulangan

Pada tulangan yang dipasang menerus dapat dilakukan penyambungan berupa sambungan lewatan dimana :

Tipe sambungan

Tipe sambungan digunakan sambungan kelas B dengan panjang sambungan $1,3 l_d$

Panjang Sambungan

$$l_{d-10} = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) db$$

$$= \left(\frac{410 \cdot 1 \cdot 1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) 12$$

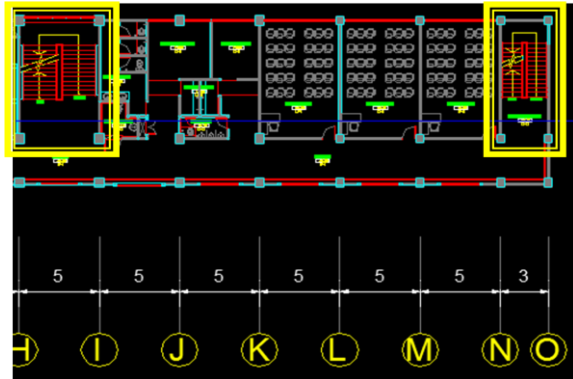
$$= 428 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \cdot 428 = 556 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang sambungan lewatan 560 mm. $l_d = 560 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$

7.2 Desain Struktur Tangga

Struktur tangga yang didesain meliputi pelat tangga, balok tangga, pelat bordes serta balok bordes. Sebagai contoh perhitungan ditinjau tangga yang menghubungkan lantai 4 dengan lantai 5. Denah untuk penempatan tangga yang ditinjau dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. 3 Denah Penempatan Tangga pada Lantai 4

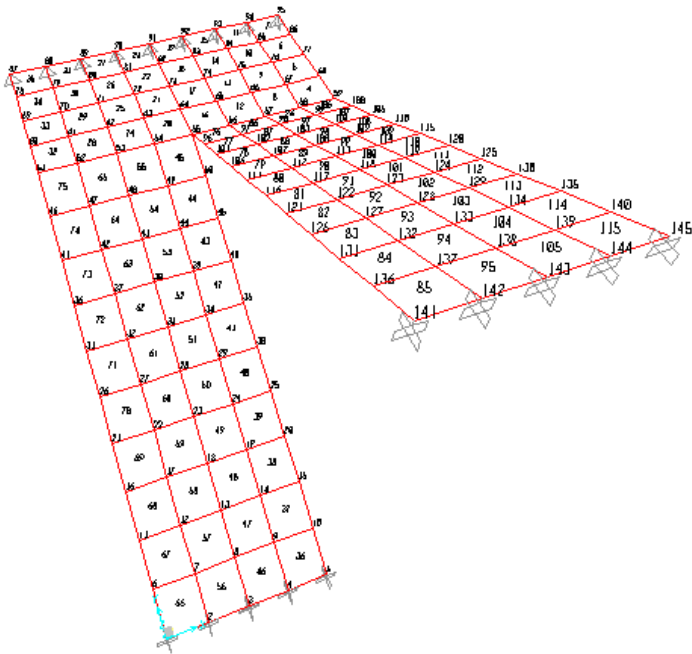
7.2.1 Pembebanan Tangga

Pelat tangga dan pelat bordes menerima kombinasi beban ultimate dari beban mati dan beban hidup.

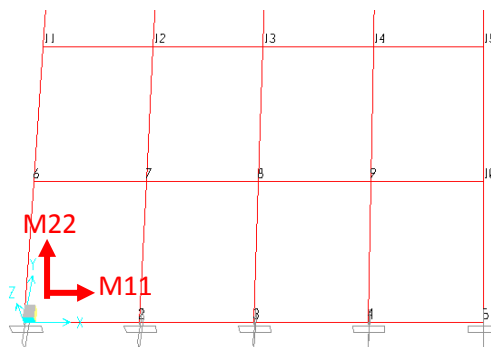
1. Beban mati
 Beban keramik + spesi = $37,5 \text{ kg/m}^2$
 $q_{DL} = 37,5 \text{ kg/m}^2$
2. Beban hidup
 Beban hidup tangga/bordes = 328 kg/m^2
 $q_{LL} = 328 \text{ kg/m}^2$
3. Beban ultimate
 $q_U = 1,4 q_{DL}$
 $= 1,4 \cdot 37,5 \text{ kg/m}^2 = 52,5 \text{ kg/m}^2$
 $q_U = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$
 $= 1,2 \cdot 37,5 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \cdot 328 \text{ kg/m}^2 = 570 \text{ kg/m}^2$
 Sehingga dipakai q_u paling besar yakni :
 $q_U = 570 \text{ kg/m}^2$

7.2.2 Pemodelan Tangga

Untuk pelat tangga dan pelat bordes dimodelkan sebagai berikut menggunakan program bantu SAP 2000 v.14:



Gambar 7. 4 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14



Gambar 7. 5 Urutan Penomoran Joint pada Tangga

Dari analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Pelat Tangga
Momen maksimum = 2226,19 kg.m
- Pelat Bordes
Momen Maksimum = 816,01 kg.m

7.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga 1

| | |
|-------------------------------|---|
| Mutu beton (f_c') | = 30 Mpa |
| Mutu baja (f_y) | = 410 Mpa |
| β | = 0,84 |
| Tebal Pelat (d) | = 150 mm |
| Tebal selimut beton (t_s) | = 20 mm |
| Diameter tul. lentur | = 13 mm |
| Diameter tul. susut | = 10 mm |
| d_x | = 150 mm – 20 mm – $\frac{1}{2} \cdot 13$ mm = 123,5 mm |
| d_y | = 150 mm – 20 mm – 13 mm – $\frac{1}{2} \cdot 10$ mm = 112 mm |

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 16,1$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \right) \left(\frac{f_y + 600}{600} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{410 + 600}{600} \right) \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4 / 410 = 0,003$$

- **Tulangan Arah Y (Memanjang Pelat)**
Mu = 2226,19 kg.m = 22261900 N.mm

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{22261900 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 1,82$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,82}{410}} \right) \\ &= 0,005\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,003 &< 0,005 < 0,02\end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho = 0,005$

Luas tulangan yang dibutuhkan

Tulangan Pokok

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,005 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} \\ &= 570,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dicoba tulangan $\emptyset 13 - 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} \\ A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} \\ A_s &= 1106,1 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 570,8 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- **Tulangan Arah X (Melintang Pelat)**

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.1 untuk $f_y > 400 \text{ MPa}$ maka:

$$\begin{aligned}A_{S'_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot (400/f_y) \\ A_{S'_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot (400/f_y) \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 150 \cdot (400/410) \\ &= 263 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dicoba tulangan $\emptyset 10 - 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} \\ A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}}\end{aligned}$$

$$A_s = 654 \text{ mm}^2 > A_s'_{\text{perlu}} = 263 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

7.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 410 \text{ Mpa}$$

$$\beta = 0,84$$

$$\text{Tebal Pelat (d)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton (ts)} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tul. lentur} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tul. susut} = 10 \text{ mm}$$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} = 123,5 \text{ mm}$$

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} = 112 \text{ mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 16,1$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot \beta \cdot fc'}{fy} \right) \left(\frac{fy + 600}{600} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{410 + 600}{600} \right) \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$\rho_{\min} = 1,4/fy = 1,4 / 410 = 0,003$$

- Tulangan Arah Y (Memanjang Pelat)

$$Mu = 816,01 \text{ kg.m} = 8160110 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{8160110 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 0,67$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,67}{410}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,003 &< 0,002 < 0,02 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho = 0,003$

Luas tulangan yang dibutuhkan

Tulangan Pokok

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,003 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} \\ &= 421,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan $\emptyset 13 - 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} \\ A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} \\ A_s &= 1106,1 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 421,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- **Tulangan Arah X (Melintang Pelat)**

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.1 untuk $f_y > 400 \text{ MPa}$ maka:

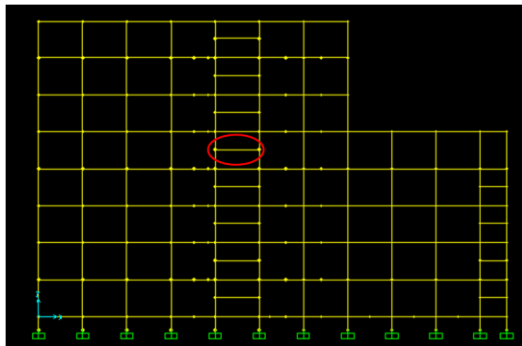
$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \cdot b \cdot h \text{ (400/fy)} \\ A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \cdot b \cdot h \text{ (400/fy)} \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 150 \text{ (400/410)} \\ &= 263 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan $\emptyset 10 - 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s} \\ A_s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\ A_s &= 654 \text{ mm}^2 > A_{s'_{\text{perlu}}} = 263 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

7.2.5 Perhitungan Tulangan Balok Bordes

Untuk balok bordes yang ditinjau, diambil balok bordes yang mengalami gaya terbesar (Frame 673) yakni sebagai berikut:



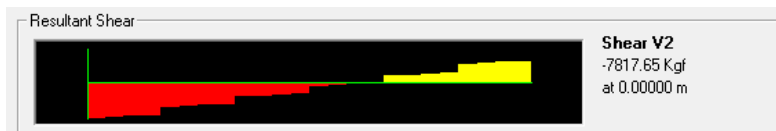
Gambar 7. 6 Balok Bordes yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



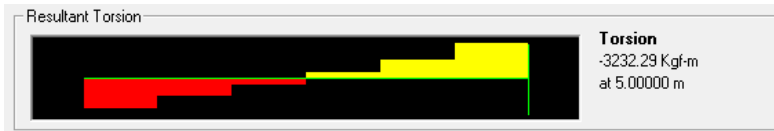
Gambar 7. 7 Momen yang Terjadi pada Balok Bordes

- Mu tumpuan maksimum = 8864,09 kg.m = 88,6 kN.m
- Mu lapangan maksimum = 3597,82 kg.m = 36 kN.m



Gambar 7. 8 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Bordes

- Vu maksimum = 7817,65 kg = 78,2 kN



Gambar 7. 9 Torsi yang Terjadi pada Balok Bordes

- Tu maksimum = 3232,29 kg = 32,3 kN

1. Data Perencanaan

Jika direncanakan balok anak sebagai berikut :

$$L = 5000 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lentur} = D 16 \quad f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan Geser} = \emptyset 12 \quad f_y = 240 \text{ Mpa}$$

2. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{senggang} - \frac{D \cdot \text{lentur}}{2}$$

$$d = 650 - 40 - 12 - 16/2 = 590 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$M_u = 8864,09 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$M_n = \frac{8864,09 \text{ kg.m}}{0,9}$$

$$M_n = 9848,99 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 98489889 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{98489889}{600 \cdot 590^2} = 0,47$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,47}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,001$$

Cek :

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

$$0,003 > 0,001 < 0,02$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,005$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,001 = 0,0015$$

Sehingga :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 600 \cdot 590 = 534,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 3 D 16} \rightarrow A_s \text{ pakai} = 603,18 \text{ mm}^2$$

3. Perhitungan Tulangan Lapangan

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{sejangkang} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2}$$

$$d = 650 - 40 - 12 - 16/2 = 590 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$M_u = 3597,82 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$M_n = \frac{3597,82 \text{ kg.m}}{0,9}$$

$$M_n = 3997,6 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 39975778 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{39975778 \text{ N.mm}}{600 \cdot 590^2} = 0,19$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,19}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,0005$$

Cek :

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

$$0,003 > 0,0005 < 0,02$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternatif, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,0005 = 0,001$$

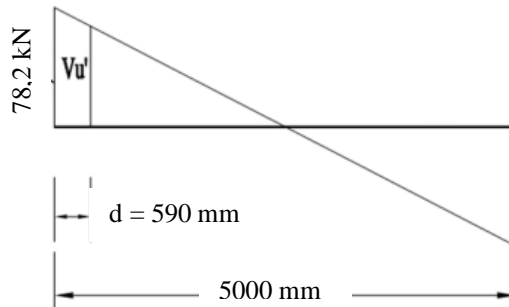
Sehingga :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,001 \cdot 600 \cdot 590 = 215,65 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 2 D 16 \rightarrow A_s pakai = 402,12 mm²

4. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



Gambar 7. 10 Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$V_u' = \frac{V_u}{2} \cdot \frac{L}{2} - d = \frac{78,2}{\frac{5000}{2}} \cdot \frac{5000}{2} - 590 = 59,7 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

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

Dimana : $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

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

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 590$$

$$V_c = 329619,4 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 329619,4 \text{ N} = 247214,6 \text{ N} = 247 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 247 \text{ kN} = 124 \text{ kN}$$

Karena: $V_u' < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$ maka termasuk kondisi 1 → tidak perlu tulangan geser. Akan tetapi dipasang sengkang 2 kaki $\emptyset 12$ - 120 mm.

5. Perhitungan Tulangan Torsi
 a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot ph}{1,7 \cdot Ash^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vu}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi :

Torsi maksimum :

$$Tu = 3232,3 \text{ kg.m} = 32322900 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum :

$$Vu = 59,7 \text{ kN} = 59726,8 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2t - d.\text{sengkan} = 600 - 2.40 - 12 = 508 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2t - d.\text{sengkan} = 650 - 2.40 - 12 = 558 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 (b_h + h_h) = 2 (508 + 558) = 2132 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{sh} = b_h + h_h = 508 + 558 = 1066 \text{ mm}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 590 = 323156,3 \text{ N}$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot ph}{1,7 \cdot Ash^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vu}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{59726,8}{600 \cdot 590}\right)^2 + \left(\frac{32322900 \cdot 2132}{1,7 \cdot 283464^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{59726,8}{600 \cdot 590} + 0,66 \sqrt{30} \right)$$

$$0,53 \text{ Mpa} \leq 3,4 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $0,53 \text{ Mpa} \leq 3,4 \text{ Mpa}$ maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u < \emptyset. 0,083. \lambda. \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)

$\emptyset = 0,75$ (Faktor reduksi beban torsi) SNI 2847-2013 pasal 9.3

Periksa persyaratan pengaruh momen punter :

$$A_{cp} = b.h = 600 \cdot 650 = 390000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(600+650) = 2500 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $T_{u_{\min}}$:

$$T_{u_{\min}} = \emptyset. 0,083. 1. \sqrt{30} \cdot \left(\frac{390000^2}{2500} \right) = 20827150 \text{ N.mm}$$

$T_u = 32322900 \text{ N.mm} > T_{u_{\min}} = 20827150 \text{ N.mm}$,
maka perlu tulangan torsi.

- c. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi Transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,8 A_{sh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0,85. A_{sh} = 0,85 \cdot 283464 = 240944,4 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2.A_o. A_T. f_y}{s} \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2.A_o. A_T. f_y}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_T}{120} = \frac{32322900}{0,75 \cdot 2 \cdot 240944,4 \cdot 410 \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_T}{120} = 0,37$$

$$A_T = 44,7 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$A_v = \frac{b \cdot s}{f_y \cdot 3} = \frac{600 \cdot 120}{240 \cdot 3} = 100 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$A_{vt} = A_v + 2 \cdot A_T = 100 + 2 \cdot 44,7 = 189 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki Ø 12 – 120 mm

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2$$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 226 \text{ mm}^2 > A_{vt} = 189 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

d. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi longitudinal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_T}{s} \cdot p_h \cdot \frac{f_{yt}}{f_y} \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga :

$$A_l = \frac{44,7}{120} \cdot 2132 \cdot \frac{410}{410} \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 794 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 4 D 16 maka

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 804,24 \text{ mm}^2 > A_l = 794 \text{ mm}^2$$

Jadi, digunakan tulangan 4 D 16 di setiap sisi samping kiri dan kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan.

6. Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

c_c = t selimut beton + diameter tul sengkang

$$c_c = 40 \text{ mm} + 12 \text{ mm}$$

$$c_c = 52 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 52 = 259 \text{ mm}$$

dan tidak boleh melebihi $s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 224 mm
(tidak lebih dari 259 mm dan 307 mm, OK).

7. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik:

- Tulangan diteruskan sejauh d , 12db, atau $l_n/16$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3 dan 12.10.4):

- $d = 592 \text{ mm}$

- $12db = 12 \cdot 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$

- $l_n/16 = (5000-850)/16 = 259 \text{ mm}$

Diambil nilai terbesar yakni $592 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$

- Mencari nilai l_d (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$d_b = 16 \text{ mm}; \Psi_s = 1,0; \Psi_t = 1,0; \lambda = 1,0; \Psi_e = 1,0$$

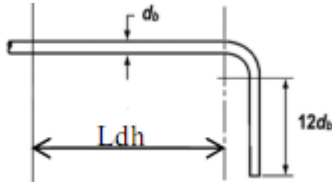
$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{410 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$l_d = 705 \text{ mm}$$

Diambil nilai $l_d = 710 \text{ mm}$

- b. Panjang penyaluran tulangan berkait:



Gambar 7. 11 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar

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

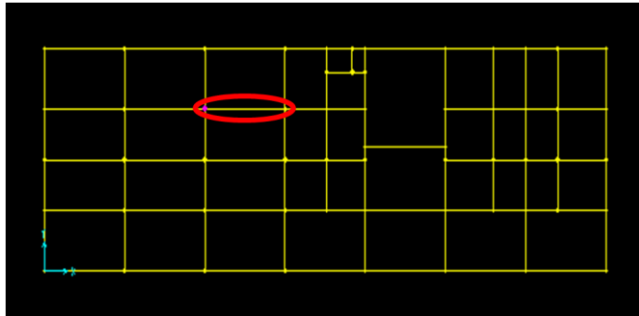
$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$l_{dh} = 287 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12d_b = 12 \cdot 16 = 192 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

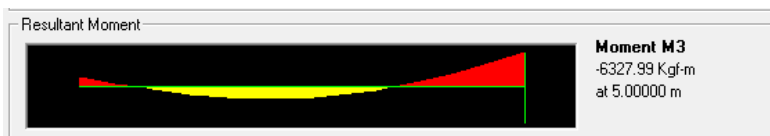
7.3 Desain Balok Anak

Untuk balok anak yang ditinjau, diambil balok anak yang mengalami gaya terbesar (Frame 673) yakni sebagai berikut:



Gambar 7. 12 Balok Anak yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



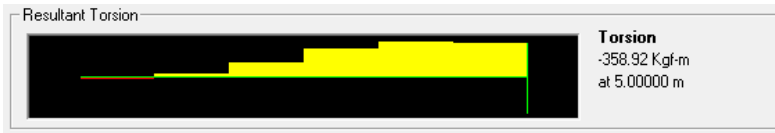
Gambar 7. 13 Momen yang Terjadi pada Balok Anak

- Mu tumpuan maksimum = 6327,99 kg.m = 63,3 kN.m
- Mu lapangan maksimum = 2127,29 kg.m = 21,3 kN.m



Gambar 7. 14 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Anak

- Vu maksimum = 4795,77 kg = 47,9 kN



Gambar 7. 15 Torsi yang Terjadi pada Balok Anak

- Tu maksimum = 358,92 kg.m = 3,59 kN.m

1. Data Perencanaan

Jika direncanakan balok anak sebagai berikut :

$$L = 5000 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lentur} = D 16 \quad f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan Geser} = \emptyset 10 \quad f_y = 240 \text{ Mpa}$$

2. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{senggang} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$M_u = 6327,99 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$M_n = \frac{6327,99}{0,9}$$

$$M_n = 7031,1 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 70311000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{70311000}{300 \cdot 342^2} = 2$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 2}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,005$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,005 < 0,02$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,005$

Sehingga :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 300 \cdot 342 = 522,8 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 3 D 16 $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 603,18 \text{ mm}^2$

3. Perhitungan Tulangan Lapangan

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{sengkang} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$M_u = 2127,29 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$M_n = \frac{2127,29}{0,9}$$

$$M_n = 2363,66 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 23636556 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{23636556}{300 \cdot 342^2} = 0,67$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,67}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,002$$

Cek :

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

$$0,003 > 0,002 < 0,02$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,002 = 0,0022$$

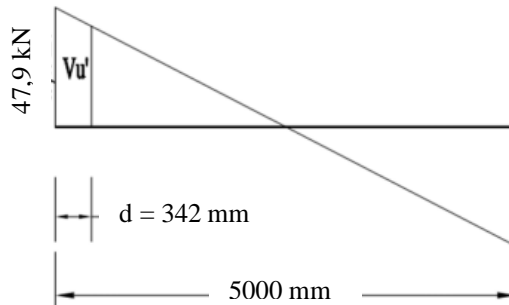
Sehingga :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0022 \cdot 300 \cdot 342 = 222,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 2 D 16} \rightarrow A_s \text{ pakai} = 402,12 \text{ mm}^2$$

4. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



Gambar 7. 16 Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$Vu' = \frac{Vu}{2} \cdot \frac{L}{2} - d = \frac{47,9}{2} \cdot \frac{5000}{2} - 342 = 41,4 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

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

Dimana : $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

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

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 342$$

$$V_c = 95\,533,77 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 95\,533,77 \text{ N} = 71\,650,33 \text{ N} = 71,7 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 71,7 \text{ kN} = 35,8 \text{ kN}$$

Karena: $0,5 \cdot \phi V_c < Vu' < \phi V_c$ maka termasuk kondisi 2 → hanya perlu tulangan geser minimum

$$V_s \text{ min} = \frac{b \cdot d}{3} = \frac{300 \cdot 342}{3} = 34200 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki Ø 10

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$A_v = 157,1 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,1 \cdot 240 \cdot 342}{3} = 377 \text{ mm}$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai sengkang 2 kaki $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

5. Perhitungan Tulangan Torsi

- a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot ph}{1,7 \cdot Ash^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vu}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{fc'} \right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi :

Torsi maksimum :

$$Tu = 358,92 \text{ kg.m} = 3589200 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum :

$$Vu = 41,4 \text{ kN} = 41388,45 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2t - d.\text{sengkang} = 300 - 2.40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2t - d.\text{sengkang} = 400 - 2.40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 (b_h + h_h) = 2 (210 + 310) = 1040 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{sh} = b_h + h_h = 210 \cdot 310 = 65100 \text{ mm}^2$$

$$Vc = 1/6 \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$Vc = 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 342 = 93660,557 \text{ N}$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot ph}{1,7 \cdot Ash^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vu}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{fc'} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{41388,4}{300 \cdot 342}\right)^2 + \left(\frac{3589200 \cdot 1040}{1,7 \cdot 65100^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{41388,4}{300 \cdot 342} + \right.$$

$$0,66 \sqrt{30}$$

$$0,66 \text{ Mpa} \leq 3,4 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $0,66 \text{ Mpa} \leq 3,4 \text{ Mpa}$ maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u < \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)

$\emptyset = 0,75$ (Faktor reduksi beban torsi) SNI 2847-2013 pasal 9.3

Periksa persyaratan pengaruh momen punter :

$$A_{cp} = b \cdot h = 300 \cdot 400 = 120\,000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(300+400) = 1400 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $T_{u_{\min}}$:

$$T_{u_{\min}} = \emptyset \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{120\,000^2}{1400} \right) = 3521073,6 \text{ N.mm}$$

$T_u = 3589200 \text{ N.mm} > T_{u_{\min}} = 3521073,6 \text{ N.mm}$,
maka perlu tulangan torsi.

- c. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi Transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,8 A_{sh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0,85 \cdot A_{sh} = 0,85 \cdot 65100 = 55\,335 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2.A_o . A_T . f_y}{s} \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2.A_o . A_T . f_y}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_u}{\phi . 2.A_o . f_y . \cot \theta}$$

$$\frac{A_T}{150} = \frac{3589200}{0,75 . 2.55335 . 410 . \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_T}{150} = 0,18$$

$$A_T = 27 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$A_v = \frac{V_s . s}{f_y . d} = \frac{34200 . 150}{240 . 342} = 62,5 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$A_{vt} = A_v + 2 . A_T = 62,5 + 2 . 27 = 117 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki $\emptyset 10 - 150\text{mm}$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 2 . 0,25 . \pi . d^2$$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 2 . 0,25 . \pi . 10^2$$

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 157,1 \text{ mm}^2 > A_{vt} = 117 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

d. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi longitudinal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_T}{s} . p_h . \frac{f_{yt}}{f_y} . \cot^2 \theta$$

Sehingga :

$$A_l = \frac{27}{150} . 1040 . \frac{410}{410} . \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 187 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 2 D 16 maka

$$A_{v_{\text{pakai}}} = 2 . 0,25 . \pi . d^2$$

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 402,12 \text{ mm}^2 > A_I = 187 \text{ mm}^2$$

Jadi, digunakan tulangan 2 D 16 di setiap sisi samping kiri dan kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan.

6. Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

c_c = t selimut beton + diameter tul sengkang

$$c_c = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$$

$$c_c = 50 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 50 = 264 \text{ mm}$$

dan tidak boleh melebihi $s_{\text{max}} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\text{max}} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 76 mm (tidak lebih dari 264 mm dan 307 mm, OK).

7. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik:

- Tulangan diteruskan sejauh d , 12db, atau $l_n/16$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3 dan 12.10.4):
 - d = 342 mm
 - 12db = 12.16 mm = 192 mm
 - $l_n/16$ = (5000-650)/16 = 272 mm

Diambil nilai terbesar yakni 342 mm \approx 350 mm

- Mencari nilai l_d (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$d_b = 16 \text{ mm}; \Psi_s = 1,0; \Psi_t = 1,0; \lambda = 1,0; \Psi_e = 1,0$$

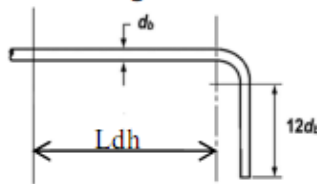
$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{410 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$l_d = 705 \text{ mm}$$

Diambil nilai $l_d = 710 \text{ mm}$

- b. Panjang penyaluran tulangan berkait:



Gambar 7. 17 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \Psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

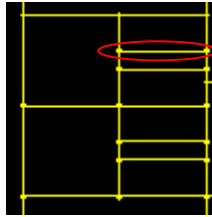
$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$l_{dh} = 287 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12d_b = 12 \cdot 16 = 192 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

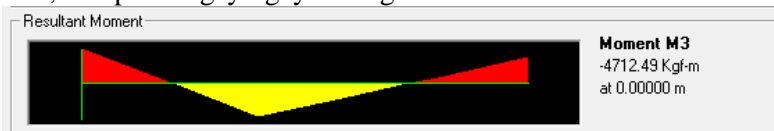
7.4 Desain Balok Lift

Untuk balok lift yang ditinjau, diambil balok lift yang mengalami gaya terbesar (Frame 432) yakni sebagai berikut:



Gambar 7. 18 Balok Penggantung Lift yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



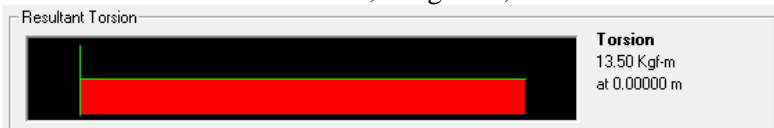
Gambar 7. 19 Momen yang Terjadi pada Balok Anak

- M_u tumpuan maksimum = 4712,49 kg.m = 47,1 kN.m
- M_u lapangan maksimum = 4274,8 kg.m = 42,7 kN.m



Gambar 7. 20 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift

- V_u maksimum = 9642,16 kg = 96,4 kN



Gambar 7. 21 Torsi yang Terjadi pada Balok Anak

- T_u maksimum = 13,5 kg.m = 0,14 kN.m

1. Data Perencanaan

Jika direncanakan balok anak sebagai berikut :

$$L = 2390 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lentur} = D 16 \quad f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan Geser} = \emptyset 10 \quad f_y = 240 \text{ Mpa}$$

2. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{sengkang} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2}$$

$$d = 300 - 40 - 10 - 16/2 = 242 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$M_u = 4712,49 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$M_n = \frac{4712,49}{0,9}$$

$$M_n = 5236,1 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 52361000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{52361000}{300 \cdot 242^2} = 4,47$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 4,47}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,012$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,012 < 0,02$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,012$

Sehingga :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,012 \cdot 200 \cdot 242 = 584,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 4 D 16} \rightarrow A_{s \text{ pakai}} = 804,25 \text{ mm}^2$$

3. Perhitungan Tulangan Lapangan

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{senggang} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2}$$

$$d = 300 - 40 - 10 - 16/2 = 242 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$M_u = 4274,8 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$M_n = \frac{4274,8}{0,9}$$

$$M_n = 4749,78 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 4749778 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{47497778}{200 \cdot 242^2} = 4,06$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 4,06}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,011$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,011 < 0,02$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,011$

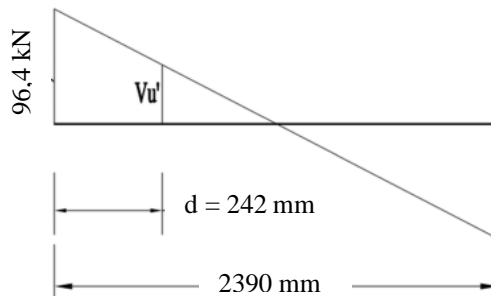
Sehingga :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,011 \cdot 200 \cdot 242 = 524,4 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 3 D 16 $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 603,2 \text{ mm}^2$

4. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



Gambar 7. 22 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift

$$V_u' = \frac{V_u}{2} \cdot \frac{L}{2} - d = \frac{96,4}{2} \cdot \frac{2390}{2} - 242 = 76,9 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

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

Dimana : $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

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

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 242$$

$$V_c = 45\,066,61 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 45\,066,61 \text{ N} = 33\,799,96 \text{ N} = 33,8 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 33,8 \text{ kN} = 16,9 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ min} = 1/3 \cdot b \cdot d$$

$$= 1/3 \cdot 200 \cdot 242$$

$$= 16\,133,33 \text{ N} = 16,1 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ mak} = 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 2/3 \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 242$$

$$= 176\,731,81 \text{ N} = 176,7 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) = 0,75 (45,07 + 16,1)$$

$$= 45899,96 \text{ N} = 45,9 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d) = 0,75 (45,07 + 1/3 \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 242$$

$$= 100074,39 \text{ N} = 100 \text{ kN}$$

Karena: $\phi (V_c + V_s \text{ min}) < V_u' < \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d)$
maka termasuk kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = V_u / \phi - V_c$$

$$= 76,9 \text{ kN} / 0,75 - 45,1 \text{ kN}$$

$$= 57,5 \text{ kN}$$

$$= 57460,3 \text{ N} < 1/3 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d = 88365,9 \text{ N}$$

$$S_{\text{mak}} = 1/2 d = 1/2 \cdot 242 = 121 \text{ mm}$$

Maka dipakai $s = 120 \text{ mm}$

$$A_v \min = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{57460,3 \cdot 120}{240 \cdot 242} = 119 \text{ mm}^2$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki Ø 10

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$A_v = 157,1 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157,1 \cdot 240 \cdot 242}{120} = 129878,68 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \cdot 129878,68 \text{ N} = 97409,01 \text{ N}$$

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 (97409,01 + 45066,61)$$

$$= 131208,97 \text{ N} > V_u' = 76895,2 \text{ N (OK)}$$

Maka dipakai sengkang 2 kaki Ø 10 – 120 mm

5. Perhitungan Tulangan Torsi

- a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_s h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi :

Torsi maksimum :

$$T_u = 13,5 \text{ kg.m} = 135000 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum :

$$V_u = 76,9 \text{ kN} = 76895,2 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2t - d.\text{sengkang} = 200 - 2.40 - 10 = 110 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2t - d.\text{sengkang} = 300 - 2.40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 (b_h + h_h) = 2 (110 + 210) = 640 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{sh} = b_h + h_h = 110 \cdot 210 = 23100 \text{ mm}^2$$

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

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 242 = 44\,182,95 \text{ N}$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot ph}{1,7 \cdot Ash^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vu}{bw \cdot d} + 0,66 \sqrt{fc'} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{76895,2}{200 \cdot 242}\right)^2 + \left(\frac{135000 \cdot 640}{1,7 \cdot 23100^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{76895,2}{200 \cdot 242} + 0,66 \sqrt{30} \right)$$

$$1,59 \text{ Mpa} \leq 4,53 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $1,59 \text{ Mpa} \leq 4,53 \text{ Mpa}$ maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$Tu \leq Tu_{\min}$$

$$Tu < \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)

$\emptyset = 0,75$ (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen punter :

$$A_{cp} = b \cdot h = 200 \cdot 300 = 60\,000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(200+300) = 1000 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai Tu_{\min} :

$$Tu_{\min} = \emptyset \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{60\,000^2}{1000}\right) = 1\,232\,375,8 \text{ N.mm}$$

$Tu = 135000 \text{ N.mm} \leq Tu_{\min} = 1\,232\,375,8 \text{ N.mm}$,
maka tidak perlu tulangan torsi akan tetapi tetap

dipasang tulangan minimum yakni 2 D 16 pada daerah badan.

6. Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

c_c = t selimut beton + diameter tul sengkang

$$c_c = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$$

$$c_c = 50 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 50 = 264 \text{ mm}$$

dan tidak boleh melebihi $s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 68 mm (tidak lebih dari 264 mm dan 307 mm, OK).

7. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik:

- Tulangan diteruskan sejauh d , 12db, atau $l_n/16$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3 dan 12.10.4):

$$- d = 242 \text{ mm}$$

$$- 12db = 12 \cdot 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$$

$$- l_n/16 = (2390-600)/16 = 112 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar yakni $242 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$

- Mencari nilai l_d (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$db = 16 \text{ mm}; \Psi_s = 1,0; \Psi_t = 1,0; \lambda = 1,0; \Psi_c = 1,0$$

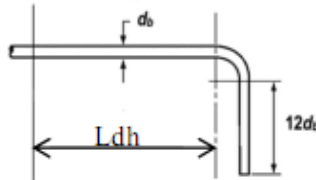
$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{410 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$l_d = 705 \text{ mm}$$

Diambil nilai $l_d = 710 \text{ mm}$

- b. Panjang penyaluran tulangan berkait:



Gambar 7. 23 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \Psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$l_{dh} = 287 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12d_b = 12 \cdot 16 = 192 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

7.5 Perhitungan Struktur Atap

Struktur atap yang didesain meliputi gording, penggantung gording, ikatan angin, kuda-kuda, dan kolom baja yang mentransfer gaya dari atap baja ke kolom beton pada lantai dibawahnya.



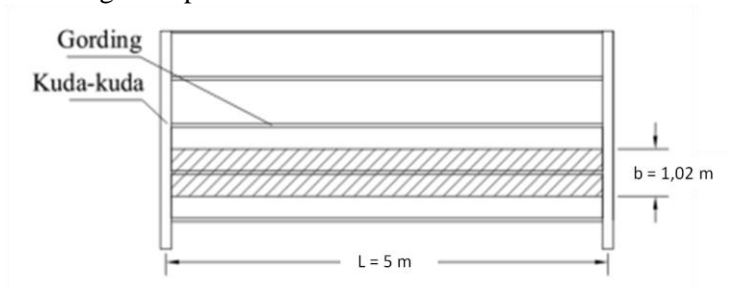
Gambar 7. 24 Atap Baja

7.5.1 Perhitungan Gording

1. Data Perencanaan

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

| | |
|---------------------------|--|
| Mutu Baja BJ | = BJ 37 |
| f_y | = 240 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3) |
| f_u | = 370 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3) |
| Jarak antar kuda-kuda (L) | = 5 meter |
| Jarak antar gording (b) | = 1,02 meter |
| Jenis atap | = Genteng ROYAL |
| Berat atap (q) | = 4,7 kg/m ² |
| Jumlah pengg gording | = 10 |
| Kemiringan atap | = 30° |



Gambar 7. 25 Gording

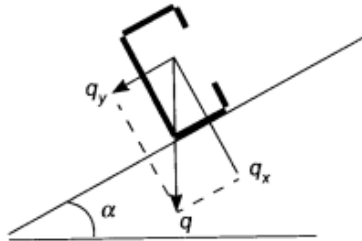
Dicoba menggunakan profil kanal 150 x 75 x 9 x 12,5

Diketahui :

| | | | | | |
|----------------|--------|-----------------|----------------|---------|-----------------|
| b | = 75 | mm | S _x | = 140 | cm ³ |
| h | = 150 | mm | S _y | = 28,3 | cm ³ |
| tw | = 9 | mm | A | = 30,59 | cm ² |
| tf | = 12,5 | mm | r _x | = 2,2 | cm |
| W | = 24 | kg/m | r _y | = 5,9 | cm |
| L | = 5 | m | | | |
| I _x | = 1050 | cm ⁴ | | | |
| I _y | = 147 | cm ⁴ | | | |

2. Perhitungan Pembebanan

Gording akan menerima beban akibat beban mati dari profil gording sendiri, beban angin dan beban hidup pekerja.



Gambar 7. 26 Perhitungan Beban pada Gording

- Beban Mati

- Berat atap ($q \cdot b$) = 4,79 kg/m
- Berat Gording = $\frac{24}{\text{kg/m}} + \text{qDL}$
= 28,79 kg/m
- Berat lain-lain (10% qDL) = $\frac{2,88}{\text{kg/m}} + \text{qDL total}$
= 31,67 kg/m

$$\begin{aligned}
 \text{qDL X} &= \text{qDL total} \cdot \sin \alpha \\
 &= 31,67 \text{ kg/m} \cdot \sin 30^\circ \\
 &= 15,84 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qDL\ Y &= qDL\ total \cdot \cos \alpha \\
 &= 31,67\ kg/m \cdot \cos 30^\circ \\
 &= 27,43\ kg/m \\
 M_{DLX} &= 1/8 \cdot qDL\ X \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 15,84\ kg/m \cdot (5\ m)^2 \\
 &= 49,5\ kg.m \\
 M_{DLY} &= 1/8 \cdot qDL\ Y \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 27,43\ kg/m \cdot (5\ m)^2 \\
 &= 85,7\ kg.m
 \end{aligned}$$

- **Beban Hidup**

Beban pekerja (terpusat)

$$\begin{aligned}
 PL\ X &= P_x = 133\ kg \cdot \sin \alpha \\
 &= 133\ kg \cdot \sin 30^\circ \\
 &= 66,5\ kg \\
 PL\ Y &= P_y = 133\ kg \cdot \cos \alpha \\
 &= 133\ kg \cdot \cos 30^\circ \\
 &= 115,2\ kg \\
 M_{LLX} &= 1/4 \cdot PL\ X \cdot L \\
 &= 1/4 \cdot 66,5\ kg \cdot 5\ m \\
 &= 83,1\ kg.m \\
 M_{LLY} &= 1/4 \cdot PL\ Y \cdot L \\
 &= 1/4 \cdot 115,2\ kg/m \cdot 5\ m \\
 &= 144\ kg.m
 \end{aligned}$$

- **Beban Angin**

Untuk beban angin, diambil dari Bab 5 yang dimana didapatkan beban angin untuk atap adalah $38\ kg/m^2$.

$$\begin{aligned}
 qW &= \text{jarak gording} \cdot \text{beban angin} \\
 &= 1,02\ m \cdot 38\ kg/m^2 \\
 &= 38,76\ kg/m^2 \\
 qW\ X &= qW \cdot \sin \alpha \\
 &= 38,76\ kg/m^2 \cdot \sin 30^\circ \\
 &= 19\ kg/m^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qW_Y &= qW \cdot \cos \alpha \\
 &= 38,76 \text{ kg/m}^2 \cdot \cos 30^\circ \\
 &= 33,57 \text{ kg/m}^2 \\
 M_{DLX} &= 1/8 \cdot qW_X \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 19 \text{ kg/m} \cdot (5 \text{ m})^2 \\
 &= 59,4 \text{ kg.m} \\
 M_{DLY} &= 1/8 \cdot qW_Y \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 33,57 \text{ kg/m} \cdot (5 \text{ m})^2 \\
 &= 105 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Beban Kombinasi

Untuk perhitungan beban ultimate yang terjadi pada gording, dihitung sebagai berikut:

$$- \text{Mu} = 1,4 \text{ D}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow \text{Mux} = 1,4 \cdot 49,5 \text{ kg.m} = 69,28 \text{ kg.m}$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow \text{Muy} = 1,4 \cdot 85,7 \text{ kg.m} = 120 \text{ kg.m}$$

$$- \text{Mu} = 1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ L} + 0,5 \text{ W}$$

Arah X

$$\text{Mux} = 1,2 \cdot 49,5 \text{ kg.m} + 1,6 \cdot 83,1 \text{ kg.m} + 0,5 \cdot 59,4 \text{ kg.m} = 222,1 \text{ kg.m}$$

Arah Y

$$\text{Muy} = 1,2 \cdot 85,7 \text{ kg.m} + 1,6 \cdot 144 \text{ kg.m} + 0,5 \cdot 105 \text{ kg.m} = 385,7 \text{ kg.m}$$

Maka momen yang terjadi maksimum adalah :

$$\text{Arah X, Mux} = 222,1 \text{ kg.m}$$

$$\text{Arah Y, Muy} = 385,7 \text{ kg.m}$$

4. Kontrol Momen Nominal

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03 – 1729 - 2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

- Untuk Badan

$$\frac{b}{t} = \frac{75}{9} = 8,3$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,97$$

$$\lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} = 28,9$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki badan kompak

- Untuk Sayap

$$\frac{h}{t} = \frac{150}{12,5} = 12$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,54$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} = 164,54$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki sayap kompak

Untuk profil berbentuk kanal, maka untuk momen nominal profil dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F3, yakni sebagai berikut:

- Menghitung momen nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z_x$$

Untuk nilai Z_x adalah :

$$Z_x = b \cdot t_f (h - t_f) + \frac{1}{4} t_w (h - 2 \cdot t_f)^2$$

$$Z_x = 75 \text{ mm} \cdot 12,5 \text{ mm} (150 \text{ mm} - 12,5 \text{ mm}) + \frac{1}{4} 9 \text{ mm} (150 \text{ mm} - 2 \cdot 12,5 \text{ mm})^2$$

$$Z_x = 164062,5 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_n = 240 \text{ Mpa} \cdot 164062,5 \text{ mm}^3$$

$$M_n = 39375000 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3937,5 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral
Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 5000 \text{ mm}$
Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 22 \text{ mm} \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}}$$

$$L_p = 1113,76 \text{ mm}$$

Menghitung nilai L_r :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot f_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E}\right)^2}}$$

Konstanta warping :

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4}$$

$$C_w = \frac{1470000 \text{ mm}^4 \cdot (150 \text{ mm})^2}{4} = 8268750000 \text{ mm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{1470000 \text{ mm}^4 \cdot 8268750000 \text{ mm}^6}}{140000 \text{ mm}^3}$$

$$r_{ts}^2 = \sqrt{787,5}$$

$$r_{ts} = 28,06 \text{ mm}$$

Menghitung konstanta torsi:

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t^3 + (h - t_f) t^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 75 \text{ mm} \cdot (9 \text{ mm})^3 + (150 \text{ mm} - 12,5 \text{ mm})(9 \text{ mm})^3}{3}$$

$$J = 69085 \text{ mm}^4$$

Menghitung koefisien c :

$$c = \frac{h}{2} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} = \frac{150 \text{ mm}}{2} \cdot \sqrt{\frac{1470000 \text{ mm}^4}{8268750000 \text{ mm}^6}} = 0,979$$

$$L_r = 1,95 \cdot 28,06 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 240} \cdot \sqrt{\frac{69085 \cdot 0,979}{140000 \cdot 150} + \sqrt{\left(\frac{69085 \cdot 0,979}{140000 \cdot 150}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 240}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 4792,12 \text{ mm}$$

Karena $L_b > L_r$

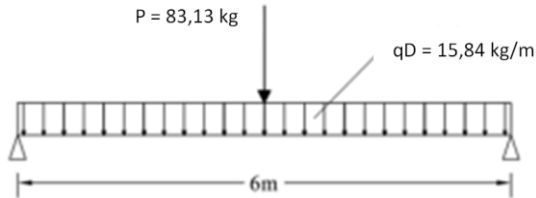
Maka berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

dengan

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J_c}{S_x \cdot h}} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{mak}}{2,5 M_{mak} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$



Gambar 7. 27 Beban dan Reaksi pada Gording

$$\begin{aligned} M_A &= \text{momen pada } \frac{1}{4} L \\ &= \frac{1}{8} q L^2 + \frac{1}{4} P L \\ &= \frac{1}{8} \cdot 15,84 \text{ kg/m} \cdot \left(\frac{6 \text{ m}}{4 \text{ m}}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot 83,13 \text{ kg} \cdot \frac{6 \text{ m}}{4 \text{ m}} \\ &= 29,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= \text{momen pada } \frac{1}{2} L \\ &= \frac{1}{8} q L^2 + \frac{1}{4} P L \\ &= \frac{1}{8} \cdot 15,84 \text{ kg/m} \cdot \left(\frac{6 \text{ m}}{2 \text{ m}}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot 83,13 \text{ kg} \cdot \frac{6 \text{ m}}{2 \text{ m}} \\ &= 64,33 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= \text{momen pada } \frac{1}{4} L \\ &= \frac{1}{8} q L^2 + \frac{1}{4} P L \\ &= \frac{1}{8} \cdot 15,84 \text{ kg/m} \cdot \left(\frac{3 \cdot 6 \text{ m}}{4 \text{ m}}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot 83,13 \text{ kg} \cdot \frac{3 \cdot 6 \text{ m}}{4 \text{ m}} \\ &= 105,77 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 64,33 \text{ kg.m}}{2,5 \cdot 64,33 \text{ kg.m} + 3 \cdot 29,07 \text{ kg.m} + 4 \cdot 64,33 \text{ kg.m} + 3 \cdot 29,07 \text{ kg.m}}$$

$$C_b = 1,36$$

$$F_{cr} = \frac{1,36 \cdot \pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{5000}{28,06}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{69085 \cdot 0,979}{140000 \cdot 150} \cdot \left(\frac{5000}{28,06}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 223,498 \text{ Mpa}$$

Maka :

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$M_n = 223,498 \text{ Mpa} \cdot 140000 \text{ mm}$$

$$M_n = 31289675 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 3128,97 \text{ kg.m} \leq M_p = 3937,5 \text{ kg.m}$$

- Menghitung momen nominal akibat tekuk local sayap tekan

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 f_y \cdot S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

$$M_n = 39375000 - (39375000 - 0,7 \cdot 240 \cdot 140000) \left(\frac{8,3 - 10,97}{28,9 - 10,97} \right)$$

$$M_n = 41710412,5 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 4171,04 \text{ kg.m}$$

Untuk momen nominal, diambil yang paling kecil diantara M_n akibat pelelehan, M_n akibat tekuk torsi lateral dan M_n akibat tekuk lokal sayap tekan, sehingga didapatkan nilai M_n :

$$M_n = 3128,97 \text{ kg.m}$$

Maka :

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 3128,97 \text{ kg.m} \geq 222,08 \text{ kg.m}$$

$$2816,07 \text{ kg.m} \geq 222,08 \text{ kg.m}$$

7.5.2 Perhitungan Penggantung Gording

1. Data Perencanaan

Untuk data-data yang diketahui adalah sebagai berikut :

| | |
|--|--------------|
| Jumlah penggantung gording | = 9 buah |
| Jarak penggantung gording (l) | = 0,5 m |
| Jarak antar gording (b) | = 1,02 m |
| Jumlah gording yang ditumpu (N) | = 6 buah |
| f_y | = 240 Mpa |
| f_u | = 370 Mpa |
| Beban mati pada gording (Arah X) | = 15,84 kg/m |
| Beban hidup pada gording (Arah X) | = 66,5 kg |
| Beban angin pada gording (Arah X) | = 19 kg/m |
| $\theta = \tan^{-1} (b/l) = \tan^{-1} (1,02/0,5) = 63,9^\circ$ | |

2. Perhitungan Pembebanan

- Beban Mati

$$QD = l \cdot qD \cdot N = 0,5 \text{ m} \cdot 15,84 \text{ kg/m} \cdot 6 = 47,5 \text{ kg}$$

$$ND = QD \cdot \sin \alpha = 47,5 \text{ kg} \cdot \sin 30^\circ = 23,76 \text{ kg}$$

- Beban Hidup

$$QL = PL \cdot N = 66,5 \text{ kg} \cdot 6 = 399 \text{ kg}$$

$$NL = QL \cdot \sin \alpha = 399 \text{ kg} \cdot \sin 30^\circ = 199,5 \text{ kg}$$

- Beban Angin

$$QW = l \cdot qW \cdot N = 0,5 \text{ m} \cdot 19 \text{ kg/m} \cdot 6 = 57 \text{ kg}$$

$$NW = QW \cdot \sin \alpha = 57 \text{ kg} \cdot \sin 30^\circ = 28,5 \text{ kg}$$

3. Kombinasi Pembebanan

Untuk kombinasi pembebanannya adalah:

$$N = 1,4 D + 1,4 (23,76 \text{ kg}) = 33,26 \text{ kg}$$

$$N = 1,2D + 1,6L + 0,5W$$

$$= 1,2 (23,76 \text{ kg}) + 1,6 (199,5 \text{ kg}) + 0,5 (28,5 \text{ kg})$$

$$= 361,96 \text{ kg}$$

Maka dipakai yang paling besar yakni $N = 361,96 \text{ kg}$

4. Perencanaan Dimensi Penggantung Gording

Gaya yang disalurkan ke kuda-kuda :

$$\Sigma V = 0$$

$$T \sin \theta - N = 0$$

$$T = \frac{N}{\sin \theta} = \frac{361,96 \text{ kg}}{\sin 63,9^\circ} = 403,1 \text{ kg} = 4031,05 \text{ N}$$

Luas penggantung gording (A)

$$A = \frac{T}{f_y} = \frac{4031,05 \text{ N}}{240 \text{ Mpa}} = 16,8 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai penggantung gording $\emptyset 10$ dengan A_g :

$$A_g = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 = 78,54 \text{ mm}^2 > 16,8 \text{ mm}^2.$$

5. Kontrol Kekuatan Tarik Nominal

Gaya tarik ultimate terjadi: $T_u = T = 4031,0 \text{ N}$

Gaya tarik nominal tulangan (SNI 03-1729-2015 Pasal D2) :

- Untuk leleh tarik pada penampang bruto :

$$P_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g$$

$$P_n = 0,9 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 78,54 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 16964,6 \text{ N} > 4031 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap putus

$$P_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$\text{Dimana: } A_e = A_n \cdot U$$

Untuk nilai faktor shear lag, $U = 1,0$ (SNI 03-1729-2015 Tabel D3.1)

$$\text{Untuk nilai } A_n = A_g = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_e = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 1 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 0,75 \cdot 370 \text{ Mpa} \cdot 78,54 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 21794,8 \text{ N} > 4031 \text{ N}$$

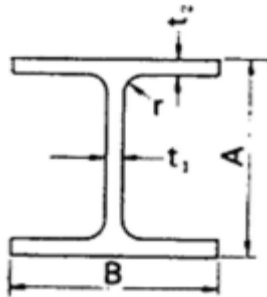
Karena nilai $P_n > P_u$, maka untuk penggantung gording dipakai tulangan $\emptyset 10$.

7.5.3 Perhitungan Kuda-kuda

1. Data Perencanaan

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

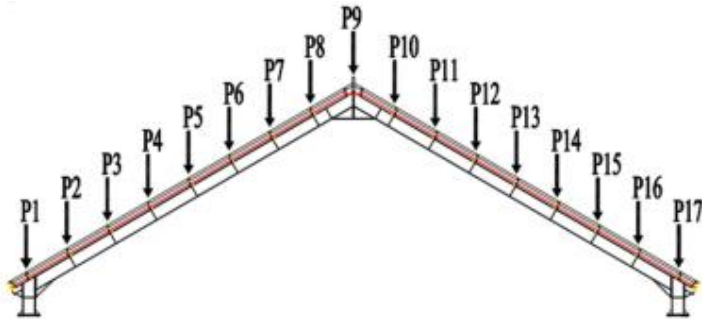
| | |
|---------------------------|---|
| Jarak antar kuda-kuda (L) | = 5 meter |
| Jarak antar gording (b) | = 1,02 meter |
| Bentang Kuda – kuda | = 11 meter |
| Jenis atap | = Genteng ROYAL® |
| Berat atap (q) | = 4,7 kg/m ² |
| Kemiringan atap | = 30° |
| Panjang miring kuda kuda | = $\frac{11 \text{ m}/2}{\cos 30^\circ} = 6,35 \text{ m}$ |



Gambar 7. 28 Penampang Profil WF

Apabila direncanakan profil kuda-kuda WF 250 x 250 x 14 x 14

| | | | |
|----|-----------------------|----|-------------------------|
| W | = 82,2 kg/m | Ag | = 104,7 cm ² |
| A | = 250 mm | Ix | = 11500 cm ⁴ |
| B | = 250 mm | Iy | = 3880 cm ⁴ |
| tw | = 14 mm | ix | = 10,5 cm |
| tf | = 14 mm | iy | = 6,09 cm |
| Sx | = 919 cm ³ | r | = 16 mm |
| Sy | = 304 cm ³ | | |



Gambar 7. 29 Gaya yang Terjadi pada Kuda-Kuda

2. Perhitungan Pembebanan

- Beban mati

- Untuk nilai P2 – P10

$$\text{Berat penutup atap} = 4,7 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,02 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 28,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri gording} = 24 \text{ kg/m} \cdot 6 \text{ m} = 144 \text{ kg} +$$

$$\text{Qd} = 172,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat lain-lain (10\% \cdot Qd)} = 17,3 \text{ kg} +$$

$$\text{Qd tot} = 190 \text{ kg}$$

- Untuk nilai P1 dan P11

$$\text{Berat penutup atap} = 4,7 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,02 \text{ m} \cdot \frac{6}{2} \text{ m} = 14,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri gording} = 24 \text{ kg/m} \cdot \frac{6}{2} \text{ m} = 72 \text{ kg} +$$

$$\text{Qd} = 86,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat lain-lain (10\% \cdot Qd)} = 8,64 \text{ kg} +$$

$$\text{Qd tot} = 95 \text{ kg}$$

- Beban Hidup

Untuk beban hidup yang ada, yakni beban hidup pekerja sebesar 1,33 kN = 133 kg

- Beban Angin

$$\text{Beban angin pada arah datang} = 38,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban angin pada arah pergi} = -38,0 \text{ kg/m}^2$$

- Untuk nilai P2 – P10
Berat penutup atap = $38 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,02 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 232,6 \text{ kg}$
- Untuk nilai P1 dan P11
Berat penutup atap = $38 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,02 \text{ m} \cdot \frac{6}{2} \text{ m} = 116,3 \text{ kg}$

3. Gaya yang Terjadi pada Kuda-kuda

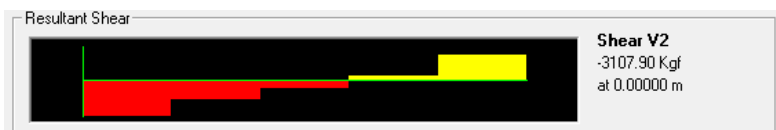
Pada perhitungan momen nominal kuda-kuda digunakan peraturan LRFD dan ASD sehingga momen kombinasi yang digunakan pada aplikasi SAP2000 adalah kombinasi $1,2D+1,6L+0,5W$ untuk peraturan LRFD dan kombinasi $1D+1L$ untuk peraturan ASD. Berikut merupakan output gaya-gaya pada frame 532 :

- Akibat Kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5W$



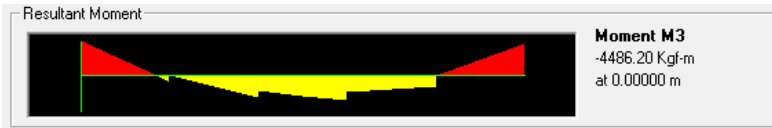
Gambar 7. 30 Gaya Aksial yang Terjadi Akibat Kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5W$

Didapatkan $P_u = 6644,37 \text{ kg}$



Gambar 7. 31 Gaya Geser yang Terjadi Akibat Kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5W$

Didapatkan $V_u = 3107,9 \text{ kg}$



Gambar 7. 32 Momen yang Terjadi Akibat Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5W

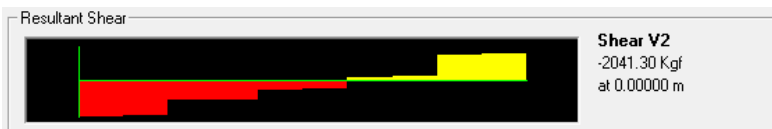
Didapatkan $M_u = 4486,2 \text{ kg.m}$

- Akibat Kombinasi 1D + 1L



Gambar 7. 33 Gaya Aksial yang Terjadi Akibat Kombinasi 1D + 1L

Didapatkan $P_u = 4519,2 \text{ kg}$



Gambar 7. 34 Gaya Geser yang Terjadi Akibat Kombinasi 1D + 1L

Didapatkan $V_u = 2041,3 \text{ kg}$



Gambar 7. 35 Momen yang Terjadi Akibat Kombinasi 1D + 1L

Didapatkan $M_u = 2950,61 \text{ kg.m}$

4. Perhitungan Tekan Nominal

Diketahui data-data yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$P_{max} = 3176,56 \text{ Kg (1,2D+1,6L+0,5W)}$$

$$P_{max} = 4519,2 \text{ Kg (1D+1L)}$$

$$A_g = 10470 \text{ mm}^2$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

Panjang antar pengaku lateral = jarak antar gording = 1020 mm

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{250 \text{ mm}}{2 \cdot 14 \text{ mm}} = 8,93$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 16,17$$

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika nilai $\lambda < \lambda_r$ maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 03 - 1729 - 2015 Pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

- Ke arah sumbu x

a. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang efektif, $k = 1,0$ (sendi-sendi)

$$\frac{k.L}{r_x} = \frac{1 \cdot (1020 \text{ mm})}{105 \text{ mm}} = 9,71 < 200 \text{ (OK)}$$

b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

Untuk perhitungan nominal terfaktor batang tekan tanpa elemen langsing berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal E3:

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 135,97 > 9,71$$

Karena nilai $4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} > \frac{k.L}{r_x}$, maka nilai F_{cr} dapat ditentukan sebagai berikut :

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{f_e} \right] \cdot f_y$$

Nilai tegangan tekuk kritis :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k.L}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(9,71)^2} = 20917 \text{ Mpa}$$

Nilai tegangan kritis :

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{f_y}{f_e}\right) \right] \cdot f_y = \left[0,658 \left(\frac{240}{20917}\right) \right] \cdot 240 = 238,8 \text{ Mpa}$$

Tekan nominal arah x:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 238,8 \text{ Mpa} \cdot 10470 \text{ mm}^2 = 2500761,7 \text{ N}$$

$$P_n = 250076,17 \text{ kg}$$

- Ke arah sumbu y

a. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang efektif, $k = 1,0$ (sendi-sendi)

$$\frac{k.L}{r_y} = \frac{1 \cdot (1020 \text{ mm})}{60,9 \text{ mm}} = 16,75 < 200 \text{ (OK)}$$

b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

Untuk perhitungan nominal terfaktor batang tekan tanpa elemen langsing berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal E3:

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 135,97 > 16,75$$

Karena nilai $4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} > \frac{k.L}{r_x}$, maka nilai F_{cr} dapat ditentukan sebagai berikut :

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{f_y}{f_e}\right) \right] \cdot f_y$$

Nilai tegangan tekuk kritis :

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r_y}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \text{ Mpa}}{(16,75)^2} = 7036,6 \text{ Mpa}$$

Nilai tegangan kritis :

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{f_y}{f_e}\right)\right] \cdot f_y = \left[0,658 \left(\frac{240}{7036,6}\right)\right] \cdot 240$$

$$F_{cr} = 236,6 \text{ Mpa}$$

Tekan nominal arah y:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 236,6 \text{ Mpa} \cdot 10470 \text{ mm}^2 = 2477183,1 \text{ N}$$

$$P_n = 247718,3 \text{ kg}$$

Cek kuat tekan nominal pada profil dengan membandingkan kuat tekan nominal dengan kuat tekan yang terjadi akibat beban yang bekerja. Ambil kuat tekan nominal batang yang terkecil dari perhitungan diatas :

$$P_n = 247718,3 \text{ kg}$$

- Terhadap peraturan LRFD

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 247718,3 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 222946,47 \text{ kg} > P_u = 6644,37 \text{ kg (OK)}$$

- Terhadap peraturan ASD

$$\phi P_n = \frac{247718,3 \text{ kg}}{1,67}$$

$$\phi P_n = 148334,31 \text{ kg} > P_u = 4519,2 \text{ kg (OK)}$$

5. Perhitungan Momen Nominal

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$M_{max} = 4486,2 \text{ kg.m (1,2D + 1,6L + 0,5W)}$$

$$M_{max} = 2950,61 \text{ kg.m (1D + 1L)}$$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

- Untuk badan

$$\frac{b}{2tf} = \frac{250 \text{ mm}}{2(14 \text{ mm})} = 8,93$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 10,97$$

$$\lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 28,87$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki badan kompak

- Untuk sayap

$$\frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 13,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 108,54$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 164,54$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki sayap kompak

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, karena penampang ini memiliki sayap dan badan kompak maka penampang ini termasuk penampang kompak

Untuk profil WF, maka untuk perhitungan momen nominal profil dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2, yakni sebagai berikut:

- Menghitung momen nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Untuk nilai Z_x adalah :

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot tw \cdot (h - 2 \cdot tf)^2 + (h - tf) \cdot tf \cdot bf$$

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot 14 \text{ mm} (250 \text{ mm} - 2 \cdot 14 \text{ mm})^2 + (250 \text{ mm} - 14 \text{ mm}) \cdot 14 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}$$

$$Z_x = 998494 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_n = M_p = 240 \text{ Mpa} \cdot 998494 \text{ mm}^3 = 239638560 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_p = 23963,9 \text{ kg.m}$$

- b. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral
Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 6350 \text{ mm}$
Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 60,9 \text{ mm} \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 3094,1 \text{ mm}$$

Menghitung nilai L_r :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x \cdot h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \cdot h_o}\right)^3 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}}$$

Dimana :

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = \frac{(38800000) \cdot (250)^2}{4} = 60625000000 \text{ mm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{38800000 \cdot 60625000000}}{920000}$$

$$r_{ts} = \sqrt{5271,7 \text{ mm}^2} = 72,6 \text{ mm}$$

Konstanta torsi

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t^3 + (h - t_f) \cdot t_w^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 250 \cdot 14^3 + (250 - 14) \cdot 14^3}{3} = 673195 \text{ mm}^4$$

Nilai koefisien $c=1$ sesuai dengan SNI 1729-2015 Pasal F2-8a

Nilai L_r adalah :

$$L_r = 1,95 \cdot 72,6 \cdot \frac{200000}{0,7(240)} \cdot \sqrt{\frac{673195(1)}{(920000) \cdot (250)} + \sqrt{\left(\frac{673195(1)}{(920000) \cdot (250)}\right)^3 + 6,76 \left(\frac{0,7(240)}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 12056,6 \text{ mm}$$

Karena $L_p < L_b < L_r$ maka profil termasuk profil dengan bentang menengah maka :

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y \cdot S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

Dimana :

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{maks} + 3M_a + 4M_b + 3M_c}$$

- Nilai C_b akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5W

$$C_b = \frac{12,5(4486,2)}{2,5(4486,2) + 3(729,2) + 4(3009,5) + 3(729,2)}$$

$$C_b = 1,87$$

- Nilai C_b akibat kombinasi 1D+1L

$$C_b = \frac{12,5(2950,61)}{2,5(2950,61) + 3(458,48) + 4(1618,04) + 3(959,67)}$$

$$C_b = 2,04$$

Momen nominal akibat tekuk torsi lateral

- akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5W

$$M_n = 1,87 \left[239638560 - (239638560 - 0,7 \cdot 240 \cdot 920000 \cdot \left(\frac{6350 - 3094,1}{12056,6 - 3094,1} \right)) \right]$$

$$M_n = 39069,99 \cdot 10^4 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 39069,99 \text{ kg.m}$$

- akibat kombinasi 1D+1L

$$M_n = 2,04 \left[239638560 - (239638560 - 0,7 \cdot 240 \cdot 920000 \cdot \left(\frac{6350 - 3094,1}{12056,6 - 3094,1} \right)) \right]$$

$$M_n = 42524,5 \cdot 10^4 \text{ N.mm} = 42524,5 \text{ kg.m}$$

Untuk momen nominal, diambil yang paling kecil diantara M_n akibat pelelehan dan momen akibat tekuk torsi lateral, maka:

- Terhadap peraturan LRFD

$$M_n = 23963,9 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 23963,9 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 21567,5 \text{ kg.m} > M_u = 4486,2 \text{ kg.m (OK)}$$

- Terhadap peraturan ASD

$$M_n = 23963,9 \text{ kg.m}$$

$$\frac{M_n}{\Omega_b} = \frac{23963,9 \text{ kg.m}}{1,67} = 14349,6 \text{ kg.m} > M_u = 2950,61 \text{ kg.m}$$

(OK)

6. Perhitungan Geser Nominal

Diketahui data-data yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$V_{\max} = 3107,9 \text{ Kg (1,2D+1,6L+0,5W)}$$

$$V_{\max} = 2041,3 \text{ Kg (1D+1L)}$$

Cek kebutuhan pengaku transversal

Menurut SNI 03-1729-2015 Pasal G2.2, pengaku transversal tidak dibutuhkan apabila :

$$\frac{h}{tw} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{250}{14} \leq 2,46 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}}$$

$$17,8 < 71,01$$

Karena $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{fy}}$, maka komponen struktur tidak memerlukan pengaku transversal. Sehingga perhitungan kekuatan geser berdasarkan SNI 03 - 1729 - 2015 Pasal G2.1.(a):

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 64,7 > \frac{h}{tw} = \frac{250}{14} \\ = 17,8$$

Maka didapatkan :

$$\phi = 1,00$$

$$\Omega_b = 1,5$$

$$C_v = 1,0$$

$$C_v = 1,0$$

$$A_w = h \cdot tw = 250 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} = 3500 \text{ mm}^2$$

Maka nilai kuat geser dari profil :

$$V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 0,6 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 3500 \text{ mm}^2 \cdot 1$$

$$V_n = 50400 \text{ kg}$$

Kontrol

- Terhadap peraturan LRFD
 $V_n = 50400 \text{ kg}$
 $\phi \cdot V_n = 1 \cdot 50400 \text{ kg} = 50400 \text{ kg} > V_u = 3107,9 \text{ kg} \text{ (OK)}$
- Terhadap peraturan ASD
 $V_n = 50400 \text{ kg}$
 $\frac{V_n}{\Omega_b} = \frac{50400 \text{ kg}}{1,5} = 33600 \text{ kg} > V_u = 2041,3 \text{ kg} \text{ (OK)}$

7.5.4 Perhitungan Kolom Baja



Gambar 7. 36 Kolom Baja yang Ditinjau

1. Data Perencanaan

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$L = 0,91 \text{ m} = 910 \text{ mm}$$

Apabila direncanakan profil kolom baja WF 250.250.14.14

| | | | |
|----|-----------------------|----|-------------------------|
| W | = 82,2 kg/m | Ag | = 104,7 cm ² |
| A | = 250 mm | Ix | = 11500 cm ⁴ |
| B | = 250 mm | Iy | = 3880 cm ⁴ |
| tw | = 14 mm | ix | = 10,5 cm |
| tf | = 14 mm | iy | = 6,09 cm |
| Sx | = 919 cm ³ | r | = 16 mm |
| Sy | = 304 cm ³ | | |

2. Gaya yang Terjadi pada Kolom Baja

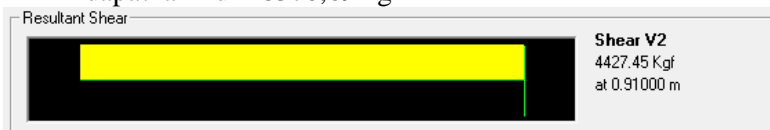
Pada perhitungan momen nominal kolom baja digunakan peraturan LRFD dan ASD sehingga momen kombinasi yang digunakan pada aplikasi SAP2000 adalah kombinasi $1,2D+1,6L+0,5W$ untuk peraturan LRFD dan kombinasi $1D+1L$ untuk peraturan ASD. Berikut merupakan output gaya-gaya pada frame 468 :

- Akibat kombinasi $1,2D+1,6L+0,5W$



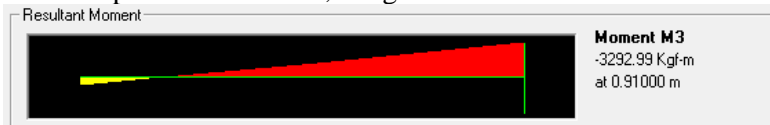
Gambar 7. 37 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Baja ($1,2D + 1,6L + 0,5W$)

Didapatkan $P_u = 8370,69$ kg



Gambar 7. 38 Gaya Geser yang Terjadi pada Kolom Baja ($1,2D + 1,6L + 0,5W$)

Didapatkan $V_u = 4427,45$ kg



Gambar 7. 39 Momen yang Terjadi pada Kolom Baja ($1,2D + 1,6L + 0,5W$)

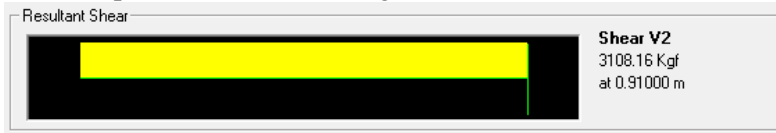
Didapatkan $M_u = 3292,99$ kg.m

- Akibat kombinasi $1D + 1L$



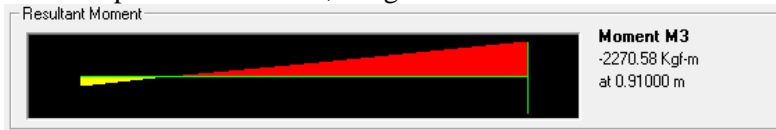
Gambar 7. 40 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Baja ($1D + 1L$)

Didapatkan $P_u = 5857,97 \text{ kg}$



Gambar 7. 41 Gaya Geser yang Terjadi pada Kolom Baja (1D + 1L)

Didapatkan $V_u = 3108,16 \text{ kg}$



Gambar 7. 42 Momen yang Terjadi pada Kolom Baja (1D + 1L)

Didapatkan $M_u = 2270,58 \text{ kg.m}$

3. Perhitungan Tekan Nominal

Diketahui data-data yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$P_{max} = 8370,69 \text{ Kg (1,2D+1,6L+0,5W)}$$

$$P_{max} = 5857,97 \text{ Kg (1D+1L)}$$

$$A_g = 10470 \text{ mm}^2$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Panjang Kolom} = 910 \text{ mm}$$

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{250 \text{ mm}}{2 \cdot 14 \text{ mm}} = 8,93$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 16,17$$

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, jika nilai $\lambda < \lambda_r$ maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 03 - 1729 - 2015 Pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

- Ke arah sumbu x

a. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang efektif, $k = 1,0$ (sendi-sendiri)

$$\frac{k.L}{r_x} = \frac{1.(910 \text{ mm})}{105 \text{ mm}} = 8,67 < 200 \text{ (OK)}$$

b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

Untuk perhitungan nominal terfaktor batang tekan tanpa elemen langsing berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal E3:

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 135,97 > 8,67$$

Karena nilai $4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} > \frac{k.L}{r_x}$, maka nilai F_{cr} dapat ditentukan sebagai berikut :

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{f_e} \right] \cdot f_y$$

Nilai tegangan tekuk kritis :

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{k.L}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(8,67)^2} = 26280 \text{ Mpa}$$

Nilai tegangan kritis :

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{f_y}{f_e}\right) \right] \cdot f_y = \left[0,658 \left(\frac{240}{26280}\right) \right] \cdot 240 = 239,1 \text{ Mpa}$$

Tekan nominal arah x:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 239,1 \text{ Mpa} \cdot 10470 \text{ mm}^2 = 2503213,5 \text{ N}$$

$$P_n = 250321,35 \text{ kg}$$

- Ke arah sumbu y

a. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang efektif, $k = 1,0$ (sendi-sendi)

$$\frac{k.L}{r_y} = \frac{1.(910 \text{ mm})}{60,9 \text{ mm}} = 14,94 < 200 \text{ (OK)}$$

b. Kekuatan nominal terfaktor batang tekan

Untuk perhitungan nominal terfaktor batang tekan tanpa elemen langsing berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal E3:

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 135,97 > 14,94$$

Karena nilai $4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} > \frac{k.L}{r_x}$, maka nilai F_{cr} dapat ditentukan sebagai berikut :

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{f_y}{f_e} \right) \right] \cdot f_y$$

Nilai tegangan tekuk kritis :

$$f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{k.L}{r_y} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \text{ Mpa}}{(14,94)^2} = 8840,6 \text{ Mpa}$$

Nilai tegangan kritis :

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{f_y}{f_e} \right) \right] \cdot f_y = \left[0,658 \left(\frac{240}{8840,6} \right) \right] \cdot 240$$

$$F_{cr} = 237,3 \text{ Mpa}$$

Tekan nominal arah y:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 237,3 \text{ Mpa} \cdot 10470 \text{ mm}^2 = 2484409,7 \text{ N}$$

$$P_n = 248440,97 \text{ kg}$$

Cek kuat tekan nominal pada profil dengan membandingkan kuat tekan nominal dengan kuat tekan yang terjadi akibat beban yang bekerja. Ambil kuat tekan nominal batang yang terkecil dari perhitungan diatas :

$$P_n = 248440,97 \text{ kg}$$

- Terhadap peraturan LRFD
 $\phi P_n = 0,9 \cdot 248440,97 \text{ kg}$
 $\phi P_n = 223596,9 \text{ kg} > P_u = 8370,69 \text{ kg (OK)}$
- Terhadap peraturan ASD
 $\phi P_n = \frac{248440,97 \text{ kg}}{1,67}$
 $\phi P_n = 148767,05 \text{ kg} > P_u = 5857,97 \text{ kg (OK)}$

4. Perhitungan Momen Nominal

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$M_{\max} = 3292,99 \text{ kg.m (1,2D + 1,6L + 0,5W)}$$

$$M_{\max} = 2270,58 \text{ kg.m (1D + 1L)}$$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

- Untuk badan

$$\frac{b}{2tf} = \frac{250 \text{ mm}}{2(14 \text{ mm})} = 8,93$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 10,97$$

$$\lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 28,87$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki badan kompak

- Untuk sayap

$$\frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 13,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 108,54$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 164,54$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki sayap kompak

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1, karena penampang ini memiliki sayap dan badan kompak maka penampang ini termasuk penampang kompak

Untuk profil WF, maka untuk perhitungan momen nominal profil dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2, yakni sebagai berikut:

- a. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Untuk nilai Z_x adalah :

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^2 + (h - t_f) \cdot t_f \cdot b_f$$

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot 14 \text{ mm} (250 \text{ mm} - 2 \cdot 14 \text{ mm})^2 + (250 \text{ mm} - 14 \text{ mm}) \cdot 14 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}$$

$$Z_x = 998494 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_n = M_p = 240 \text{ Mpa} \cdot 998494 \text{ mm}^3 = 239638560 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_p = 23963,9 \text{ kg.m}$$

- b. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral

Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 910 \text{ mm}$

Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 60,9 \text{ mm} \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 3094,1 \text{ mm}$$

Karena nilai $L_b < L_p \rightarrow 910 \text{ mm} < 3094,14 \text{ mm}$, maka berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2.(a), untuk momen nominal akibat tekuk torsi lateral dapat diabaikan

Untuk momen nominal, diambil yang paling kecil diantara M_n akibat pelelehan dan momen akibat tekuk torsi lateral, maka:

- Terhadap peraturan LRFD
 $M_n = 23963,9 \text{ kg.m}$
 $\phi M_n = 0,9 \cdot 23963,9 \text{ kg.m}$
 $\phi M_n = 21567,5 \text{ kg.m} > M_u = 3292,99 \text{ kg.m (OK)}$

 - Terhadap peraturan ASD
 $M_n = 23963,9 \text{ kg.m}$
 $\frac{M_n}{\Omega_b} = \frac{23963,9 \text{ kg.m}}{1,67} = 14349,6 \text{ kg.m} > M_u = 2270,58 \text{ kg.m}$
 (OK)
5. Perhitungan Geser Nominal
- Diketahui data-data yang dibutuhkan sebagai berikut :
- $V_{max} = 4427,45 \text{ Kg (1,2D+1,6L+0,5W)}$
 $V_{max} = 3108,16 \text{ Kg (1D+1L)}$

Cek kebutuhan pengaku transversal

Menurut SNI 03-1729-2015 Pasal G2.2, pengaku transversal tidak dibutuhkan apabila :

$$\frac{h}{tw} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{250}{14} \leq 2,46 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}}$$

$$17,8 < 71,01$$

Karena $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{fy}}$, maka komponen struktur tidak memerlukan pengaku transversal. Sehingga perhitungan

kekuatan geser berdasarkan SNI 03-1729-2015
Pasal G2.1.(a):

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 64,7 > \frac{h}{tw} = \frac{250}{14} = 17,8$$

Maka didapatkan :

$$\emptyset = 1,00$$

$$\Omega_b = 1,5$$

$$C_v = 1,0$$

$$C_v = 1,0$$

$$A_w = h \cdot tw = 250 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} = 3500 \text{ mm}^2$$

Maka nilai kuat geser dari profil :

$$V_n = 0,6 fy \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 0,6 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 3500 \text{ mm}^2 \cdot 1$$

$$V_n = 50400 \text{ kg}$$

Kontrol

- Terhadap peraturan LRFD

$$V_n = 50400 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot V_n = 1 \cdot 50400 \text{ kg} = 50400 \text{ kg} > V_u = 4427,45 \text{ kg (OK)}$$

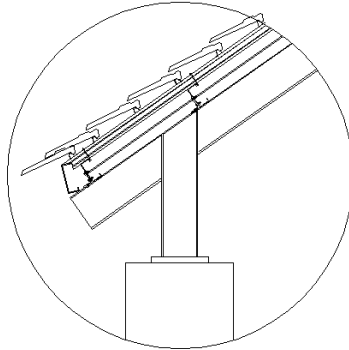
- Terhadap peraturan ASD

$$V_n = 50400 \text{ kg}$$

$$\frac{V_n}{\Omega_b} = \frac{50400 \text{ kg}}{1,5} = 33600 \text{ kg} > V_u = 3108,16 \text{ kg (OK)}$$

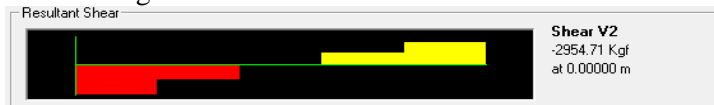
7.5.5 Perhitungan Sambungan

a. Sambungan A (Kuda-kuda dengan Kolom)



Gambar 7. 43 Sambungan Kuda-kuda dengan Kolom

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:



Gambar 7. 44 Gaya Geser yang Terjadi pada Sambungan A

Didapatkan $V_u = 2954,71 \text{ kg}$



Gambar 7. 45 Momen yang Terjadi pada Sambungan A

Didapatkan $M_u = 3877,41 \text{ kg.m}$

1. Perencanaan sambungan baut

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

| | |
|----------------------|--|
| Tipe baut | = A325 (SNI 1729:2015 Tabel J3.2) |
| Fnt | = 620 Mpa |
| Fnv | = 372 Mpa |
| Diameter baut (db) | = 20 mm |
| Diameter lubang (do) | = 22 mm (SNI 1729:2015 Tabel J3.3M) |
| Jumlah baut | = 8 buah |
| Mutu pelat sambung | = BJ37 |
| fy | = 240 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel.3) |
| fu | = 370 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3) |
| tebal pelat (tp) | = 8 mm |
| Tinggi pelat | = 150 mm |

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari 2,67 db dan tidak boleh lebih dari 15 tp namun tidak boleh diambil melebihi 305 mm, sehingga:

$$2,67 \cdot 20 \text{ mm} < S < 15 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$53,4 \text{ mm} < S < 120 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai $S = 66 \text{ mm}$

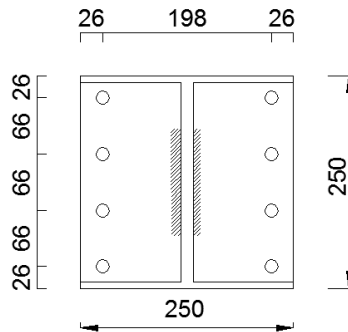
Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan Pasal J3.5, dimana untuk baut ukuran 16 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 26 mm dan untuk jarak maksimum diambil sebesar 12 tp namun tidak boleh diambil melebihi dari 150 mm, sehingga:

$$26 \text{ mm} < S1 < 12 \text{ tp}$$

$$26 \text{ mm} < S1 < 12 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$26 \text{ mm} < S1 < 96 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai $S1 = 26 \text{ mm}$



Gambar 7. 46 Konfigurasi Baut pada Sambungan A

- a. Perhitungan akibat geser pada baut
- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$R_n = 372 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 116867,25 \text{ N}$$
 - Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$R_n = 1,2 \cdot 198 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 370 \text{ Mpa} < 2,4 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 370 \text{ Mpa}$$

$$R_n = 703296 \text{ N} > 142080 \text{ N}$$

Maka dipakai $R_n = 142080 \text{ N}$

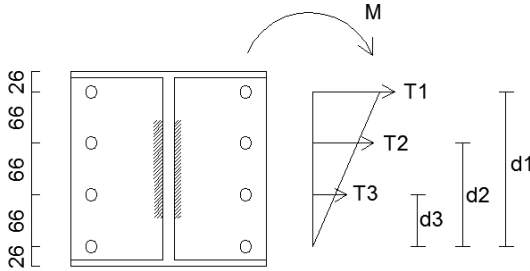
Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni $R_n = 116867,25 \text{ N} = 11686,7 \text{ kg}$

$$\emptyset \cdot R_{nv} \geq V_u$$

$$0,75 \cdot 11686,7 \text{ kg} > 2954,71 \text{ kg}$$

$$8765,04 > 2954,71 \text{ kg (OK)}$$

- b. Perhitungan akibat gaya momen
 $M_u = 3877,41 \text{ kg.m} = 38774100 \text{ N.mm}$



Gambar 7. 47 Momen yang Terjadi pada Sambungan Baut

Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):

$$\Sigma d_n^2 = (198 \text{ mm})^2 + (132 \text{ mm})^2 + (66 \text{ mm})^2$$

$$\Sigma d_n^2 = 60984 \text{ mm}^2$$

- Untuk T1, maka :

$$T1 = \frac{M \cdot d1}{\Sigma d_n^2} = \frac{38774100 \text{ N.mm} \cdot 198 \text{ mm}}{60984 \text{ mm}^2} = 125889,9 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka :

$$T2 = \frac{M \cdot d2}{\Sigma d_n^2} = \frac{38774100 \text{ N.mm} \cdot 132 \text{ mm}}{60984 \text{ mm}^2} = 83926,6 \text{ N}$$

- Untuk T3, maka :

$$T3 = \frac{M \cdot d3}{\Sigma d_n^2} = \frac{38774100 \text{ N.mm} \cdot 66 \text{ mm}}{60984 \text{ mm}^2} = 41963,3 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai T yang dipakai adalah yang terbesar, yakni $T_u = 125889,9 \text{ N} = 12588,99 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$R_{nt} = F_{nt} \cdot A_b$$

$$R_{nt} = 620 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 194778,7 \text{ N}$$

$$R_{nt} = 19477,87 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot R_{nt} \geq T_u$$

$$0,75 \cdot 19477,87 \text{ kg} > 12588,99 \text{ kg}$$

$$14608,4 \text{ kg} > 12588,99 \text{ kg (OK)}$$

- c. Kontrol interaksi geser + tarik

$$\left(\frac{V_u}{\emptyset \cdot R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\emptyset \cdot R_{nt}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{2954,71}{8765,04} \right)^2 + \left(\frac{12588,99}{14608,4} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,85 < 1 \text{ (OK)}$$

2. Perencanaan sambungan las

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mutu logam pengisi} &= \text{FE60xx} \\ \text{FEXX} &= 3515,3 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 351,53 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{tebal minimum las sudut} = 5 \text{ mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)}$$

$$\text{tebal maksimum las sudut} = 8 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$$

$$\text{(SNI 1729:2015 Pasal J2.2b)}$$

$$\text{Tebal las pakai} = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Profil yang di las WF 250.250.14.14}$$

- a. Tinjau ketahanan las berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4

- Ketahanan terhadap las :

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot A_w$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot l_w \cdot \text{tebal las efektif}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 351,5 \cdot l_w \cdot (0,707 \cdot 6)$$

$$\emptyset R_n = 671,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot l_w$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar :
 $\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot Fu \cdot Awe$
 $\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot Fu \cdot Lw \cdot \text{tebal las efektif}$
 $\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 370 \cdot lw \cdot (0,707 \cdot 6)$
 $\emptyset Rn = 706,3 \frac{N}{mm} \cdot lw$
 Diambil nilai yang terkecil yaitu
 $\emptyset Rn = 671,03 N/mm \cdot lw$
 $\emptyset Rn = 67,103 kg/mm \cdot lw$

b. Hitung panjang total las dibutuhkan (Lw)

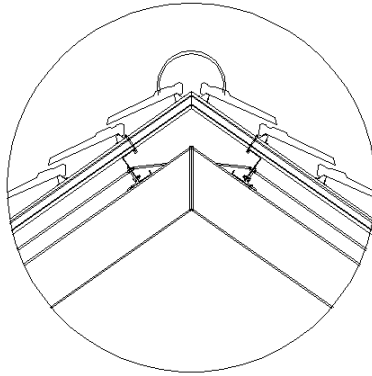
$$\emptyset \cdot Rn \geq Vu$$

$$67,103 \text{ kg/mm} \cdot lw \geq 2954,71 \text{ kg}$$

$$Lw \geq \frac{2954,71 \text{ kg}}{67,103 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}} = 44,03 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$$

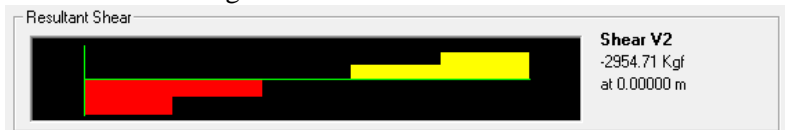
Sehingga didapatkan panjang las minimal adalah 45 mm. Berdasarkan SNI 1729:2002 Pasal 13.5.3.9, untuk panjang las minimal adalah lebar komponen tersambung yakni = 125 mm, sehingga untuk panjang total las sambungan adalah $2 \times 125 \text{ mm} = 250 \text{ mm}$.

b. Sambungan B (Antar Kuda-kuda)

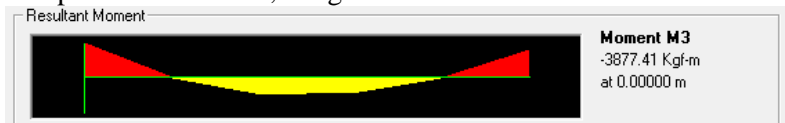


Gambar 7. 48 Sambungan Kuda-kuda dengan Kuda-kuda

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:



Didapatkan $V_u = 2954,71 \text{ kg}$



Didapatkan $M_u = 3877,41 \text{ kg.m}$

1. Perencanaan sambungan baut

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

| | |
|-----------|-----------------------------------|
| Tipe baut | = A325 (SNI 1729:2015 Tabel J3.2) |
| F_{nt} | = 620 Mpa |
| F_{nv} | = 372 Mpa |

| | |
|----------------------|--|
| Diameter baut (db) | = 20 mm |
| Diameter lubang (do) | = 22 mm (SNI 1729:2015 Tabel J3.3M) |
| Jumlah baut | = 8 buah |
| Mutu pelat sambung | = BJ37 |
| fy | = 240 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel.3) |
| fu | = 370 Mpa (SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3) |
| tebal pelat (tp) | = 8 mm |
| Tinggi pelat | = 150 mm |

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari 2,67 db dan tidak boleh lebih dari 15 tp namun tidak boleh diambil melebihi 305 mm, sehingga:

$$2,67 \cdot 20 \text{ mm} < S < 15 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$53,4 \text{ mm} < S < 120 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai $S = 66 \text{ mm}$

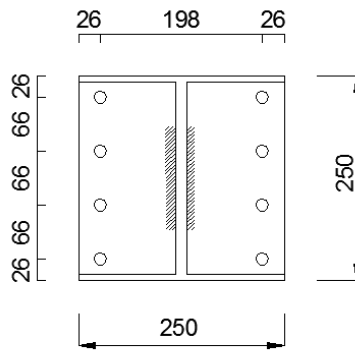
Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan Pasal J3.5, dimana untuk baut ukuran 16 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 26 mm dan untuk jarak maksimum diambil sebesar 12 tp namun tidak boleh diambil melebihi dari 150 mm, sehingga:

$$26 \text{ mm} < S1 < 12 \text{ tp}$$

$$26 \text{ mm} < S1 < 12 \cdot 8 \text{ mm}$$

$$26 \text{ mm} < S1 < 96 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai $S1 = 26 \text{ mm}$



Gambar 7. 49 Konfigurasi Baut pada Sambungan B

a. Perhitungan akibat geser pada baut

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$R_n = 372 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 116867,25 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$R_n = 1,2 \cdot 198 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 370 \text{ Mpa} < 2,4 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 370 \text{ Mpa}$$

$$R_n = 703296 \text{ N} > 142080 \text{ N}$$

Maka dipakai $R_n = 142080 \text{ N}$

Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni $R_n = 116867,25 \text{ N} = 11686,7 \text{ kg}$

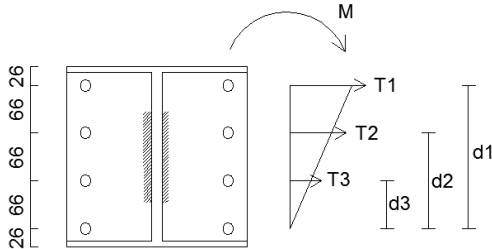
$$\emptyset \cdot R_{nv} \geq V_u$$

$$0,75 \cdot 11686,7 \text{ kg} > 2954,71 \text{ kg}$$

$$8765,04 > 2954,71 \text{ kg (OK)}$$

- b. Perhitungan akibat gaya momen

$$M_u = 3877,41 \text{ kg.m} = 38774100 \text{ N.mm}$$



Gambar 7. 50 Momen yang Terjadi pada Sambungan B

Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):

$$\Sigma d_n^2 = (198 \text{ mm})^2 + (132 \text{ mm})^2 + (66 \text{ mm})^2$$

$$\Sigma d_n^2 = 60984 \text{ mm}^2$$

- Untuk T1, maka :

$$T1 = \frac{M \cdot d1}{\Sigma d_n^2} = \frac{38774100 \text{ N.mm} \cdot 198 \text{ mm}}{60984 \text{ mm}^2} = 125889,9 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka :

$$T2 = \frac{M \cdot d2}{\Sigma d_n^2} = \frac{38774100 \text{ N.mm} \cdot 132 \text{ mm}}{60984 \text{ mm}^2} = 83926,6 \text{ N}$$

- Untuk T3, maka :

$$T3 = \frac{M \cdot d3}{\Sigma d_n^2} = \frac{38774100 \text{ N.mm} \cdot 66 \text{ mm}}{60984 \text{ mm}^2} = 41963,3 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai T yang dipakai adalah yang terbesar, yakni $T_u = 125889,9 \text{ N} = 12588,99 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$R_{nt} = F_{nt} \cdot A_b$$

$$R_{nt} = 620 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 194778,7 \text{ N}$$

$$R_{nt} = 19477,87 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot Rnt \geq Tu$$

$$0,75 \cdot 19477,87 \text{ kg} > 12588,99 \text{ kg}$$

$$14608,4 \text{ kg} > 12588,99 \text{ kg (OK)}$$

- c. Kontrol interaksi geser + tarik

$$\left(\frac{Vu}{\emptyset \cdot Rnv} \right)^2 + \left(\frac{Tu}{\emptyset \cdot Rnt} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{2954,71}{8765,04} \right)^2 + \left(\frac{12588,99}{14608,4} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,85 < 1 \text{ (OK)}$$

2. Perencanaan sambungan las sudut

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

Mutu logam pengisi = FE60xx

FEXX = 3515,3 kg/cm²

= 351,53 N/mm²

tebal minimum las sudut = 5 mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = 8 mm – 2 mm = 6 mm

(SNI 1729:2015 Pasal J2.2b)

Tebal las pakai = 6 mm

Profil yang di las WF 250.250.14.14

- a. Tinjau ketahanan las berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4

- Ketahanan terhadap las :

$$\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot Fexx \cdot Awe$$

$$\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot Fexx \cdot Lw \cdot \text{tebal las efektif}$$

$$\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 351,5 \cdot lw \cdot (0,707 \cdot 6)$$

$$\emptyset Rn = 671,03 \frac{N}{mm} \cdot lw$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar :

$$\emptyset Rn = 0,75 \cdot 0,6 \cdot Fu \cdot Awe$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot L_w \cdot \text{tebal las efektif}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 370 \cdot l_w \cdot (0,707 \cdot 6)$$

$$\phi R_n = 706,3 \frac{N}{mm} \cdot l_w$$

Diambil nilai yang terkecil yaitu

$$\phi R_n = 671,03 \text{ N/mm} \cdot l_w$$

$$\phi R_n = 67,103 \text{ kg/mm} \cdot l_w$$

- b. Hitung panjang total las dibutuhkan (L_w)

$$\phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$67,103 \text{ kg/mm} \cdot l_w \geq 2954,71 \text{ kg}$$

$$L_w \geq \frac{2954,71 \text{ kg}}{67,103 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}} = 44,03 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan panjang las minimal adalah 45 mm.

Dan untuk menyambungkan antar jurai digunakan profil WF King Cross.

3. Sambungan C (Kolom dengan Pelat Landas)

Diketahui data-data sebagai berikut:

Dimensi kolom baja WF 250.250.14.14

Beban yang terjadi pada ujung kolom (frame 624) berdasarkan hasil dari program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan:



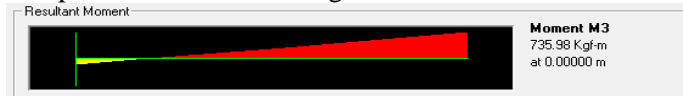
Gambar 7. 51 Gaya Aksial yang Terjadi pada Sambungan C

Didapatkan $P_u = 8370,69 \text{ kg}$



Gambar 7. 52 Gaya Geser yang Terjadi pada Sambungan C

Didapatkan $V_u = 4427,45 \text{ kg}$



Gambar 7. 53 Momen yang Terjadi pada Sambungan C

Didapatkan $M_u = 735,98 \text{ kg.m}$

Kolom beton yang dipakai = 750 mm x 750 mm

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

baut pada angkur :

Tipe baut = A-325

Diameter baut = 16 mm

$f_{nt} = 620 \text{ Mpa}$

$f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$

1. Perencanaan dimensi pelat landas :

Mencari luas perlu, A :

$$F_c' \geq P_u/A$$

$$30 \text{ Mpa} \geq 83706,9 \text{ N/A}$$

$$A \geq 2790,2 \text{ mm}^2$$

$$b \text{ pelat} = 400 \text{ mm}$$

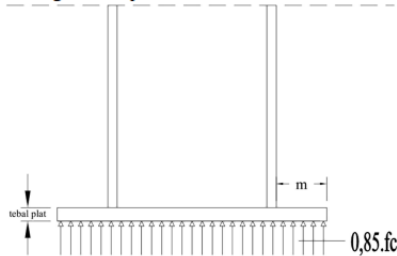
$$h \text{ pelat} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Luas pelat} = b.h$$

$$\text{Luas pelat} = 400 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm}$$

$$\text{Luas pelat} = 160000 \text{ mm}^2 > 2790,2 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

2. Perhitungan tebal pelat landas

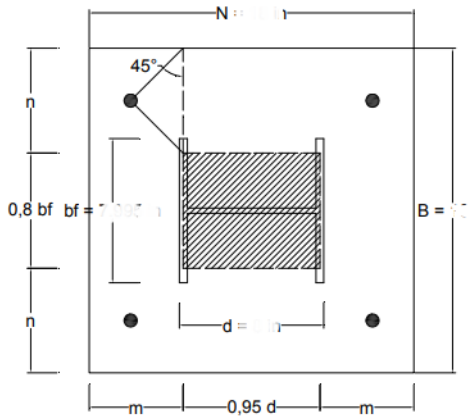


Gambar 7. 54 Gaya yang Terjadi pada Pelat Landas

Tegangan yang terjadi dibawah pelat landas :

$$f_{pu} = 0,85 \cdot f_c' = 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} = 25,5 \text{ Mpa}$$

Penentuan tebal pelat menurut AISC manual part 14



Gambar 7. 55 Bagian Kritis Pada Baseplate

Tebal minimum pelat landas :

$$t_{min} = l \sqrt{\frac{2 \cdot f_{pu}}{0,9 \cdot f_y}}$$

Dimana l diambil dari nilai minimal perhitungan berikut :

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = \frac{400 \text{ mm} - 0,95(250 \text{ mm})}{2} = 81,25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.8bf}{2} = \frac{400 \text{ mm} - 0.8(250 \text{ mm})}{2} = 100 \text{ mm}$$

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot bf}{4}} = \sqrt{\frac{(250 \text{ mm})(250 \text{ mm})}{4}} = 125 \text{ mm}$$

Maka nilai $l = 81,25 \text{ mm}$

$$t_{\min} = l \sqrt{\frac{2 \cdot fpu}{0.9 \cdot fy}} = 81,25 \text{ mm} \sqrt{\frac{2 \cdot 25,5 \text{ Mpa}}{0.9 \cdot 240 \text{ Mpa}}} = 39,5 \text{ mm}$$

Maka tebal pelat yang digunakan $t_p = 40 \text{ mm}$

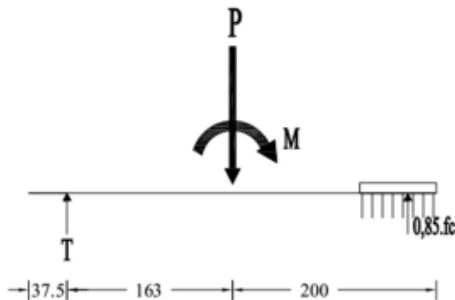
3. Perhitungan jumlah angkur pada pelat landas

Data-data angkur :

Diameter angkur = 16 mm

f_{nt} = 620 Mpa

f_{nv} = 372 Mpa



Gambar 7. 56 Tegangan Angkur Akibat Reaksi Pelat Landas

$$\Sigma V = 0$$

$$T - P - 0,85 \cdot fc \cdot b \cdot a = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

$$P \cdot 163 \text{ mm} + M - 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b (363 - 0,5a) = 0$$

$$83706,9 \cdot 162,5 + 7359800 - 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 400 (363 - 0,5a) = 0$$

$$20962171 - 3697500 a + 5100 a^2 = 0$$

Persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus ABC:

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a_{1,2} = \frac{-1612,5 \pm \sqrt{1612,5^2 - 4(1,5)(6299,1)}}{2(1,5)}$$

$$a_1 = 719,29 \text{ mm}$$

$$a_2 = 5,71 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, yang dipakai adalah $a = 5,71$ mm, sehingga :

$$T - P - 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0$$

$$T = P + 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$T = 83706,9 \text{ N} + 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 5,71 \text{ mm}$$

$$T = 141992,98 \text{ N}$$

$$T = 14199,3 \text{ kg}$$

Didapatkan nilai tegangan tarik yang terjadi pada angkur sebesar 14199,3 kg

Untuk kuat tarik satu baut adalah :

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= F_{nt} \cdot A_b \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 124658 \text{ N} = 12465,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga untuk jumlah angker yang dibutuhkan adalah:

$$N = \frac{T_u}{\emptyset T_n} = \frac{14199,3 \text{ kg}}{12465,8 \text{ kg}} = 1,13 \approx 2 \text{ buah}$$

Didapatkan total kebutuhan angkur yang dipasang untuk setiap sisinya adalah 2, sehingga untuk kebutuhan keseluruhan adalah 4 angkur.

Perhitungan angkur terhadap gaya geser $V_u = 44274,5$ N . Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6):

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$R_n = 372 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

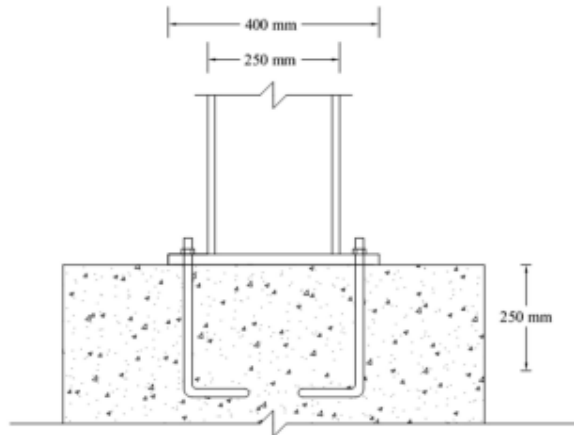
$$R_n = 74795,04 \text{ N}$$

Dikarenakan 4 angkur, maka total kuat geser angkur:
 $4 \cdot 74795,04 \text{ N} = 299180,15 \text{ N} > V_u = 44274,5 \text{ N}$ (OK)

4. Panjang penyaluran angkur

$$L_h = \frac{T_u}{n \cdot 0,75 \cdot f_c' \cdot d_b} = \frac{141993 \text{ N}}{4 \cdot 0,75 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 16 \text{ mm}} = 98,6 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan panjang penyaluran 250 mm.



Gambar 7. 57 Panjang Penyaluran Angkur

5. Perencanaan sambungan las sudut

Untuk data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

Mutu logam pengisi = FE60xx

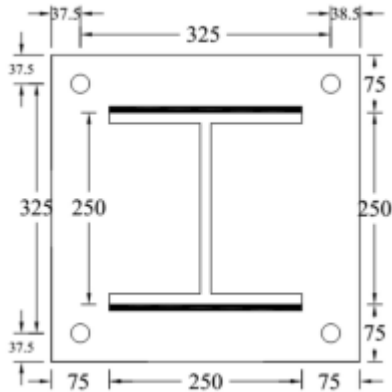
$FEXX = 4826,3 \text{ kg/cm}^2 = 482,63 \text{ N/mm}^2$

tebal minimum las sudut = 3 mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = $40 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 38 \text{ mm}$ (SNI 1729:2015 Pasal J2.2b)

Tebal las pakai = 10 mm

Profil yang di las WF 250.250.14.14



Gambar 7. 58 Panjang Las pada Sambungan C

Menghitung panjang las (L_w):

$$L_w = 2 \cdot 250 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif (A_{we}):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las} = 500 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} = 5000 \text{ mm}^2$$

- a. Tinjau ketahanan las berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4
 - Ketahanan terhadap las :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot A_{we}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 351,5 \cdot 5000$$

$$\phi \cdot R_n = 1085917,5 \text{ N}$$
 - Ketahanan terhadap bahan dasar :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{we}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 370 \cdot 5000$$

$$\phi \cdot R_n = 832500 \text{ N}$$
 Diambil nilai yang terkecil yaitu $\phi \cdot R_n = 832500 \text{ N} = 83250 \text{ kg}$.

b. Kontrol

$$\bar{O}.Rn \geq Vu$$

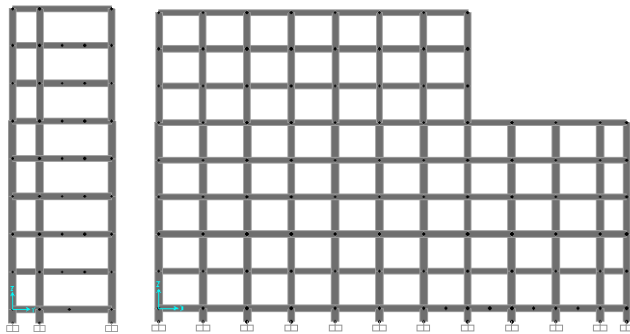
$$83250 \text{ kg} \geq 4427,45 \text{ kg (OK)}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII DESAIN STRUKTUR PRIMER

8.1 Umum

Untuk perhitungan struktur primer, portal pada bangunan yang akan ditinjau adalah sebanyak 2 portal. Portal tersebut dibagi menjadi 1 portal arah memanjang dan 1 portal arah melintang. Nantinya dari masing-masing portal akan dihitung untuk kebutuhan tulangan balok, kolom serta hubungan balok-kolom dari masing masing portal tersebut. Untuk portal yang ditinjau adalah sebagai berikut:

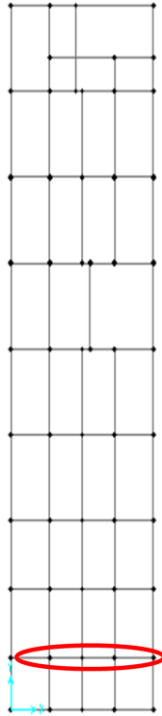


Gambar 8. 1 Portal yang Ditinjau

8.2 Desain Struktur Balok

Pada perhitungan penulangan balok, balok yang dihitung secara manual adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

Dari perhitungan program bantu SAP 2000 v.14, untuk gaya paling besar yang terjadi pada balok induk dimensi 60/70 terdapat pada frame 39.



Gambar 8. 2 Balok Induk yang Ditinjau

8.2.1 Data Perencanaan

Mutu beton f_c' = 30 Mpa

Dimensi balok induk = 600 x 700 mm

Bentang balok (L). = 8000 mm

Bentang bersih balok (L_n) = $(8000 - 850/2 - 850/2)$ mm
= 7150 mm

Cover (t) = 40 mm

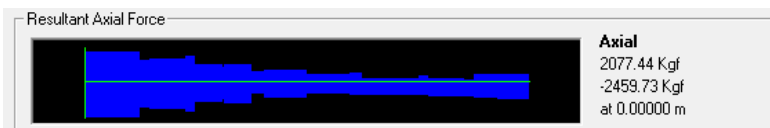
Diameter tulangan lentur = 25 mm, $f_y = 410$ Mpa

Diameter tulangan geser = 13 mm, $f_y = 410$ Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{(30-28)}{7} \cdot 0,05 = 0,84$$

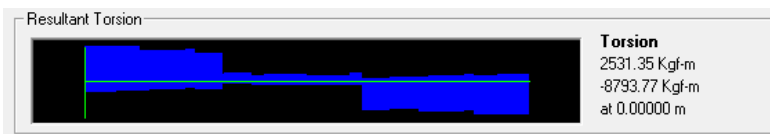
8.2.2 Gaya yang Terjadi Pada Balok

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok, nantinya dilihat menggunakan program bantu SAP 2000 v.14. Didapatkan gaya- gaya (kombinasi 1,2D + 1L + 1Ey) sebagai berikut:



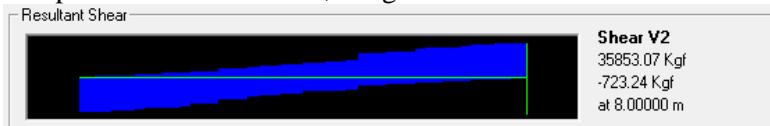
Gambar 8. 3 Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan nilai $P_u = 2459,73 \text{ kg}$



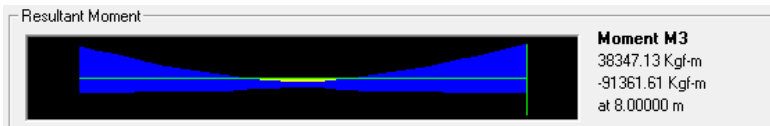
Gambar 8. 4 Gaya Torsi yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan nilai $T_u = 8793,77 \text{ kg.m}$



Gambar 8. 5 Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan nilai $V_u = 35853,07 \text{ kg}$



Gambar 8. 6 Gaya Momen yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Tabel 8. 1 Tabel Gaya Momen yang Didapatkan

| Kondisi | Lokasi | Arah Goyangan | Mu (kg.m) |
|---------|----------------|---------------|-----------|
| 1 | Tumpuan Kanan | Kanan | -91361,61 |
| 2 | Tumpuan Kiri | Kiri | -84877,11 |
| 3 | Tumpuan Kiri | Kanan | 38060,72 |
| 4 | Tumpuan Kanan | Kiri | 38347,13 |
| 5 | Tengah Bentang | Kanan & Kiri | 20252,97 |

8.2.3 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1A_g \cdot f_c'$
 $0,1A_g \cdot f_c' = 0,1 \cdot 600 \cdot 700 \cdot 30 = 1260000 \text{ N} = 1260 \text{ kN}$
 Dari program bantu SAP 2000 v.14. didapatkan:
 $P_u = 24,597 \text{ kN} < 0,1A_g \cdot f_c' = 1260 \text{ kN}$ (OK)
- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2)
 $L_n = 7150 \text{ mm}$
 $d = h_{\text{balok}} - t - \text{sengkang} - (d. \text{lentur} / 2)$
 $L_n > 4 \cdot d$
 $7150 \text{ mm} > 4 \cdot (700 - 40 - 13 - 25 / 2)$
 $7150 \text{ mm} > 2538 \text{ mm}$ (OK)
- Lebar komponen tidak boleh kurang dari $0,3h$ dan 250 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3)
 - $b > 0,3 h$
 $600 \text{ mm} > 0,3 \cdot 700 \text{ mm}$
 $600 \text{ mm} > 210 \text{ mm}$ (OK)
 - $b > 250 \text{ mm}$
 $600 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$ (OK)

8.2.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

1. **Kondisi 1** (Momen tumpuan kanan dengan momen negatif yakni $M_u = -91361,61$ kg.m)

$$d = h - t_{selimut} - \text{senggang} - \frac{D.lentur}{2}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 25/2 = 635 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{91361,61}{0,9} = 101512,9 \text{ kg.m}$$

$$Mn_1 = 1015129000 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1015129000}{600 \cdot 635^2} = 4,2$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 4,2}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,011$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,011 < 0,025$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,011$

Sehingga :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,011 \cdot 600 \cdot 635 = 4290,98 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 9 D 25 $\rightarrow A_s$ pakai = 4417,8 mm²

Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

Dibuat 2 lapis

$$s = \frac{b-2t-2.senggang-n \cdot D \text{ lentur}}{(n-1)}$$

$$s = \frac{600-2 \cdot 40-2 \cdot 13-5 \cdot 25}{(5-1)}$$

$$s = 92,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 4417,8 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 635 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{4417,8 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 118 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y (d-a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 4417,8 \cdot 410 (635-118/2)$$

$$\phi M_n = 937859908 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 93785,99 \text{ kg.m} > M_{u1} = 91361,61 \text{ kg.m} \\ \text{(OK)}$$

2. **Kondisi 2** (Momen tumpuan kiri dengan momen negatif yakni $M_u = -84877,11 \text{ kg.m}$)

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{senggang} - \frac{D \cdot \text{lentur}}{2}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 25/2 = 635 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$M_{n2} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{84877,11}{0,9} = 94307,9 \text{ kg.m}$$

$$M_{n2} = 943079000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{943079000}{600 \cdot 635^2} = 3,9$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 3,89}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,01$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,01 < 0,025$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,01$

Sehingga :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,01 \cdot 600 \cdot 635 = 3955,6 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 9 D 25 $\rightarrow A_s$ pakai = 4417,8 mm²

Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2t - 2 \cdot \text{senggang} - n \cdot D \text{ lentur}}{(n-1)}$$

$$s = \frac{600 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 5 \cdot 25}{(5-1)}$$

$$s = 92,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 4417,8 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 635 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{4417,8 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 118 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 4417,8 \cdot 410 \cdot (635 - 118/2)$$

$$\phi M_n = 937859908 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 93785,99 \text{ kg.m} > Mu_2 = 84877,11 \text{ kg.m}$$

(OK)

3. **Kondisi 3** (Momen tumpuan kiri dengan momen positif yakni $M_u = 38060,72 \text{ kg.m}$)

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{senggang} - \frac{D.lentur}{2}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 25/2 = 635 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c' r}} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$M_{n3} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{38060,72}{0,9} = 42289,689 \text{ kg.m}$$

$$M_{n3} = 422896889 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{422896889}{600 \cdot 635^2} = 1,75$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,75}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,0044$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,004 < 0,025$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,004$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 600 \cdot 635 = 1685,62 \text{ mm}^2$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

As min = $\frac{1}{2}$. As perlu tul negatif tumpuan kiri

$$As \text{ min} = \frac{1}{2} \cdot 3955,6 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 1977,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } A_{s\text{perlu}} = 1977,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 5 D 25} \rightarrow A_s \text{ pakai} = 2454,4 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2t - 2 \cdot \text{sengkang} - n \cdot D \text{ lentur}}{(n-1)}$$

$$s = \frac{600 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 5 \cdot 25}{(5-1)}$$

$$s = 92,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 2454,4 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 635 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,4 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 65,8 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 2454,4 \cdot 410 \cdot (635 - 65,8/2)$$

$$\phi M_n = 544859691 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 54485,97 \text{ kg.m} > M_{u3} = 38060,72 \text{ kg.m} \\ \text{(OK)}$$

4. **Kondisi 4** (Momen tumpuan kanan dengan momen positif yakni $M_u = 38347,13 \text{ kg.m}$)

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{sengkang} - \frac{D \cdot \text{lentur}}{2}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 25/2 = 635 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

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

$$Mn_4 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{38347,13}{0,9} = 42607,92 \text{ kg.m}$$

$$Mn_4 = 426079222,2 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{426079222,2}{600 \cdot 635^2} = 1,76$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,76}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,0045$$

Cek :

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

$$0,003 < 0,0045 < 0,025$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0,0045$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0045 \cdot 600 \cdot 635 = 1698,8 \text{ mm}^2$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$As_{\min} = \frac{1}{2} \cdot As_{\text{perlu}} \text{ tul negatif tumpuan kanan}$$

$$As_{\min} = \frac{1}{2} \cdot 4290,98 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = 2145,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } As_{\text{perlu}} = 2145,5 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 5 D 25 \rightarrow $As_{\text{pakai}} = 2454,4 \text{ mm}^2$

Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b-2t-2.sengkang-n \cdot D.lentur}{(n-1)}$$

$$s = \frac{600 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 5 \cdot 25}{(5-1)}$$

$$s = 92,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 2454,4 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 635 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,4 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 65,8 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d-a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 2454,4 \cdot 410 \cdot (635 - 65,8/2)$$

$$\phi M_n = 544859691 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 54485,97 \text{ kg.m} > M_{u4} = 38347,13 \text{ kg.m}$$

(OK)

5. **Kondisi 5** (Momen lapangan dengan momen positif yakni $M_u = 20252,97 \text{ kg.m}$)

$$d = h - t_{selimut} - sengkang - \frac{D.lentur}{2}$$

$$d = 700 - 40 - 12 - 25/2 = 636 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$M_{n5} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{20252,97}{0,9} = 22503,3 \text{ kg.m}$$

$$M_{n5} = 225033000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{225033000}{600 \cdot 635^2} = 0,93$$

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

$$\rho = \frac{1}{16,1} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 0,93}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,002$$

Cek :

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

$$0,003 > 0,002 < 0,02$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%,

$$\rho = 1,3 \cdot \rho = 1,3 \cdot 0,002 = 0,003$$

Sehingga :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,003 \cdot 600 \cdot 635 = 1145,9 \text{ mm}^2$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1}{4} \cdot A_{s \text{ perlu terbesar}}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1}{4} \cdot 4290,98$$

$$A_{s \text{ min}} = 1072,75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } A_{s \text{ perlu}} = 1145,9 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 5 D 25 $\rightarrow A_{s \text{ pakai}} = 2454,4 \text{ mm}^2$

Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b-2t-2.senggang-n . D lentur}{(n-1)}$$

$$s = \frac{600-2. 40-2. 13-5 . 25}{(5-1)}$$

$$s = 92,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 2454,4 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 636 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s . f_y}{0,85 . f_c' . b} = \frac{2454,4 . 410}{0,85 . 30 . 600} = 65,8 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 . A_s . f_y (d-a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 . 2454,4 . 410 (635 - 65,8/2)$$

$$\phi M_n = 544859691 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 54485,97 \text{ kg.m} > M_{u5} = 20252,97 \text{ kg.m}$$

(OK)

Untuk tulangan tekan pada daerah lapangan mengikuti SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1 bahwa mengharuskan sekurang kurangnya ada 2 tulangan yang dibuat menerus pada kedua sisi atas dan bawah, sehingga digunakan 5-D25 untuk tulangan tekan.

8.2.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

1. Menghitung Probable Moment Capacities (M_{pr})

- a. M_{pr} apabila struktur bergoyang ke kanan

$$\text{Kondisi 1 (9 D 25 } \rightarrow A_s = 4417,86 \text{ mm}^2)$$

$$a_{pr_1} = \frac{1,25 . A_s . f_y}{0,85 . f_c' . b} = \frac{1,25 . 4417,86 . 410}{0,85 . 30 . 600} = 148 \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 . A_s . f_y . (d - a_{pr_1}/2)$$

$$= 1,25 . 4417,86 . 410 (635 - 148/2)$$

$$= 1269077318 \text{ N.mm}$$

$$= 1269,08 \text{ kN.m}$$

Kondisi 3 (5 D 25 \rightarrow $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,37 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 82,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr_3} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a_{pr_4}/2) \\ &= 1,25 \cdot 2454,37 \cdot 410 (635 - 82,2/2) \\ &= 746408248 \text{ N.mm} \\ &= 746,41 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

b. Mpr apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 2 (9 D 25 \rightarrow $A_s = 4417,86 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 4417,86 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 148 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr_2} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a_{pr_2}/2) \\ &= 1,25 \cdot 4417,86 \cdot 410 (635 - 148/2) \\ &= 1269077318 \text{ N.mm} \\ &= 1269,08 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kondisi 4 (5 D 25 \rightarrow $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$)

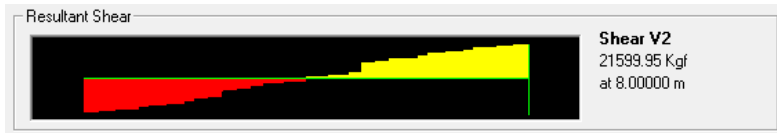
$$a_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,37 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 82,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr_4} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a_{pr_3}/2) \\ &= 1,25 \cdot 2454,37 \cdot 410 (635 - 82,2/2) \\ &= 746408248 \text{ N.mm} \\ &= 746,41 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Dalam mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.

Untuk gaya gravitasi dengan kombinasi 1,2D + 1,0L didapatkan pada program bantu SAP 2000 v.14 adalah sebagai berikut:



Gambar 8. 7 Gaya Gravitasi Kombinasi 1,2D + 1L pada Balok yang Ditinjau

Didapatkan $V_g = 21599,95 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \omega_u &= \frac{V_g \cdot 2}{ln} = \frac{21599,95 \cdot 2}{7,15} = 6041,94 \text{ kg/m} \\ &= 60,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Tabel 8. 2 Konfigurasi Penulangan dan Kapasitas Momen Penampang Balok

| No | Lokasi | Arah Gempa | Mu | Tulangan | | | As | ϕM_n | M_{pr} |
|----|------------------|------------|---------------|----------|----------|-----------|-----------------|------------|----------|
| | | | kN.m | | | | mm ² | kN.m | kN.m |
| 1 | kondisi 1 | Kanan | 913,62 | 9 | D | 25 | 4417,8 | 937,86 | 1269,08 |
| 2 | kondisi 2 | Kiri | 848,77 | 9 | D | 25 | 4417,8 | 937,86 | 1269,08 |
| 3 | kondisi 3 | Kanan | 380,61 | 5 | D | 25 | 2454,4 | 544,86 | 746,41 |
| 4 | kondisi 4 | Kiri | 383,47 | 5 | D | 25 | 2454,4 | 544,86 | 746,41 |

Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan

- Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr-2} + M_{pr-4}}{ln} = \frac{1269,08 + 746,41}{7,15} = 282 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok:

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{\text{sway}}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 216 + 282 = 498 \text{ kN}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 216 - 282 = -66 \text{ kN}$$

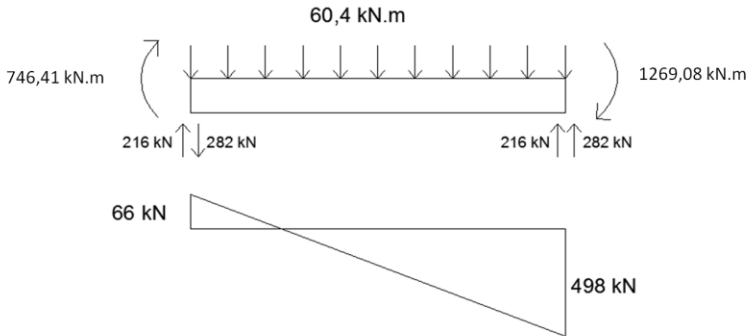
- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{ln} = \frac{1269,08 + 746,41}{7,15} = 282 \text{ kN}$$

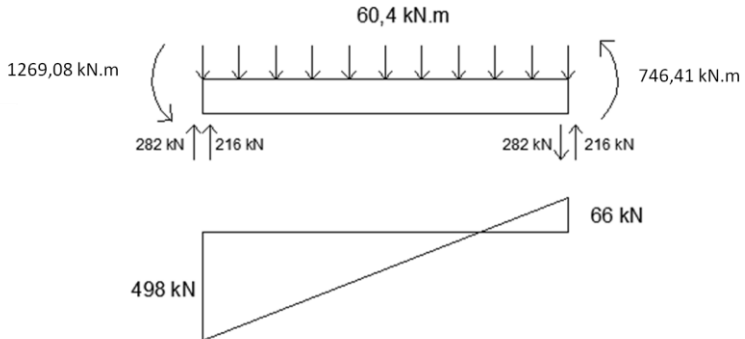
Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok:

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{\text{sway}}$$

$$\begin{aligned}\text{Reaksi di kiri} &= 216 - 282 = -66 \text{ kN} \\ \text{Reaksi di kanan} &= 216 + 282 = 498 \text{ kN}\end{aligned}$$



Gambar 8. 8 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kanan



Gambar 8. 9 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri

- Perhitungan Kebutuhan Senggang untuk Gaya Geser
SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 8. 3 Cek Nilai V_{sway} dan V_u

| Arah Gerakan Gempa | V sway | Reaksi tumpuan | | | | Cek syarat |
|--------------------|--------|----------------|-------|-------|-------|------------|
| | | Kiri | | Kanan | | |
| | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) |
| Kanan | 282 | 66 | 32,9 | 498 | 248,9 | Oke |
| Kiri | 282 | 498 | 248,9 | 66 | 32,9 | Oke |

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi $< \frac{Ag \cdot f_c'}{20}$.

Apabila diketahui $P_u = 2459,73 \text{ kg} = 24,6 \text{ kN}$

$$\frac{Ag \cdot f_c'}{20} = \frac{700 \cdot 600 \cdot 30}{20} = 630000 \text{ N} = 630 \text{ kN}$$

$$P_u < \frac{Ag \cdot f_c'}{20}$$

$$24,6 \text{ kN} < 630 \text{ kN}$$

Dikarenakan semua nilai terpenuhi, maka nilai $V_c = 0$

- Muka kolom kiri (Diambil nilai V_u terbesar = 498 kN)

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{498}{0,75} - 0 = 664 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_{s_{\text{mak}}} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\text{mak}}} = \frac{2}{3} \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 635$$

$$V_{s_{\text{mak}}} = 1390119,9 \text{ N}$$

$$V_{s_{\text{mak}}} = 1390 \text{ kN}$$

Cek :

$$V_s = 664 \text{ kN} < V_{s_{\text{mak}}} = 1390 \text{ kN (OK)}$$

Apabila dicoba digunakan sengkang D 13 dipasang 4 kaki $\rightarrow A_v = 530,9 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{530,9 \cdot 410 \cdot 635}{663847,5} = 208 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

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

$$V_s = \frac{530,9 \cdot 410 \cdot 635}{100}$$

$$V_s = 1381185,7 \text{ N}$$

$$V_s = 1381,2 \text{ kN} > 664 \text{ kN}$$

Syarat spasi maksimum tul. geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

- $d/4 = 635/4 = 159 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yakni :

$$s_{\text{mak}} = 150 \text{ mm}$$

Jarak sengkang $100 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm (OK)}$

Dipasang sengkang 4 kaki D 13 – 100 disepanjang sejarak $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

- b. Muka kolom kanan (Diambil nilai V_u terbesar = 498 kN)

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{498}{0,75} - 0 = 664 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_{S_{\text{mak}}} = \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{S_{\text{mak}}} = \frac{2}{3} \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 635$$

$$V_{S_{\text{mak}}} = 1390119,9 \text{ N}$$

$$V_{S_{\text{mak}}} = 1390 \text{ kN}$$

Cek :

$$V_s = 664 \text{ kN} < V_{S_{\text{mak}}} = 1390 \text{ kN (OK)}$$

Apabila dicoba digunakan sengkang D 13 dipasang 4 kaki $\rightarrow A_v = 530,9 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{530,9 \cdot 410 \cdot 635}{663847,5} = 208 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

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

$$V_s = \frac{530,9 \cdot 410 \cdot 635}{100}$$

$$V_s = 1381185,7 \text{ N}$$

$$V_s = 1381,2 \text{ kN} > 664 \text{ kN}$$

Syarat spasi maksimum tul. geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.2:

- $d/4 = 635/4 = 159 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$
- $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yakni :

$$S_{\text{mak}} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak sengkang } 100 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm (OK)}$$

Dipasang sengkang 4 kaki D 12 – 100 disepanjang sejarak $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

- c. Ujung zona sendi plastis (daerah lapangan)

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak $2h = 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah

$$V_u = V_{u_{\text{mak}}} - (2h \cdot \omega u)$$

$$V_u = 498 \text{ kN} - (2 \cdot 700 \text{ mm} \cdot 60,4 \text{ kN/m})$$

$$V_u = 413,79 \text{ kN}$$

Pada daerah ini nilai V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 635$$

$$V_c = 347530 \text{ N}$$

$$V_c = 347,5 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{413,8}{0,75} - 347,5 = 203,5 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_{s_{\text{mak}}} = \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\text{mak}}} = \frac{2}{3} \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 635$$

$$V_{s_{\text{mak}}} = 1390119,9 \text{ N}$$

$$V_{s_{\text{mak}}} = 1390 \text{ kN}$$

Cek

$$V_s = 203,5 \text{ kN} < V_{s_{\text{mak}}} = 1390 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Apabila dicoba digunakan sengkang D 13 dipasang 2 kaki $\rightarrow A_v = 265,5 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,5 \cdot 410 \cdot 635}{203534,5} = 339 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 120 \text{ mm}$

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

$$V_s = \frac{265,5 \cdot 410 \cdot 635}{120}$$

$$V_s = 575494,02 \text{ N}$$

$$V_s = 575,5 \text{ kN} > 203,5 \text{ kN}$$

Syarat spasi maksimum tul. geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.4:

$$s_{\text{mak}} = d/2 = 635/2 = 317 \text{ mm}$$

Jarak sengkang $120 \text{ mm} \leq 317 \text{ mm}$ (OK)

Dipasang sengkang 2 kaki D 13 – 120.

8.2.6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

- a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi :

Torsi maksimum :

$$T_u = 8793,77 \text{ kg.m} = 87937700 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum :

$$V_u = 358,5 \text{ kN} = 358530,7 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2t - d.\text{sengkang} = 600 - 2.40 - 13 = 507 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2t - d.\text{sengkang} = 700 - 2.40 - 13 = 607 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 (b_h + h_h) = 2 (507 + 607) = 2228 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{sh} = b_h + h_h = 557 \cdot 607 = 307749 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 635 = 347529,96 \text{ N}$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{358530,7}{600 \cdot 635}\right)^2 + \left(\frac{87937700 \cdot 2228}{1,7 \cdot 307749^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{358530,7}{600 \cdot 635} + \right.$$

$$\left. 0,66 \sqrt{30} \right)$$

$$1,54 \text{ Mpa} \leq 3,4 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $1,54 \text{ Mpa} \leq 3,4 \text{ Mpa}$ maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- b. Periksa persyaratan pengaruh berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}}$$

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.6.1 untuk beton normal)

$\phi = 0,75$ (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen punter :

$$A_{cp} = b \cdot h = 600 \cdot 700 = 420000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2(600+700) = 2600 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai Tu_{\min} :

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{420000^2}{2600} \right) = 23225543 \text{ N.mm}$$

$Tu = 87937700 \text{ N.mm} > Tu_{\min} = 23225543 \text{ N.mm}$,
maka perlu tulangan torsi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2, untuk nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$Tu_{\text{mak}} = \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\text{mak}} = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{420000^2}{2600} \right)$$

$$Tu_{\text{mak}} = 91973151 \text{ N.mm}$$

Karena nilai $Tu < Tu_{\text{mak}}$, maka untuk nilai Tu dipakai = 87937700 N.mm

c. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi Transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan 0,8 A_s dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0,85 \cdot A_s = 0,85 \cdot 307749 = 261586,6 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{87937700}{0,75 \cdot 2 \cdot 261586,6 \cdot 410 \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_T}{s} = 0,55 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Pada daerah Tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{Vs}{f_y \cdot d} = \frac{663847,5}{410 \cdot 635} = 2,55 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_T}{s} = 2,55 + 2 \cdot 0,55 = 3,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 4 kaki D 13 – 100 mm

$$A_{v_{pakai}} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_{v_{pakai}} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2$$

$$A_{v_{pakai}} = 530,9 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{530,9}{100} = 5,31 \text{ mm}^2/\text{mm} > \frac{A_{vt}}{s} = 3,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

- Pada daerah Lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{Vs}{f_y \cdot d} = \frac{203534,5}{410 \cdot 635} = 0,78 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_T}{s} = 0,78 + 2 \cdot 0,55 = 1,88 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D 13 – 120 mm

$$A_{v_{pakai}} = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_{v_{pakai}} = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2$$

$$A_{v_{pakai}} = 265,5 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{265,5}{120} = 2,21 \text{ mm}^2/\text{mm} > \frac{A_{vt}}{s} = 1,88 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

d. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi longitudinal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_T}{s} \cdot p_h \cdot \frac{f_{yt}}{f_y} \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga :

$$A_l = 0,55 \cdot 2228 \cdot \frac{410}{410} \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 1218 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 4 D 25 maka

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2$$

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 1963 \text{ mm}^2 > A_l = 1218 \text{ mm}^2$$

Jadi, digunakan tulangan 4 D 25 di setiap sisi samping kiri dan kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan.

8.2.7 Kontrol Retak pada Balok Induk

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

c_c = Jarak terkecil dari permukaan tulangan

f_s = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 410 \text{ Mpa} = 273 \text{ Mpa}$$

c_c = t selimut beton + diameter tul sengkang

$$c_c = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm}$$

$$c_c = 53 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{273} \right) - 2,5 \cdot 53 = 257 \text{ mm}$$

dan tidak boleh melebihi $s_{\text{max}} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$$s_{\max} = 300 \left(\frac{280}{273} \right) = 307 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan tumpuan yang dipakai = 92,8 mm
(tidak lebih dari 257 mm dan 307 mm, OK).

8.2.8 Panjang Penyaluran Tulangan

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik:

- Tulangan diteruskan sejauh d , 12db, atau $l_n/16$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3 dan 12.10.4):
 - $d = 635 \text{ mm}$
 - $12db = 12.25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 - $l_n/16 = 7150/16 = 447 \text{ mm}$

Diambil nilai terbesar yakni $635 \text{ mm} \approx 650 \text{ mm}$

- Mencari nilai l_d (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$d_b = 25 \text{ mm}; \Psi_s = 1,0; \Psi_t = 1,0; \lambda = 1,0; \Psi_e = 1,0$$

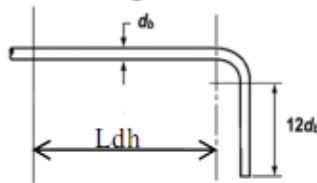
$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{410 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 25$$

$$l_d = 1101 \text{ mm}$$

Diambil nilai $l_d = 1150 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan berkait:



Gambar 8. 10 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \Psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

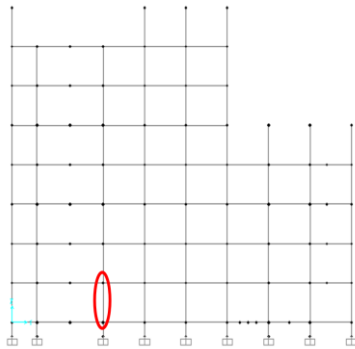
$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 25$$

$$l_{dh} = 449 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

Panjang kait = $12 \cdot db = 12 \cdot 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

8.3 Desain Struktur Kolom

Pada perhitungan penulangan kolom, kolom yang dihitung merupakan kolom yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14, dengan gaya aksial paling besar yang terjadi pada kolom terjadi pada frame 336.

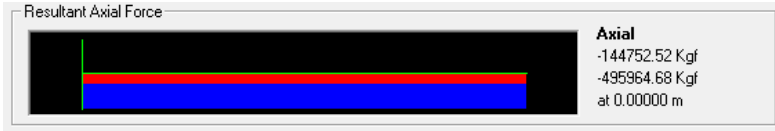


Gambar 8. 11 Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan

8.3.1 Data Perencanaan

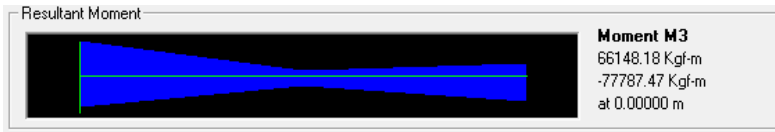
Mutu beton $f'c$ = 30 Mpa
 Tinggi kolom = 4,2 m = 4200 mm
 Dimensi kolom = 850 mm x 850 mm
 Cover (t) = 40 mm
 Diameter tul. Memanjang = 22 mm, $f_y = 410 \text{ Mpa}$
 Diameter tul. Senggang = 13 mm, $f_y = 410 \text{ Mpa}$

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom (kombinasi ENVELOPE) adalah sebagai berikut:



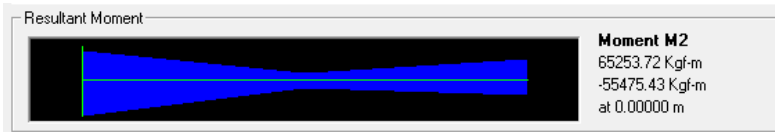
Gambar 8. 12 Gaya Aksial yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan : P_u bawah = 495964,68 kg



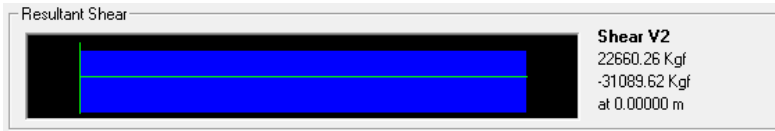
Gambar 8. 13 Gaya M_x yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan: M_{ux} = 77787,47 kg.m



Gambar 8. 14 Gaya M_y yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan: M_{uy} = 65253,72 kg.m



Gambar 8. 15 Gaya Geser yang Didapatkan dari SAP 2000 v.14

Didapatkan: V_u = 31089,62 kg

8.3.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_{c'}'}{10}$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

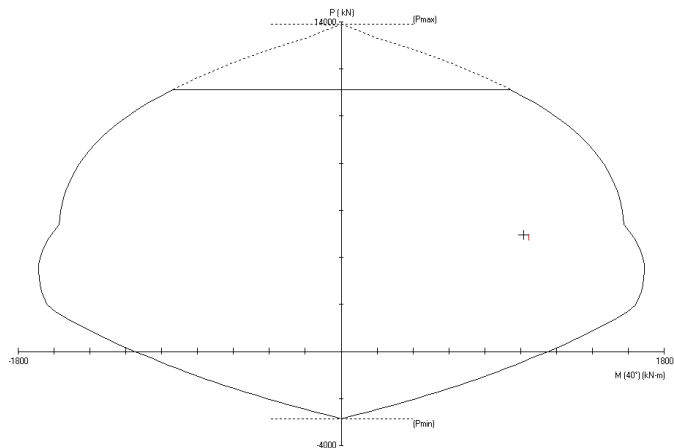
$$\frac{Ag.f_c'}{10} = \frac{(850.850).30}{10} = 2167500 \text{ N} = 216750 \text{ kg}$$

$$P_u = 495964,68 \text{ kg} > \frac{Ag.f_c'}{10} = 216750 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

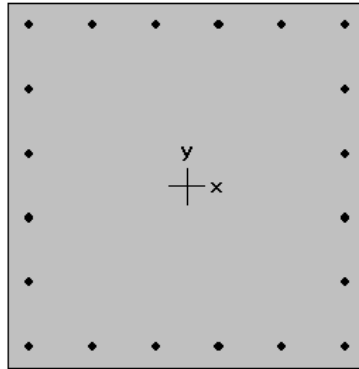
- b. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1)
Sisi terpendek kolom = 850 mm > 300 mm (OK)
- c. Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.2)
Rasio antara b dan h = 850/850 = 1 > 0,4 (OK)

8.3.3 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi yakni tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu *pcaColumn* dan didapatkan sebagai berikut:



Gambar 8. 16 Diagram Interaksi P-M pada Program *pcaColumn*



850 x 850 mm
1.07% reinf.

Gambar 8. 17 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColoumn

Dengan memasukkan gaya-gaya yang ada pada kolom, didapatkan konfigurasi penulangan 20-D22 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,07\%$ atau 0,0107 sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

8.3.4 Cek Syarat “*Strong Coloumn Weak Beam*”

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\Sigma M_c \geq 1,2 \cdot \Sigma M_g$, dimana:

ΣM_c = Jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join

ΣM_g = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di join (termasuk sumbangan tulangan plat di selebar efektif plat lantai).

Untuk perhitungannya sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai ΣM_g
 Karena kolom yang ditinjau terletak antara 2 tipe balok maka :

- Balok samping kiri: B1 diambil momen negatifnya

As tul. lentur atas balok = 9 D 25 ; As = 4418 mm²

b = 600 mm

h = 700 mm

d = 635 mm

$$\alpha^- = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{4418 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 118 \text{ mm}$$

$$Mg^- = \phi \cdot As \cdot fy \cdot (d - \alpha^+/2)$$

$$Mg^- = 0,9 \cdot 4418 \cdot 410 \cdot (635 - 118/2)$$

$$Mg^- = 937859908 \text{ N.mm} = 937,9 \text{ kN.m}$$

- Balok samping kanan : B2 diambil momen positifnya

As tul. lentur bawah balok = 4 D 25; As = 1963 mm²

b = 450 mm

h = 700 mm

d = 635 mm

$$\alpha^+ = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1963 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 70,2 \text{ mm}$$

$$Mg^+ = \phi \cdot As \cdot fy \cdot (d - \alpha^+/2)$$

$$Mg^+ = 0,9 \cdot 1963 \cdot 410 \cdot (635 - 70,2/2)$$

$$Mg^+ = 434299326 \text{ N.mm}$$

$$Mg^+ = 434,3 \text{ kN.m}$$

Maka:

$$\Sigma M_g = Mg^+ + Mg^-$$

$$\Sigma M_g = 434,3 \text{ kN.m} + 937,9 \text{ kN.m}$$

$$\Sigma M_g = 1372,16 \text{ kN.m}$$

$$1,2 \Sigma M_g = 1,2 \cdot 1372,16 \text{ kN.m} = 1647 \text{ kN.m}$$

b. Menentukan nilai ΣM_c

Untuk menentukan nilai M_c , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah/kolom desain dengan program bantu pcaColoumn. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom atas (frame 337) adalah sebagai berikut:



Gambar 8. 18 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom Atas

Didapatkan $P_{\text{mak}} = 406497,2 \text{ kg}$

| Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: | | | | |
|---|----------|-------------|-------------|--------------|
| No. | Pu kN | Mux kN-m | Muy kN-m | fMnx kN-m |
| 1 | 4959.6 | 0.0 | 0.0 | 2007.2 |
| 2 | 4065.0 | 0.0 | 0.0 | 2149.9 |

Gambar 8. 19 Output Diagram Interaksi P-M Kolom yang Ditinjau dan Kolom Atas

Dari gambar di atas, didapatkan nilai M_c kolom bawah dan M_c kolom atas yakni :

M_c kolom bawah = 2007,2 kN.m

M_c kolom atas = 2149,9 kN.m

$\Sigma M_c = M_{c_bawah} + M_{c_atas}$

$\Sigma M_c = 2007,2 + 2149,9 = 4157 \text{ kN.m}$

Maka dilakukan cek syarat $\Sigma M_c \geq 1,2 \cdot \Sigma M_g$

$\Sigma M_c = 4157 \text{ kN.m} \geq 1,2 \Sigma M_g = 1647 \text{ kN.m (OK)}$

Maka syarat “*strong coloumn weak beam*” telah terpenuhi.

8.3.5 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai Confinement

- a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop). Tulangan hoop diperlukan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom dengan l_0 merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1:
 - Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 850$ mm
 - $1/6$ bentang bersih komponen struktur kolom:
 $1/6 l_n = 1/6 (4200\text{mm}-700\text{mm}) = 583,33$ mm
 - 450 mm

Maka digunakan yang paling besar, yakni $l_0 = 850$ mm.

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

- $1/4$ dimensi komponen struktur minimum:
 $1/4 \cdot 850 \text{ mm} = 213 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \cdot 22 \text{ mm} = 132 \text{ mm}$
- Nilai s_0 , dimana $s_0 = 100 + \frac{350-0,5 \cdot h_x}{3}$
 $h_x = 2/3 \cdot h_c = 2/3 (850 - 2.40 - 13) = 1514 \text{ mm}$

$$s_0 = 100 + \frac{350-0,5 \cdot 1514}{3}$$

$$s_0 = -36 \text{ mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm dan tidak boleh lebih dari 150 mm.

Maka coba diambil spasi hoop sepanjang l_0 dari muka kolom sebesar $s = 100$ mm.

c. Penentuan luas tulangan confinement

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \left(\frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right)$$

$$\begin{aligned} bc &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= bw - 2(t + 0,5 \cdot db) \\ &= 850 - 2(40 + 0,5 \cdot 13) \\ &= 757 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton} \\ &= (bw - 2t)^2 \\ &= (850 - 2 \cdot 40)^2 \\ &= 592900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \left(\frac{100 \cdot 757 \cdot 30}{410} \right) \left(\frac{850 \cdot 850}{592900} - 1 \right) \\ A_{sh1} &= 363 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sh2} = \left(\frac{0,09 \cdot 100 \cdot 757 \cdot 30}{410} \right) = 499 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh} = 499 \text{ mm}^2$

Digunakan sengkang (hoop) 4 kaki D13 -100 disepanjang l_0 :

$$A_{sh} = 4 (0,25 \cdot \pi \cdot 13^2) = 531 \text{ mm}^2 > 499 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Sehingga, untuk daerah sejarak l_0 dari muka kolom, menggunakan tulangan hoop 4 kaki D13 – 100.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_0 di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum yakni:

- $6 db = 6 \cdot 22 \text{ mm} = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Sehingga digunakan spasi 4 kaki D13 – 150 untuk daerah diluar l_0 .

8.3.6 Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut:

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{ln}$$

Namun, tidak boleh lebih dari dari hasil V_u hasil analisis struktur

a. Hitung V_{sway}

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{ln}$$

Dimana :

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

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

Untuk M_{pr} atas dan M_{pr} bawah adalah penjumlahan M_{pr} untuk masing-masing balok di lantai atas dan dilantai bawah di muka kolom interior.

$$V_{\text{sway}} = \frac{(1269,08 + 594,37) \cdot 0,5 + (1269,08 + 594,37) \cdot 0,5}{(4,2 - 0,7)}$$

$$V_{\text{sway}} = 532 \text{ kN}$$

- b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu SAP 2000 v.14).

Dari program SAP 2000 v.14, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:

$$V_u = 31089,62 \text{ kg} = 310,9 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_{\text{sway}} = 532 \text{ kN} > V_u = 310,9 \text{ kN}$, maka dipakai nilai $V_e = 532 \text{ kN}$

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

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $532 \text{ kN} > \frac{1}{2} \cdot 310,9 \text{ kN}$
 $532 \text{ kN} > 155 \text{ kN}$ (OK)

- Apabila $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$
 $495964,68 \text{ kg} < \frac{850 \cdot 850 \cdot 30}{10}$
 $4959,6 \text{ kN} > 2167,5 \text{ kN}$ (Tidak Ok)

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

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{30} \cdot 850 \cdot (850 - 40 - 13 - 22/2)$$

$$V_c = 609889,1 \text{ N} = 610 \text{ kN}$$

- d. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{310,9}{0,75} = 415 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{610}{2} = 305 \text{ kN}$$

$\frac{Vu}{\phi} = 415 \text{ kN} > \frac{Vc}{2} = 305 \text{ kN}$, maka perlu tulangan geser.

Pengecekan apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{Vu}{\phi} = 415 \text{ kN}$$

$$Vc + 1/3 b.d = 609,1 + 1/3.850.(850-40-13-22/2) \\ = 832589,1 \text{ N} = 832,6 \text{ kN}$$

$\frac{Vu}{\phi} < Vc + 1/3 b.d$, sehingga hanya diperlukan tulangan geser minimum. Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement 4 kaki D13 – 100, sehingga:

$$Av_{\min} = \frac{bw .s}{3 .fy} = \frac{850 .100}{3 . 410} = 69,1 \text{ mm}^2$$

Sementara itu, Ash untuk 4 kaki D13 = 530,9 mm².

$$Ash > Av_{\min} \text{ (OK)}$$

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

$$Vc = 0,17. \left(1 + \frac{Nu}{14 . Ag}\right) . \lambda . \sqrt{fc'}.b.d$$

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.14, didapatkan nilai $Pu = 495964,68 \text{ kg} = 4959646,8 \text{ N}$.

$$\frac{Nu}{Ag} = \frac{4959646,8}{850 .850} = 6,86 \text{ Mpa}$$

$$Vc = 0,17. \left(1 + \frac{Nu}{14 . Ag}\right) . \lambda . \sqrt{fc'}.b.d$$

$$Vc = 0,17. \left(1 + \frac{6,86}{14}\right) . 1 . \sqrt{30}.850.(850-40-13-22/2)$$

$$Vc = 927112,2 \text{ N}$$

$$Vc = 927,1 \text{ kN}$$

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

8.3.7 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 \cdot l_d$. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2, nilai l_d adalah :
Diketahui :

nilai $d_b = 22 \text{ mm}$; $\Psi_s = 1,0$; $\Psi_t = 1,0$; $\lambda = 1,0$; $\Psi_e = 1,0$

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{410 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 22$$

$$l_d = 968,7 \text{ mm}$$

Maka $1,3 \cdot l_d = 1,3 \cdot 968,7 \text{ mm} = 1259,3 \text{ mm}$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.17.2.4, nilai $1,3 \cdot l_d$ dapat dikurangi dengan dikalikan 0,83, jika confinement di sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari $0,0015 \cdot h \cdot s$:

Untuk $s = 150 \text{ mm}$, maka:

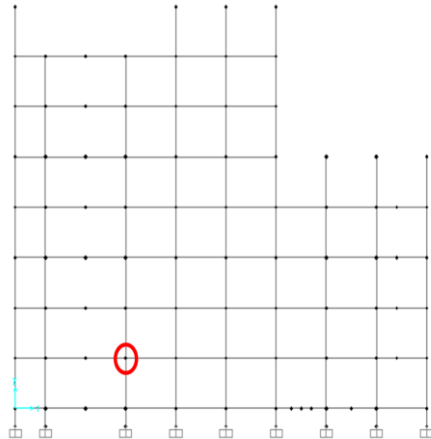
Area efektif = $0,0015 \cdot 850 \cdot 150 \text{ mm} = 191 \text{ mm}$

Area hoops = $530,92 \text{ mm}^2$

Sehingga, lap splices menjadi = $0,83 \times 1259,3 \text{ mm} = 1045,2 \text{ mm}$

Diambil nilai lap splices = 1100 mm.

8.4 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)



Gambar 8. 20 Hubungan Balok Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan

Pada penulangan perhitungan desain dan detail penulangan hubungan balok kolom, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah didesain sebelumnya.

- a. Cek syarat panjang joint

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

Lebar kolom (b) = 850 mm

Tinggi kolom (h) = 850 mm

$20 \text{ db} = 20 \cdot 22 \text{ mm} = 440 \text{ mm} < 850 \text{ mm}$
(OK)

- b. Tentukan luas efektif joint A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1 :

Lebar balok (b_b) = 600 mm

Tinggi kolom (h) = 850 mm

$$x = \frac{850 \text{ mm} - 600 \text{ mm}}{2} = 125 \text{ mm}$$

Tinggi joint adalah tinggi keseluruhan kolom, $h = 850$ mm

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari :

$$- b_b + h = 600 \text{ mm} + 850 \text{ mm} = 1450 \text{ mm}$$

$$- b_b + 2x = 600 \text{ mm} + 2 \cdot 125 \text{ mm} = 850 \text{ mm}$$

Maka lebar efektif joint yang digunakan adalah 850 mm

$$A_j = 850 \text{ mm} \cdot 850 \text{ mm} = 722500 \text{ mm}^2$$

c. Hitungan tulangan transversal untuk confinement

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

$$\frac{A_{sh \text{ joint}}}{s} = 0,5 \frac{A_{sh} \text{ kolom}}{s}$$

$$= 0,5 \frac{499 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}} = 2,49 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh} = 2,49 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \times s = 2,49 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \times 100 \text{ mm} = 249 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 4 kaki D 13 = 530,9 mm²

d. Hitung gaya geser pada joint

- Hitung M_e

Balok yang memasuki joint memiliki :

$$M_{pr}^+ = 594,37 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr}^- = 1269,08 \text{ kN.m}$$

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

$$M_e = 0,5 \cdot (594,37 \text{ kN.m} + 1269,08 \text{ kN.m})$$

$$M_e = 932 \text{ kN.m}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_e + M_e}{l_u} = \frac{932 + 932}{3,5} = 532 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

1. Gaya tarik pada tulangan balok dibagian kiri

Jika terdapat tulangan tarik 9 D 25 maka $A_s = 4418 \text{ mm}^2$

$$T_1 = 1,25 A_s \cdot f_y$$

$$T_1 = 1,25 \cdot 4418 \cdot 410$$

$$T_1 = 2264155,6 \text{ N}$$

$$T_1 = 2264,1 \text{ kN}$$

2. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 2264,1 \text{ kN}$$

3. Gaya tarik pada tulangan balok dibagian kanan

Jika terdapat tulangan tarik 5 D 25 maka $A_s = 2454 \text{ mm}^2$

$$T_2 = 1,25 A_s \cdot f_y$$

$$T_2 = 1,25 \cdot 2454 \cdot 410$$

$$T_2 = 1257864,2 \text{ N}$$

$$T_2 = 1257,9 \text{ kN}$$

4. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan

$$C_2 = T_2 = 1257,9 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya geser pada joint

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

$$V_j = 678 - 2264,1 - 1257,9$$

$$V_j = 2988,6 \text{ kN}$$

- e. Cek kuat geser joint

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

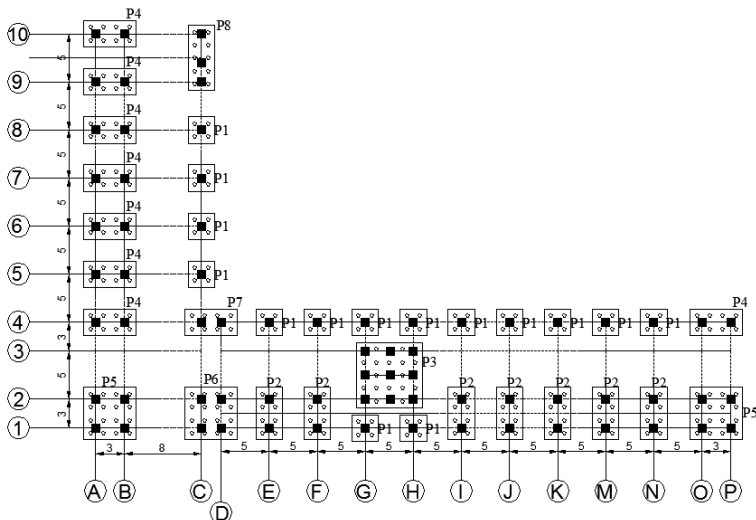
$$\begin{aligned} V_n &= 1,2 \times \sqrt{f_c'} \times A_j \\ &= 1,2 \times \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 722500 \text{ mm}^2 \\ &= 4748754,6 \text{ N} = 4749 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_n > V_j \text{ (OK)}$$

BAB IX DESAIN STRUKTUR PONDASI

9.1 Umum

Pada perhitungan struktur pondasi, dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk denah pondasi rencana adalah sebagai berikut:



Gambar 9. 1 Denah Rencana Pondasi

9.2 Perhitungan Pondasi

9.2.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

1. Data Perencanaan

Apabila diketahui data data sebagai berikut :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

D tiang pancang = 450 m
 Luas tiang (Ap) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,45m)^2$
 = 0,159 m²
 Keliling penampang tiang (As) = $\pi \cdot 0,45m = 1,41 m$

Untuk tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang dari WIKA BETON dengan tipe 450 mm kelas C. Data dari tiang pancang adalah sebagai berikut :

D tiang pancang = 450 mm
 Ketebalan dinding = 80 mm
 P ijin bahan = 134,9 ton

Untuk perencanaan tiang pancang dilakukan analisa kekuatan tiang pancang terhadap pukulan mesin hammer sesuai dengan persamaan 17-4 buku *Foundation Analysis and Design*. Gaya pada mesin drop hummer dapat dihitung menggunakan persmaan :

$$Pu_{Hammer} = \frac{e_h W_r h}{s+25} \dots\dots\dots(9-1)$$

- e_h = Efisiensi mesin berdasarkan jenisnya
- W_r = Berat mesin drop hammer
- h = Tinggi jatuh
- s = kedalaman penurunan dalam satu kali pukulan

Tabel 9. 1 Tabel Efisiensi Hammer (e_h)

| Type | Efficiency e_h |
|-------------------------------|------------------|
| Drop hammers | 0.75–1.00 |
| Single-acting hammers | 0.75–0.85 |
| Double-acting or differential | 0.85 |
| Diesel hammers | 0.85–1.00 |

Dan untuk spesifikasi mesin drop hammer yang dipakai adalah sebagai berikut :

Tipe Bruce Hammer SGH 0715

W_r (berat hammer) = 13,5 ton = 13500 kg

$Max\ Stroke(h\ max)$ = 1,5 m = 1500mm

$Min\ Stroke(h\ min)$ = 0,2 m = 200 mm

Dengan menggunakan persamaan (9-1) akan dapat dihitung P_u hammer sebagai berikut:

$e_h = 0,75$

$W_r = 13,5\ ton = 13500\ kg$

$h = 1400\ mm$

$s = 83,3\ mm$ (dari data SPT)

maka ;

$$P_{u\ hammer} = \frac{0,75 \cdot 13500\ kg \cdot 1400\ mm}{83,3\ mm + 25}$$

$$P_{u\ hammer} = 130846\ kg = 130,8\ Ton$$

Dari spesifikasi tiang pancang diameter 450 mm kelas C diketahui *Allowable Axial Load* = 134,9 ton.

Dan dari perhitungan *Axial Load Drop Hammer* didapatkan nilai $P_u = 130,8\ Ton$

Sehingga nilai P_u dari *drop hammer* masih di bawah *Allowable Axial Load* dan mendekati nilai *Allowable Axial Load*.

2. Daya Dukung Tanah

Menurut Pamungkas, dkk. 2013 daya dukung ijin tiang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kekuatan material tiang itu sendiri.

Selanjutnya perhitungan daya dukung ijin tekan tiang menggunakan data SPT sebagai berikut :

Tabel 9. 2 Tabel daya dukung ijin tekan tiang berdasarkan data SPT

| Tebal Lapisan | Kedalaman Kumulatif | N SPT | fi | $\Sigma li \cdot fi$ | Qs (Ton) | 20 N | Qp (Ton) | Pa=Qp+Qs (Ton) | CEK |
|---------------|---------------------|-------|----|----------------------|-------------|------|-------------|-------------------|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0,0 | OK |
| 2,5 | 2,5 | 10 | 10 | 25 | 7,07 | 200 | 10,60 | 17,7 | OK |
| 2,5 | 5 | 6 | 6 | 40 | 11,31 | 120 | 6,36 | 17,7 | OK |
| 2,5 | 7,5 | 2 | 2 | 45 | 12,72 | 40 | 2,12 | 14,8 | OK |
| 2,5 | 10 | 4 | 4 | 55 | 15,55 | 80 | 4,24 | 19,8 | OK |
| 2,5 | 12,5 | 11 | 11 | 82,5 | 23,33 | 220 | 11,66 | 35,0 | OK |
| 2,5 | 15 | 14 | 12 | 112,5 | 31,81 | 280 | 14,84 | 46,7 | OK |
| 2,5 | 17,5 | 12 | 12 | 142,5 | 40,29 | 240 | 12,72 | 53,0 | OK |
| 2,5 | 20 | 10 | 10 | 167,5 | 47,36 | 200 | 10,60 | 58,0 | OK |
| 2,5 | 22,5 | 14 | 12 | 197,5 | 55,84 | 280 | 14,84 | 70,7 | OK |
| 2,5 | 25 | 16 | 12 | 227,5 | 64,32 | 320 | 16,96 | 81,3 | OK |
| 2,5 | 27,5 | 19 | 12 | 257,5 | 72,81 | 380 | 20,15 | 93,0 | OK |
| 2,5 | 30 | 25 | 12 | 287,5 | 81,29 | 500 | 26,51 | 107,8 | OK |
| 2,5 | 32,5 | 30 | 12 | 317,5 | 89,77 | 600 | 31,81 | 121,6 | OK |
| 2,5 | 35 | 20 | 12 | 347,5 | 98,25 | 400 | 21,21 | 119,5 | OK |
| 2,5 | 37,5 | 21 | 12 | 377,5 | 106,74 | 420 | 22,27 | 129,0 | OK |
| 2,5 | 40 | 19 | 12 | 407,5 | 115,22 | 380 | 20,15 | 135,4 | T.OK |

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jika kedalaman tiang pancang dapat direncanakan sedalam 37,5 meter. Dan didapatkan daya dukung ijin tekan tanah P ijin tanah = 129 Ton.

Karena P ijin tanah lebih kecil dari P ijin bahan maka daya dukung ijin tekan tiang = 129 Ton.

Perhitungan daya dukung ijin tarik tiang menggunakan data SPT sebagai berikut:

Tabel 9. 3 Tabel daya dukung ijin tarik tiang berdasarkan data SPT

| Tebal Lapisan | Kedalaman Kumulatif | N SPT | fi | Σ li.fi | Wp (Ton) | 20 N | Pta (Ton) |
|---------------|---------------------|-------|----|----------------|----------|------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0,0 |
| 2,5 | 2,5 | 10 | 10 | 25 | 0,95 | 200 | 5,9 |
| 2,5 | 5 | 6 | 6 | 40 | 1,91 | 120 | 9,8 |
| 2,5 | 7,5 | 2 | 2 | 45 | 2,86 | 40 | 11,8 |
| 2,5 | 10 | 4 | 4 | 55 | 3,82 | 80 | 14,7 |
| 2,5 | 12,5 | 11 | 11 | 82,5 | 4,77 | 220 | 21,1 |
| 2,5 | 15 | 14 | 12 | 112,5 | 5,73 | 280 | 28 |
| 2,5 | 17,5 | 12 | 12 | 142,5 | 6,68 | 240 | 34,9 |
| 2,5 | 20 | 10 | 10 | 167,5 | 7,63 | 200 | 40,8 |
| 2,5 | 22,5 | 14 | 12 | 197,5 | 8,59 | 280 | 47,7 |
| 2,5 | 25 | 16 | 12 | 227,5 | 9,54 | 320 | 54,6 |
| 2,5 | 27,5 | 19 | 12 | 257,5 | 10,5 | 380 | 61,5 |
| 2,5 | 30 | 25 | 12 | 287,5 | 11,45 | 500 | 68,4 |
| 2,5 | 32,5 | 30 | 12 | 317,5 | 12,41 | 600 | 75,2 |
| 2,5 | 35 | 20 | 12 | 347,5 | 13,36 | 400 | 82,1 |
| 2,5 | 37,5 | 21 | 12 | 377,5 | 14,31 | 420 | 89 |
| 2,5 | 40 | 19 | 12 | 407,5 | 15,27 | 380 | 95,9 |

Perhitungan daya dukung ijin tarik pada kedalaman 37,5 m adalah 89 Ton.

9.2.2 Perhitungan Pondasi Tipe 1

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)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \cdot 45 \text{ cm}$$

$$S \geq 112,5 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah dengan jarak $S = 135 \text{ cm}$

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \cdot 45 \text{ cm}$$

$$S' \geq 68 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah dengan jarak $S' = 70 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer adalah

$$B \text{ poer} = 2 \cdot S' + S = 2 \cdot 70 + 135 = 275 \text{ cm}$$

$$L \text{ poer} = 2 \cdot S' + S = 2 \cdot 70 + 135 = 275 \text{ cm}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal (h) $100 \text{ cm} = 1$ meter.

2. Gaya yang terjadi pada pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14 diketahui gaya gaya yang terjadi pada joint 6823 adalah sebagai berikut:

- Akibat Beban Tetap (1DL + 1 LL)

$$P = 335158,5 \text{ kg}$$

$$M_x = 2235,44 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 1077,04 \text{ kg.m}$$

- Akibat Beban Sementara (1,2DL + 1LL + 1Ex)

$$P = 425001,6 \text{ kg}$$

$$M_x = 13510,9 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 55351,4 \text{ kg.m}$$

- Akibat BEban Sementara (1,2DL + 1LL + 1Ey)
 - P = 459569,9 kg
 - Mx = 38737,2 kg.m
 - My = 20155,1 kg.m

3. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO adalah :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{90 . m . n} \right]$$

Dimana :

- m = banyaknya tiang dalam kolom = 2
- n = banyaknya tiang dalam baris = 2
- D = diameter tiang pancang = 0,45 m
- S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,35 m

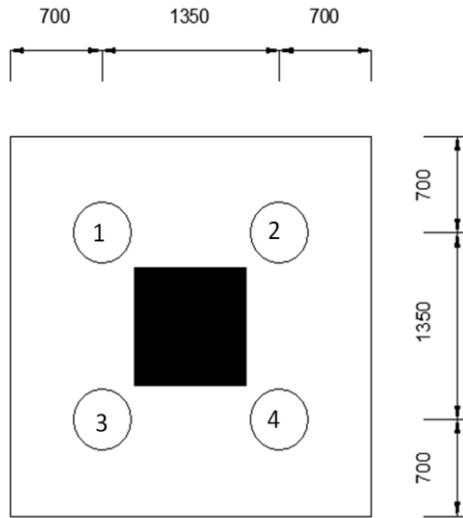
Sehingga :

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \arctan \frac{0,45 \text{ m}}{1,35 \text{ m}} \left[\frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90 . 2 . 2} \right] \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Maka Daya dukung vertical kelompok tiang adalah :

$$\begin{aligned} &= \eta . \text{Jumlah tiang} . \text{ daya dukung tiang} \\ &= 0,8 . 4 . 129 \\ &= 410,3 \text{ Ton} > P_u = 335,2 \text{ Ton dari Beban Tetap (OK)} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 9. 2 Pondasi Tipe 1

Bila P maksimum yang terjadi bernilai positif, maka pile mendapatkan gaya tekan. Akan tetapi bila P maksimum yang terjadi bernilai negatif, maka pile mendapatkan gaya tarik.

Tabel 9. 4 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

| No | x | y | x^2 | y^2 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -0,68 | 0,68 | 0,46 | 0,46 |
| 2 | 0,675 | 0,68 | 0,46 | 0,46 |
| 3 | -0,68 | -0,68 | 0,46 | 0,46 |
| 4 | 0,675 | -0,68 | 0,46 | 0,46 |
| Σ | | | 1,82 | 1,82 |

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My \cdot x \max}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{nx \cdot \sum y^2}$$

$$\begin{aligned} P1 &= \frac{335158,5 \text{ kg}}{4} - \frac{1077,04 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} + \frac{2235,44 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 84004,1 \text{ kg} \\ &= 84 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= \frac{335158,5 \text{ kg}}{4} + \frac{1077,04 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} + \frac{2235,44 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 84403,05 \text{ kg} \\ &= 84,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= \frac{335158,5 \text{ kg}}{4} - \frac{1077,04 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} - \frac{2235,44 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 83176,2 \text{ kg} \\ &= 83,2 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= \frac{335158,5 \text{ kg}}{4} + \frac{1077,04 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} - \frac{2235,44 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 83575,1 \text{ kg} \\ &= 83,6 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$\begin{aligned} P1 &= \frac{425001,6 \text{ kg}}{4} - \frac{55351,4 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} + \frac{13510,9 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 98502,2 \text{ kg} \\ &= 98,5 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= \frac{425001,6 \text{ kg}}{4} + \frac{55351,4 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} + \frac{13510,9 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 119002,7 \text{ kg} \\ &= 119 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= \frac{425001,6 \text{ kg}}{4} - \frac{55351,4 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} - \frac{13510,9 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\ &= 93498,1 \text{ kg} \\ &= 119 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= \frac{425001,6 \text{ kg}}{4} + \frac{55351,4 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} - \frac{13510,9 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\
 &= 113998,6 \text{ kg} \\
 &= 114 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

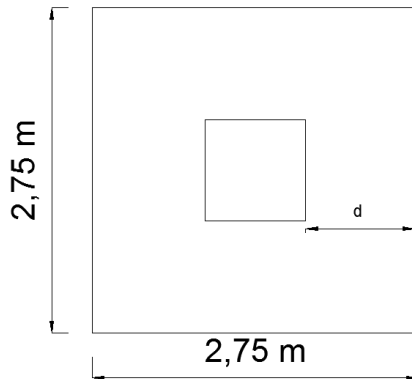
$$\begin{aligned}
 P1 &= \frac{459569,9 \text{ kg}}{4} - \frac{20155,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} + \frac{38737,2 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\
 &= 118333,6 \text{ kg} \\
 &= 118,3 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= \frac{459569,9 \text{ kg}}{4} + \frac{20155,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} + \frac{38737,2 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\
 &= 125798,5 \text{ kg} \\
 &= 125,8 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= \frac{459569,9 \text{ kg}}{4} - \frac{20155,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} - \frac{38737,2 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\
 &= 103986,5 \text{ kg} \\
 &= 104 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= \frac{459569,9 \text{ kg}}{4} + \frac{20155,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} - \frac{38737,2 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{2 \cdot 1,82} \\
 &= 111451,3 \text{ kg} \\
 &= 111,5 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 9. 3 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur :

$$d = t_{\text{poer}} - \text{tebal thickness -D tulangan poer} - D \text{ tulangan poer}/2$$

$$d = 1000 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - 22 \text{ mm}/2 \\ = 917 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14 beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor $(1,2DL + 1 LL + 1Ey)$ adalah

$$P_u = 459569,9 \text{ kg}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{B.L} = \frac{459569,9 \text{ kg}}{2,75 \text{ meter} \times 2,75 \text{ meter}} = 60770 \text{ kg}/m^2 \\ = 60,8 \text{ Ton}/m^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer

G' = Daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah

$$G' = L \text{ poer} - (L \text{ poer}/2 + b \text{ kolom}/2 + d)$$

$$G' = 2750 \text{ mm} - \left(\frac{2750 \text{ mm}}{2} + \frac{850 \text{ mm}}{2} + 917 \text{ mm} \right)$$

$$G' = 33 \text{ mm}$$

$$V_u = Q_u \cdot L \cdot G'$$

$$V_u = 60,8 \text{ Ton/m}^2 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 0,033 \text{ m}$$

$$V_u = 5,5 \text{ Ton}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

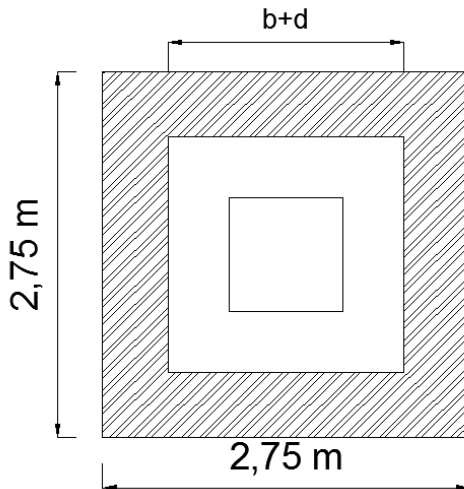
$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \text{ poer} \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 2750 \text{ mm} \cdot 917 \text{ mm}$$

$$V_c = 2302032,3 \text{ N}$$

$$V_c = 230,2 \text{ Ton} > V_u = 5,5 \text{ Ton (OK)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang



Gambar 9. 4 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (B_{\text{poer}} \cdot L_{\text{poer}}) - (b_{\text{kolom}} + d) (h_{\text{kolom}} + d) \\ &= (2750 \text{ mm})^2 - (850 \text{ mm} + 917 \text{ mm})^2 \\ &= 4440211 \text{ mm}^2 = 4,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 60,8 \text{ Ton/m}^2 \cdot 4,44 \text{ m}^2 \\ &= 269,8 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terbesar :

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana

β = rasio sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$= 850 \text{ mm} / 850 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 2 (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4 \cdot d$$

$$= 2 (850 \text{ mm} + 850 \text{ mm}) + 4 \cdot 917 \text{ mm}$$

$$= 7068 \text{ mm}$$

λ = 1 (untuk beton)

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 7068 \text{ mm} \cdot 917 \text{ mm}$$

$$= 18104922,9 \text{ N} = 1810 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana

α_s = 40 (untuk kolom tengah)

α_s = 30 (untuk kolom tepi)

as = 20 (untuk kolom sudut)

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \times 917 \text{ mm}}{7068 \text{ mm}} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 7068 \text{ mm} \cdot 917 \text{ mm}$$

$$V_c = 21184027,5 \text{ N} = 2118 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 7068 \text{ mm} \cdot 917 \text{ mm}$$

$$V_c = 11714950,1 \text{ N} = 1171 \text{ Ton}$$

Dari ketiga persamaan diatas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil, $V_c = 1171,5 \text{ Ton}$

$$V_u = 269,8 \text{ Ton} < V_c = 1171,5 \text{ Ton} \text{ (OK)}$$

7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap

a. Data Perencanaan

B poer = 2750 mm

L poer = 2750 mm

h poer = 600 mm

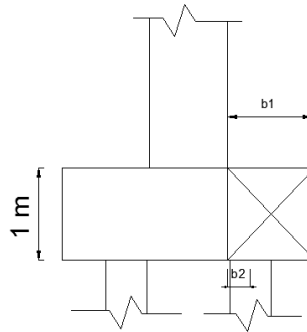
selimut beton = 50 mm

D tulangan lentur = 22 mm

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 939 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 22 - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 917 \text{ mm}$$

b. Penulangan Poer Arah X



Gambar 9. 5 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 2,75 \text{ m} - (0,5 \cdot 2,75 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,85 \text{ m}) = 0,95 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = \frac{S}{2} - \frac{b \text{ kolom}}{2} = \frac{1,35 \text{ m}}{2} - \frac{0,85 \text{ m}}{2} = 0,25 \text{ m}$$

$$Q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot L_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}} \\ = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \\ = 6600 \text{ kg/m}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

$$P_u = 459569,9 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$M_u = -M_q + M_p \\ = - (0,5 \cdot Q_u \cdot b_1^2) + (P_u \cdot b_2) \\ = - (0,5 \cdot 6600 \text{ kg/m} \cdot 0,95^2) + (459569,9 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ m}) \\ = 111914,2 \text{ kg} \cdot \text{m} = 1119142250 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{1119142250 \text{ N.mm}}{0,9} = 1243491389 \text{ N.mm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1243491389 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (939 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,41 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 16,1 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,41 \text{ N/mm}^2}{410 \text{ MPa}}} \right) \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410 \text{ MPa}} = 0,003 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)} \\
 \rho_b &= 0,03 \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02
 \end{aligned}$$

maka :

ρ pakai adalah 0,0035

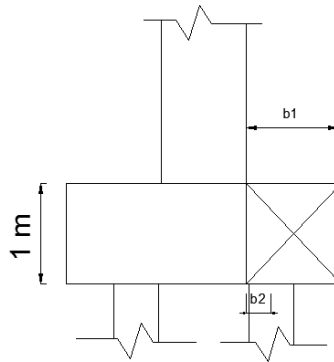
$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 939 \text{ mm} \\
 &= 3325 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan D22-110 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot B}{\text{jarak sengkang}} \\
 &= \frac{0,25 \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{110 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 3456 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 3325 \text{ mm}^2$$

c. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 9. 6 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 2,75 \text{ m} - (0,5 \cdot 2,75 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,85 \text{ m}) = 0,95 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = \frac{S}{2} - \frac{b \text{ kolom}}{2} = \frac{1,35 \text{ m}}{2} - \frac{0,85 \text{ m}}{2} = 0,25 \text{ m}$$

$$Q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot B_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}} \\ = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \\ = 6600 \text{ kg/m}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

$$P_u = 459569,9 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$M_u = -M_q + M_p \\ = - (0,5 \cdot Q_u \cdot b_1^2) + (P_u \cdot b_2) \\ = - (0,5 \cdot 6600 \text{ kg/m} \cdot 0,95^2) + (459569,9 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ m}) \\ = 111914,2 \text{ kg} \cdot \text{m} = 1119142250 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1119142250 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,9} = 1243491389 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1243491389 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (917 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,41 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 16,1 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,41 \text{ N/mm}^2}{410 \text{ MPa}}} \right) \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410 \text{ MPa}} = 0,003 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)} \\
 \rho_b &= 0,03 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02
 \end{aligned}$$

maka :

ρ pakai adalah 0,0035

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 917 \text{ mm} \\
 &= 3247 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan D22-110 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot B}{\text{jarak sengkang}} \\
 &= \frac{0,25 \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{110 \text{ mm}} \\
 \text{As pakai} &= 3456 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 3247 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk tulangan tekan bagian atas arah x, bisa diberikan sebesar 20% tulangan utama.

Tulangan Utama Arah x, D22–110 mm → As = 3456 mm². Bila dipasang tulangan atas D 16 – 110 mm, maka :

$$\begin{aligned} \text{As' pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot b}{\text{jarak sengkang}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{110 \text{ mm}} \\ \text{As' pakai} &= 1828 \text{ mm}^2 > 20\% \text{ As} = 691 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tulangan tekan bagian atas arah y, bisa menggunakan tulangan yang sama D16-110 mm.

8. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 untuk Panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar diantara:

- $L_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{0,24 \cdot 410 \text{ MPa}}{1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}} = 395,2 \text{ mm}$
- $L_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y$
 $= 0,043 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} = 387,9 \text{ mm}$

L_{dc} yang digunakan adalah $395,24 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2 untuk Panjang penyaluran Tarik diambil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_d &= \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \\ &= \left(\frac{410 \text{ Mpa} \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\ &= 968,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka Panjang penyaluran tarik yang digunakan adalah 970 mm

9.2.3 Perhitungan Pondasi Tipe 2

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)
 - $S \geq 2,5 D$
 - $S \geq 2,5 \cdot 45 \text{ cm}$
 - $S \geq 112,5 \text{ cm}$
 - Maka yang digunakan adalah dengan jarak $S = 135 \text{ cm}$
- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi poer (S')
 - $S' \geq 1,5 D$
 - $S' \geq 1,5 \cdot 45 \text{ cm}$
 - $S' \geq 68 \text{ cm}$
 - Maka yang digunakan adalah dengan jarak $S' = 70 \text{ cm}$
 - Sehingga total lebar poer adalah
 - B poer = $2 \cdot S' + S = 2 \cdot 70 + 135 = 275 \text{ cm}$
 - L poer = $2 \cdot S' + S = 2 \cdot 70 + 3 \cdot 135 = 545 \text{ cm}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal (h) 120 cm = 1,2 meter.

2. Gaya yang terjadi pada pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14 diketahui gaya gaya yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Akibat Beban Tetap (1DL + 1 LL)

Joint 6798 :

$$P = 206613,3 \text{ kg}$$

$$M_x = 644,2 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 395,8 \text{ kg.m}$$

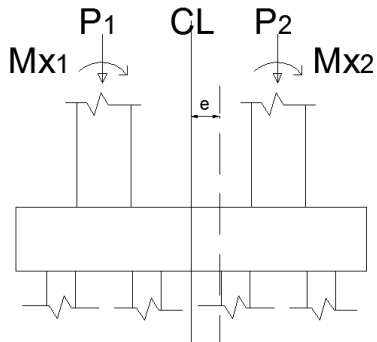
Joint 6810 :

$$P = 347200,4 \text{ kg}$$

$$M_x = 1059,7 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 293 \text{ kg.m}$$

Mencari eksentrisitas :



Gambar 9. 7 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3 m

$$x = \frac{206613,3 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m}}{553814 \text{ kg}} = 1,12 \text{ m}$$

$$e = \frac{3 \text{ m}}{2} - 1,12 \text{ m} = 0,38 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah :

$$P = 553814 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_x &= 1059,7 \text{ kg} \cdot \text{m} + 644,2 \text{ kg} \cdot \text{m} + 553814 \text{ kg} \cdot 0,38 \text{ m} \\ &= 212584,6 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 293 \text{ kg} \cdot \text{m} + 395,8 \text{ kg} \cdot \text{m} \\ &= 688,8 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

- Akibat Beban Sementara (1,2DL + 1LL + 1Ex)

Joint 6798 :

$$P = 282872,4 \text{ kg}$$

$$M_x = 11727,6 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_y = 49087,8 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

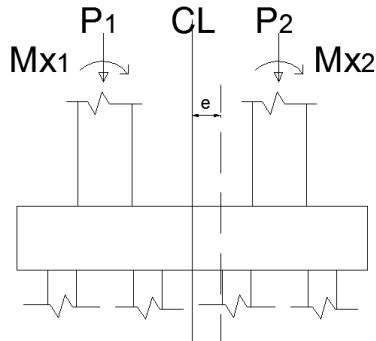
Joint 6810 :

$$P = 433007,6 \text{ kg}$$

$$M_x = 12644,9 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 50265,3 \text{ kg.m}$$

Mencari eksentrisitas :



Gambar 9. 8 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3 m

$$x = \frac{282872,4 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m}}{715880 \text{ kg}} = 1,19 \text{ m}$$

$$e = \frac{3 \text{ m}}{2} - 1,19 \text{ m} = 0,31 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah :

$$P = 715880 \text{ kg}$$

$$M_x = 12644,9 \text{ kg.m} + 11727,6 \text{ kg.m} + 715880 \text{ kg} \cdot 0,31 \text{ m}$$

$$= 249575,3 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 50265,3 \text{ kg.m} + 49087,8 \text{ kg.m}$$

$$= 99353,1 \text{ kg.m}$$

- Akibat Beban Sementara (1,2DL + 1LL + 1Ey)

Joint 6810 :

$$P = 476585,4 \text{ kg}$$

$$M_x = 38704,6 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 16092,8 \text{ kg.m}$$

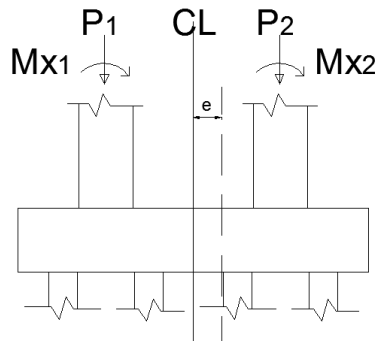
Joint 6798 :

$$P = 371367,8 \text{ kg}$$

$$M_x = 37014,4 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 18468,5 \text{ kg.m}$$

Mencari eksentrisitas :



Gambar 9. 9 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom = 3 m

$$x = \frac{371367,8 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m}}{847953 \text{ kg}} = 1,31 \text{ m}$$

$$e = \frac{3 \text{ m}}{2} - 1,31 \text{ m} = 0,19 \text{ m}$$

Maka untuk total gaya yang terjadi adalah :

$$P = 847953,2 \text{ kg}$$

$$M_x = 38704,6 \text{ kg.m} + 37014,4 \text{ kg.m} + 847953,2 \text{ kg} \cdot 0,19 \text{ m}$$

$$= 233545,4 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 16092,8 \text{ kg.m} + 18468,5 \text{ kg.m}$$

$$= 34561,3 \text{ kg.m}$$

3. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO adalah :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{90 . m . n} \right]$$

Dimana :

$$m = \text{banyaknya tiang dalam kolom} = 4$$

$$n = \text{banyaknya tiang dalam baris} = 2$$

$$D = \text{diameter tiang pancang} = 0,45 \text{ m}$$

$$S = \text{jarak antar sumbu as tiang pancang} = 1,35 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \arctan \frac{0,45 \text{ m}}{1,35 \text{ m}} \left[\frac{(2-1).4 + (4-1).2}{90 . 4 . 2} \right] \\ &= 0,74 \end{aligned}$$

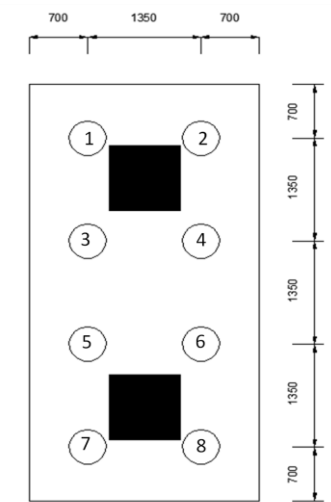
Maka Daya dukung vertical kelompok tiang adalah :

$$= \eta . \text{Jumlah tiang} . \text{daya dukung tiang}$$

$$= 0,74 . 8 . 129$$

$$= 767,8 \text{ Ton} > P_u = 553,8 \text{ Ton dari Beban Tetap (OK)}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 9. 10 Pondsii Tipe 2

a. Perhitungan akibat beban tetap:

Tabel 9. 5 Tebal Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Tetap

| No | x | y | x^2 | y^2 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -0,68 | 1,64 | 0,46 | 2,70 |
| 2 | 0,68 | 1,64 | 0,46 | 2,70 |
| 3 | -0,68 | 0,29 | 0,46 | 0,09 |
| 4 | 0,68 | 0,29 | 0,46 | 0,09 |
| 5 | -0,68 | -1,06 | 0,46 | 1,12 |
| 6 | 0,68 | -1,06 | 0,46 | 1,12 |
| 7 | -0,68 | -2,41 | 0,46 | 5,79 |
| 8 | 0,68 | -2,41 | 0,46 | 5,79 |
| Σ | | | 3,6 | 19,4 |

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My \cdot x \max}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{nx \cdot \sum y^2}$$

$$\begin{aligned} P1 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} - \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 82386,3 \text{ kg} \\ &= 82,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} + \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 82450,1 \text{ kg} \\ &= 82,45 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} - \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 82386,3 \text{ kg} \\ &= 82,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} + \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 82450,1 \text{ kg} \\ &= 82,45 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P5 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} - \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 56003,4 \text{ kg} \\ &= 56 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P6 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} + \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 56067,1 \text{ kg} \\ &= 56,1 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P7 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} - \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\ &= 56003,4 \text{ kg} \\ &= 56 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P8 &= \frac{553813,7 \text{ kg}}{8} + \frac{688,8 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{212584,6 \text{ kg.m} \cdot 2,41 \text{ m}}{2 \cdot 19,39} \\
 &= 560667,1 \text{ kg} \\
 &= 56,1 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

Tabel 9. 6 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah X

| No | x | y | x ² | y ² |
|----|-------|-------|----------------|----------------|
| 1 | -0,68 | 1,71 | 0,46 | 2,93 |
| 2 | 0,68 | 1,71 | 0,46 | 2,93 |
| 3 | -0,68 | 0,36 | 0,46 | 0,13 |
| 4 | 0,68 | 0,36 | 0,46 | 0,13 |
| 5 | -0,68 | -0,99 | 0,46 | 0,98 |
| 6 | 0,68 | -0,99 | 0,46 | 0,98 |
| 7 | -0,68 | -2,34 | 0,46 | 5,47 |
| 8 | 0,68 | -2,34 | 0,46 | 5,47 |
| Σ | | | 3,65 | 19,0 |

$$\begin{aligned}
 P1 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} + \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19} \\
 &= 100237,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$= 100,2 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} + \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19}
 \end{aligned}$$

$$= 109437 \text{ kg}$$

$$= 109,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} - \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19}
 \end{aligned}$$

$$= 100237,7 \text{ kg}$$

$$= 100,2 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} + \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} + \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19} \\
 &= 109437 \text{ kg} \\
 &= 109,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} - \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19} \\
 &= 69532,98 \text{ kg} \\
 &= 69,5 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} + \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19} \\
 &= 78732,3 \text{ kg} \\
 &= 78,7 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P7 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} - \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19} \\
 &= 69532,98 \text{ kg} \\
 &= 69,5 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P8 &= \frac{715880 \text{ kg}}{8} + \frac{99353,1 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,65} - \frac{249575,3 \text{ kg.m} \cdot 2,34 \text{ m}}{2 \cdot 19} \\
 &= 78732,3 \text{ kg} \\
 &= 78,7 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

Tabel 9. 7 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat Akibat Beban Sementara Arah Y

| No | x | y | x ² | y ² |
|----|-------|------|----------------|----------------|
| 1 | -0,68 | 1,84 | 0,46 | 3,38 |
| 2 | 0,68 | 1,84 | 0,46 | 3,38 |
| 3 | -0,68 | 0,49 | 0,46 | 0,24 |
| 4 | 0,68 | 0,49 | 0,46 | 0,24 |

| | | | | |
|----------|-------|-------|------|------|
| 5 | -0,68 | -0,86 | 0,46 | 0,74 |
| 6 | 0,68 | -0,86 | 0,46 | 0,74 |
| 7 | -0,68 | -2,21 | 0,46 | 4,89 |
| 8 | 0,68 | -2,21 | 0,46 | 4,89 |
| Σ | | | 3,6 | 18,5 |

$$\begin{aligned}
 P1 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} - \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} + \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 118349,2 \text{ kg} \\
 &= 118,3 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} + \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} + \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 121549,3 \text{ kg} \\
 &= 121,5 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} - \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} + \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 118349,2 \text{ kg} \\
 &= 118,3 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} + \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} + \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 121549,3 \text{ kg} \\
 &= 121,5 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} - \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} - \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 90438,99 \text{ kg} \\
 &= 90,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} + \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} - \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 93639,1 \text{ kg} \\
 &= 93,64 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P7 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} - \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} - \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 90438,99 \text{ kg} \\
 &= 90,4 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P8 &= \frac{847953,2 \text{ kg}}{8} + \frac{34561,3 \text{ kg.m} \cdot 0,68 \text{ m}}{4 \cdot 3,6} - \frac{233545,4 \text{ kg.m} \cdot 2,21 \text{ m}}{2 \cdot 18,5} \\
 &= 93639,1 \text{ kg} \\
 &= 93,64 \text{ Ton} < 129 \text{ Ton (OK)}
 \end{aligned}$$

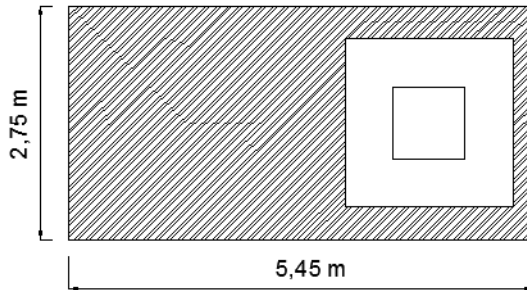
5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur :

$$\begin{aligned}
 d &= t_{\text{poer}} - \text{tebal thickness} - D \text{ tulangan poer} - D \text{ tulangan poer}/2 \\
 d &= 1200 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - 22 \text{ mm}/2 \\
 &= 1117 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $d = 1117 \text{ mm} > \text{jarak tepi kolom ke tepi pile cap } 475 \text{ mm}$. Maka cek geser satu arah tidak diperlukan.

6. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang



Gambar 9. 11 Bidang Kritis Geser Dua Arah

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (B_{\text{poer}} \cdot L_{\text{poer}}) - (b_{\text{kolom}} + d) (h_{\text{kolom}} + d) \\ &= (2750 \text{ mm} \cdot 5450 \text{ mm}) - (850 \text{ mm} + 1117 \text{ mm})^2 \\ &= 11118411 \text{ mm}^2 = 11,1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 56,6 \text{ Ton/m}^2 \cdot 11,1 \text{ m}^2 \\ &= 629,1 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terbesar :

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana

$$\begin{aligned} \beta &= \text{rasio sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom} \\ &= 850 \text{ mm} / 850 \text{ mm} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{keliling penampang kritis} \\
 &= 2 (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4.d \\
 &= 2 (850 \text{ mm} + 850 \text{ mm}) + 4. 1117 \text{ mm} \\
 &= 7868 \text{ mm} \\
 \lambda &= 1 \text{ (untuk beton)} \\
 V_c &= 0,17. \left(1 + \frac{2}{1}\right). 1. \sqrt{30 \text{ MPa}} . 7868 \text{ mm} . 1117 \text{ mm} \\
 &= 24549820,9 \text{ N} = 2455 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- $V_c = 0,083. \left(\frac{\alpha_s . d}{b_o} + 2\right) . \lambda . \sqrt{f_c'} . b_o . d$

Dimana

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,083. \left(\frac{40 \times 917 \text{ mm}}{7068 \text{ mm}} + 2\right) . 1. \sqrt{30 \text{ MPa}} . 7868 \text{ mm} . \\
 &1117 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_c = 30679188,03 \text{ N} = 3068 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,33. \lambda . \sqrt{f_c'} . b_o . d$

$$V_c = 0,33 . 1. \sqrt{30 \text{ MPa}} . 7868 \text{ mm} . 1117 \text{ mm}$$

$$V_c = 15885178,2 \text{ N} = 1588,5 \text{ Ton}$$

Dari ketiga persamaan diatas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil, $V_c = 1588,5 \text{ Ton}$

$$V_u = 629,1 \text{ Ton} < V_c = 1588,5 \text{ Ton} \text{ (OK)}$$

7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap

a. Data Perencanaan

$$B \text{ poer} = 2750 \text{ mm}$$

$$L \text{ poer} = 5450 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 1200 \text{ mm}$$

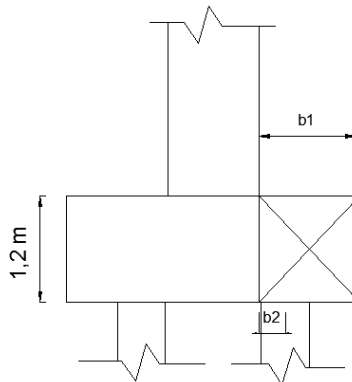
$$\text{selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan lentur} = 22 \text{ mm}$$

$$d_x = 1200 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 1139 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 22 - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 1117 \text{ mm}$$

b. Penulangan Poer Arah X



Gambar 9. 12 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 2,75 \text{ m} - (0,5 \cdot 2,75\text{m} + 0,5 \cdot 0,85\text{m}) = 0,95 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke as kolom} \\ = 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot L_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}} \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,45 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} \\
 &= 15696 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

$$P_u = 847953 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= - (0,5 \cdot Q_u \cdot b_1^2) + (P_u \cdot b_2) \\
 &= - (0,5 \cdot 15696 \text{ kg/m} \cdot 0,95^2) + (847953 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ m}) \\
 &= 565285,6 \text{ kg} \cdot \text{m} = 5652855900 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5652855900 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,9} = 6280951000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6280951000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (1139 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,83 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 16,1$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,83 \text{ N/mm}^2}{410 \text{ MPa}}} \right) \\
 &= 0,0046
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410 \text{ MPa}} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

maka :

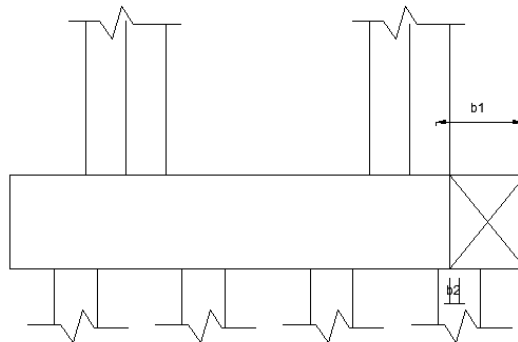
ρ pakai adalah 0,0046

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0046 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1139 \text{ mm} \\
 &= 5282 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan D22-70 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot B}{\text{jarak sengkang}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} \\ \text{As pakai} &= 5430 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 5282 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 9. 13 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ &= 0,8 \text{ m} \\ b_2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ &= 0,1 \text{ m} \\ Q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot B_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}} \\ &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} \\ &= 7920 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

$$P_u = 847953 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= - (0,5 \cdot Q_u \cdot b_1^2) + (P_u \cdot b_2) \\ &= - (0,5 \cdot 7920 \text{ kg/m} \cdot (0,8)^2) + (847953 \text{ kg} \cdot 0,1 \text{ m}) \\ &= 442641,03 \text{ kg} \cdot \text{m} = 4426410300 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{4426410300 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,9} = 4918233667 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4918233667 \text{ N} \cdot \text{mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (1117 \text{ mm})^2} \\ &= 1,43 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 16,1$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,43 \text{ N/mm}^2}{410 \text{ MPa}}} \right) \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410 \text{ MPa}} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,84 \cdot 30}{410} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

maka :

ρ pakai adalah 0,0036

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1117 \text{ mm} \\ &= 4022 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan D22-100 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot b}{\text{jarak sengkang}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 20717 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 4022 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan tekan bagian atas, bisa diberikan sebesar 20% tulangan utama.

- Arah X

$$\text{Tulangan Utama D22} - 70 \text{ mm} \rightarrow \text{As} = 5430 \text{ mm}^2$$

Bila dipasang tulangan atas D 16 - 70 mm

$$\begin{aligned} \text{As' pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot b}{\text{jarak sengkang}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\text{As' pakai} = 2872 \text{ mm}^2 > 20\% \text{ As} = 1086,1 \text{ mm}^2$$

- Arah Y

$$\text{Tulangan Utama D22} - 100 \text{ mm} \rightarrow \text{As} = 3801 \text{ mm}^2$$

Bila dipasang tulangan atas D 16 - 100 mm

$$\begin{aligned} \text{As' pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot L}{\text{jarak sengkang}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\text{As' pakai} = 2010,6 \text{ mm}^2 > 20\% \text{ As} = 760,3 \text{ mm}^2$$

d. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 untuk Panjang penyauran tekan diambil dari yang terbesar diantara :

- $Ldc_1 = \frac{0,24 \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} = \frac{0,24 \cdot 410 \text{ MPa}}{1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}} = 395,2 \text{ mm}$
- $Ldc_2 = 0,043 \cdot db \cdot fy = 0,043 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} = 387,9 \text{ mm}$

Ldc yang digunakan adalah 395,24 mm \approx 400 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2 untuk Panjang penyaluran Tarik diambil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L_d &= \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \\
 &= \left(\frac{410 \text{ Mpa} \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\
 &= 968,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka Panjang penyaluran tarik yang digunakan adalah 970 mm.

9.3 Perhitungan Sloof

Balok pengikat sloof direncanakan untuk menahan gaya aksial, lentur serta geser, gaya aksial yang dikenakan pada balok pengikat adalah gaya lateral yang terjadi pada struktur. Momen lentur dan geser direncanakan berasal dari beban berat sendiri balok serta berat dinding dan beban hidup di atasnya.

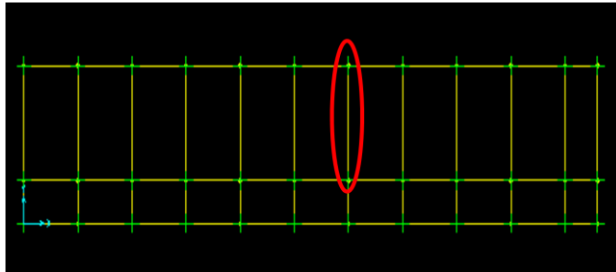
Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 Pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu Gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial Tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal.

Gaya aksial 10% dari kolom yang bekerja bersamaan dengan gaya momen. Gaya aksial 10% ini bekerja bolak-balik sebagai gaya normal pada balok sloof sehingga perhitungannya dapat dilakukan seperti perhitungan kolom.

9.3.1 Perhitungan Balok Sloof 1

Pada perhitungan penulangan balok sloof, balok sloof yang dihitung secara manual adalah sloof yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

Dari perhitungan program bantu SAP 2000 v.14, untuk gaya paling besar yang terjadi pada balok sloof dimensi 55/70 terdapat pada frame 317.



Gambar 9. 14 Balok Sloof 1 yang Ditinjau

1. Data Perencanaan

Beban aksial terfaktor pada kolom 1 = 425128,5 Kg

Beban aksial terfaktor pada kolom 2 = 435065,0 Kg

Momen Sloof = 35115,81 kg.m

Dimensi sloof = 550 mm x 700 mm

Panjang bentang = 8000 mm

 f_c' = 30 MPaDiameter tulangan = 25 mm, $f_y = 410$ MpaDiameter sengkang = 12 mm, $f_y = 240$ Mpa

Selimut beton (ts) = 40 mm

 $d = 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 25 \text{ mm}/2 = 636$
mm

2. Penulangan Lentur Balok Sloof

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

$$M_n = \frac{35115,8}{0,9} = 39017,57 \text{ kg.m} = 390175667 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{390175667}{550 \cdot 636^2} = 1,76$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,84}{410} \cdot \left(\frac{600}{600 + 410} \right)$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,1} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \cdot 16,1 \cdot 1,76)}{410}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,004$$

Cek

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

$$0,003 < 0,004 < 0,02$$

Maka dipakai $\rho = 0,004$

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,004 \cdot 550 \text{ mm} \cdot 636 \text{ mm} = 1552,95 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 4 D 25 \rightarrow As pakai = 1963 mm²

Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2t - 2 \cdot \text{senggang} - n \cdot D \text{ lentur}}{(n-1)}$$

$$s = \frac{550 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 5 \cdot 25}{(4-1)}$$

$$s = 115 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 1963 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 636 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963 \cdot 410}{0,85 \cdot 30 \cdot 550} = 57,4 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_c' \cdot (d - a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1963 \cdot 30 \cdot (636 - 57,4/2)$$

$$\phi M_n = 439644735 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 439,64 \text{ kN.m} > M_u = 351 \text{ kN.m (OK)}$$

Perhitungan berdasar beban aksial terfaktor dan momen terfaktor yang bekerja pada sloof (nilai maksimum dari 2 kolom di ujung sloof) :

$$P_u = 435064,96 \text{ kg}$$

P yang diterima sloof sebesar 10%

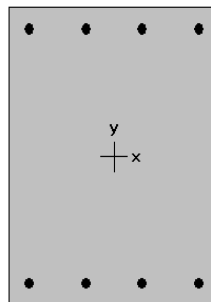
$$P = 0,1 \cdot 435064,96 \text{ kg} \\ = 43506,5 \text{ kg}$$

$$M \text{ akibat dinding} = 1/8 q L^2$$

$$M = 1/8 \cdot 672 \text{ kg/m} \cdot (8 \text{ m})^2 \\ = 5376 \text{ kg.m}$$

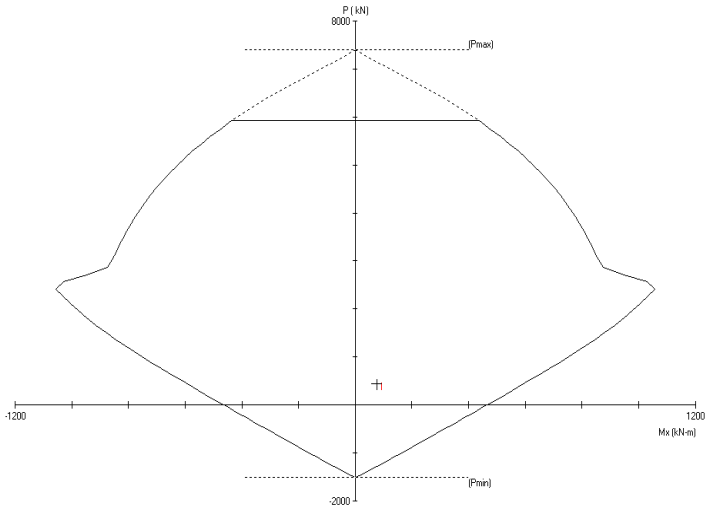
$$\text{Momen terfaktor} = 1,4 D \\ = 1,4 \cdot 5376 \text{ kg.m} \\ = 7526 \text{ kg.m}$$

Perhitungan tulangan lentur dilakukan dengan bantuan pcaCol dengan tulangan terpasang 8 D 25 ($A_s = 3927 \text{ mm}^2$)



550 × 700 mm
1.06% reinf.

Gambar 9. 15 Konfigurasi Penulangan Balok Sloof pada program pcaColoumn



Gambar 9. 16 Diagram Interaksi P-M pada Program pcaColoumn

Diagram interaksi dari pcaCOL menunjukkan bahwa tulangan 8 D 25 mampu menahan gaya aksial dan momen pada balok sloof.

3. Tulangan Geser

Beban pada sloof

- beban dinding = $672 \text{ kg/m} \cdot 8 \text{ m} = 5376 \text{ kg}$
- berat sendiri sloof = $0,55 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$
= 7392 kg

$$V_u = \frac{1,4 \cdot (5376 \text{ kg} + 7392 \text{ kg})}{2} = 8937,6 \text{ kg} = 89376 \text{ N}$$

Tulangan lentur terpasang 4 D 25 $\rightarrow A_s = 1963 \text{ mm}^2$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 550 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} = 385000 \text{ mm}^2$$

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

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{435064,96 \text{ N}}{14 \cdot 385000 \text{ mm}^2} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}} \cdot 550 \text{ mm} \cdot 636 \text{ mm}$$

$$V_c = 344825,7 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 344825,7 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 258619,28 \text{ N} > V_u = 89376 \text{ N (OK)}$$

karena $\phi V_c > V_u$ maka dipasang tulangan geser maksimum berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.12.3 dengan jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh melebihi dari :

- $\frac{d}{2} = \frac{636 \text{ mm}}{2} = 318 \text{ mm}$
- 300 mm

Jadi dipasang tulangan sengkang sloof $\emptyset 12 - 125 \text{ mm}$ dengan 2 kaki

4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

a. Panjang Penyaluran Tarik

Dalam SNI 03 - 2847 - 2013 Pasal 12.2.1 disebutkan bahwa Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik, l_d , ditentukan dengan persamaan dibawah ini dan tidak boleh kurang dari 300 mm

$$d = 636 \text{ mm}$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$\begin{aligned} l_d &= \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \\ &= \left(\frac{410 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} \\ &= 1101 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil nilai $l_d = 1110 \text{ mm}$

b. Panjang Tulangan Penyaluran Berkait Standar

Untuk Panjang tulangan penyaluran berkait standar diatur dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.2

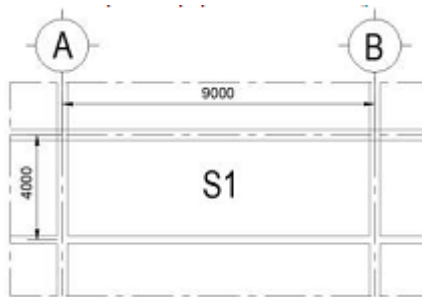
$$\begin{aligned}
 ldh &= \left(\frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot fy}{\lambda \cdot \sqrt{f'c'}} \right) \cdot db \\
 &= \left(\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} \\
 &= 449 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kait} = 12 db = 12 \cdot 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

BAB X METODE PELAKSANAAN BALOK - PELAT LANTAI

10.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan balok dan pelat lantai. Sistem pelaksanaan pekerjaan balok dan pelat yang dipakai adalah konvensional. Balok yang digunakan memiliki tipe yang berbeda-beda. Balok terdiri dari 2 macam, yaitu balok utama (balok induk) dan balok anak. Semua pekerjaan balok dan pelat lantai dilakukan langsung di lokasi yang direncanakan, mulai dari pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran sampai perawatan.



Gambar 10. 1 Potongan Denah Pelat dan Balok

10.2 Tahap Persiapan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai

1. Pekerjaan Pengukuran

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui elevasi dari balok dan plat agar setelah proses pengecoran didapatkan permukaan lantai yang merata.

2. Pembuatan Bekisting

Pekerjaan bekisting balok dan pelat merupakan satu kesatuan pekerjaan, karena dilaksanakan secara bersamaan. Pembuatan panel bekisting balok harus sesuai dengan

gambar kerja. Dalam pemotongan plywood harus cermat dan teliti sehingga hasil akhirnya sesuai dengan luasan pelat atau balok yang akan dibuat. Pekerjaan balok dilakukan langsung dilokasi dengan mempersiapkan material utama antara lain : kaso, balok kayu, dan papan plywood.

3. Pabrikasi Besi

Untuk balok, pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan bar cutter dan bar bending. Pembesian balok dilakukan dengan sistem pabrikasi di los besi dan ada yang dirakit diatas bekisting yang sudah jadi. Sedangkan pembesian pelat dilakukan diatas bekisting yang sudah jadi.

10.3 Tahap Pekerjaan Pelaksanaan Balok dan Pelat Lantai

Tahap pekerjaan balok dan pelat lantai dilakukan secara bersamaan.

a. Pembekistingan balok

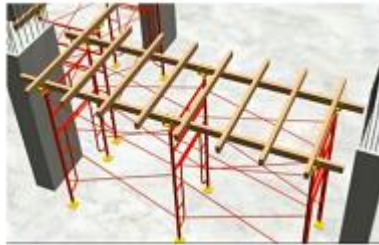
Tahap pembekistingan balok adalah sebagai berikut:

1. Scaffolding dengan masing-masing jarak 100 cm disusun berjajar sesuai dengan kebutuhan di lapangan, baik untuk bekisting balok maupun pelat.
2. Memperhitungkan ketinggian scaffolding balok dengan mengatur jack base dan U-head.



Gambar 10. 2 *Jack Base* dan *U-head*

3. Pada U-head dipasang balok kayu (girder) sejajar dengan arah cross brace dan diatas girder dipasang balok suri tiap jarak 60 cm dengan arah melintangnya, kemudian dipasang pasangan plywood sebagai alas balok. Pemasangan balok suri dapat dilihat pada gambar 10.3.



Gambar 10. 3 Pemasangan Balok Suri

4. Kemudian dipasang dinding bekisting balok dan dikunci dengan siku yang dipasang diatas suri-suri.

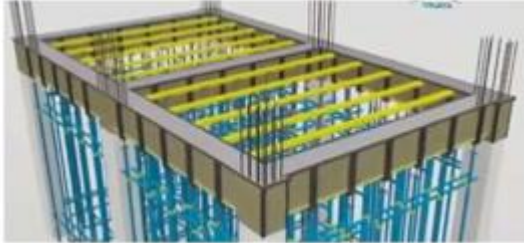


Gambar 10. 4 Balok Siku pada Bekisting Balok

- b. Pembekistingan pelat
 - Tahap pembekistingan pelat adalah sebagai berikut:
 1. Scaffolding disusun sejajar bersamaan dengan scaffolding untuk balok. Karena posisi pelat lebih tinggi daripada balok maka scaffolding untuk pelat lebih tinggi daripada balok dan diperlukan main frame tambahan dengan menggunakan join pin. Perhitungkan ketinggian

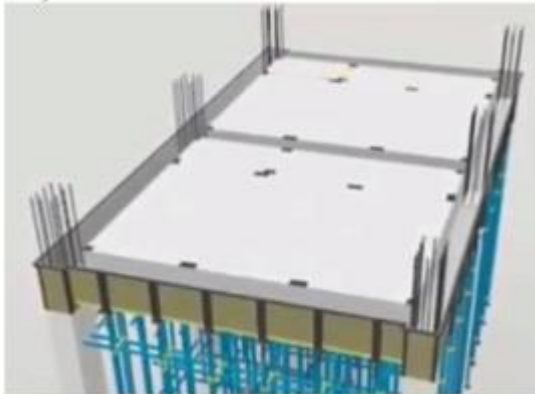
scaffolding pelat dengan mengatur base jack dan U-head jack nya.

2. Pada U-head dipasang balok kayu sejajar dengan arah cros brace dan diatas balok kayu dipasang balok suri dengan arah melintangnya.



Gambar 10. 5 Balok Suri pada Bagian Pelat

3. Kemudian dipasang plywood sebagai alas pelat. Pasang juga dinding untuk tepi pada pelat dan dijepit menggunakan siku. Plywood dipasang serapat mungkin, sehingga tidak terdapat rongga yang dapat menyebabkan kebocoran pada saat pengecoran. (lihat gambar 10.6)



Gambar 10. 6 Plywood pada Bagian Pelat

4. Semua bekisting rapat terpasang, sebaiknya diolesi dengan minyak sebagai pelumas agar beton tidak

menempel pada bekisting, sehingga dapat mempermudah dalam pekerjaan pembongkaran dan bekisting masih dalam kondisi layak pakai untuk pekerjaan berikutnya.

c. Pengecekan

Setelah pemasangan bekisting balok dan pelat lantai dianggap selesai selanjutnya pengecekan tinggi level pada bekisting balok dan pelat dengan waterpass, jika sudah selesai maka bekisting untuk balok dan pelat sudah siap.

d. Pembesian balok

Tahap pembesian balok adalah sebagai berikut :

1. Untuk pembesian balok pada awalnya dilakukan pembesian di los besi kemudian diangkat menggunakan tower crane ke lokasi yang akan dipasang.
2. Besi tulangan balok yang sudah diangkat lalu diletakkan diatas bekisting balok dan ujung besi balok dan ujung besi balok dimasukkan ke kolom.
3. Pasang beton decking untuk jarak selimut beton pada alas dan samping balok lalu diikat.
4. Dipasang tulangan bawah diatas beton decking, ujung tulangan bawah dimasukkan ke dalam tulangan kolom sebagai penjangkaran. Apabila terdapat sambungan pada penulangan dilakukan sambungan lewatan. Sambungan tulangan dilakukan selang seling dan harus dihindarkan penempatan sambungan di tempat-tempat dengan tegangan maksimum.
5. Pemasangan tulangan sengkang yang diatur jaraknya dimana jarak pada tumpuan lebih rapat dibandingkan jarak tengah bentang. Sengkang diikat dengan kawat beton.
6. Tulangan atas dipasang dengan cara dimasukkan satu per satu kedalam tulangan sengkang dibagian atas kemudian diikat dengan kawat. Ujung tulangan atas dimasukkan kedalam tulangan kolom sebagai panjang penjangkaran.

Sebagai pengaku dipakai tulangan torsi sesuai perencanaan (apabila dibutuhkan).

e. Pembesian pelat

Setelah tulangan balok terpasang, selanjutnya adalah tahap pembesian pelat antara lain :

1. Dipasang tulangan bawah lapis 1 diatas beton decking. Tulangan ini dipasang melewati tulangan atas balok.
2. Dipasang tulangan bawah lapis 2 diatas lapis 1 dengan arah tegak lurus lapis 1 kemudian persilangan tulangan diikat dengan kawat beton.
3. Untuk mendapatkan jarak tertentu antar tulangan atas dan tulangan bawah dipasang tulangan kaki ayam yaitu potongan besi yang dipotong sedemikian rupa sehingga dapat menjaga jarak antara tulangan atas dengan tulangan bawah. Bentuk kaki ayam pada tulangan pelat dapat dilihat pada gambar 10.7. Persilangan tulangan atas diikat dengan kawat beton.



Gambar 10. 7 Kaki Ayam pada Tulangan Pelat Lantai

f. Pengecekan

Setelah pembesian balok dianggap selesai, kemudian diadakan checklist / pemeriksaan untuk tulangan. Adapun yang diperiksa untuk pembesian balok adalah diameter, jumlah tulangan utama, jarak, jumlah sengkang, ikatan kawat, dan beton

decking. Untuk pembesian pelat lantai yang diperiksa adalah penyaluran pembesian pelat terhadap balok, jumlah dan jarak tulangan ekstra, perkuatan pada lubang-lubang di pelat lantai, beton decking, kaki ayam, dan kebersihannya.



Gambar 10. 8 Pengecekan Tulangan Balok



Gambar 10. 9 Pembersihan Lokasi Pengecoran

10.4 Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai

Setelah pekerjaan pembesian balok dan pelat lantai selesai, maka dapat dilakukan pengecoran. Pengecoran balok dan pelat lantai dilakukan secara bersamaan. Pengecoran balok dan pelat beton menggunakan concrete pump. Pada saat pengecoran, pekerja vibrator memasukkan alat vibrator kedalam adukan kurang lebih 5-10 menit di setiap bagian yang dicor. Pematatan tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya rongga udara pada beton yang akan mengurangi kualitas beton. Setelah proses pengecoran selesai sampai batas pengecoran, maka akan dilakukan finishing.



Gambar 10. 10 Pengecoran



Gambar 10. 11 Pengecoran

10.5 Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran bekisting pelat lantai dilakukan setelah pengecoran berumur 7 hari, pembongkaran bekisting balok dengan bentang ≤ 3 meter dilakukan setelah beton berumur 7 hari, sedangkan untuk balok dengan bentang > 3 meter dilakukan setelah beton berumur 14 hari.

10.6 Perawatan (curing)

Setelah dilaksanakan pengecoran, untuk menjaga mutu beton dilakukan perawatan beton. Perawatan beton yang dilakukan adalah dengan menyiram/membasahi beton 2 kali selama 1 minggu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Ampel Surabaya sesuai SNI 1726-2012 termasuk dalam kategori desain seismik D dan termasuk kategori resiko IV, dimana minimal harus dirancang menggunakan desain struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK).
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan menggunakan SRPMK adalah sebagai berikut:
 - a. Struktur Sekunder
 - Pelat Lantai

Tabel 11. 1 Kesimpulan Pelat Lantai Dua Arah

| Pelat Lantai Dua Arah | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----|-----|---------|---------|----------|---------|
| Tipe Pelat | Tebal | Lx | Ly | Tumpuan | | Lapangan | |
| | (mm) | (m) | (m) | x | y | x | y |
| PL1 | 120 | 3 | 5 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 |
| PL2 | 120 | 2,5 | 5 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 |
| PL3 | 120 | 2,5 | 3 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 |
| PL4 | 120 | 3 | 3 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 |
| PL6 | 120 | 3 | 4 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 | Ø12-150 |

Tabel 11. 2 Kesimpulan Pelat Lantai Satu Arah

| Pelat Lantai Satu Arah | | | | | |
|------------------------|-------|-----|-----|---------|-----------|
| Tipe Pelat | Tebal | Lx | Ly | Tumpuan | |
| | (mm) | (m) | (m) | x | Tul. Bagi |
| PL5 | 120 | 1,4 | 5 | Ø12-150 | Ø12-200 |

- Pelat Tangga

Tabel 11. 3 Kesimpulan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

| Jenis Pelat | Tebal (mm) | Tulangan | |
|--------------|------------|----------|---------|
| Tangga 1 | | | |
| Pelat Tangga | 150 | Arah Y | D13-120 |
| | | Susut | D10-120 |
| Pelat Bordes | 150 | Arah Y | D13-120 |
| | | Susut | D10-120 |
| Tangga 2 | | | |
| Pelat Tangga | 150 | Arah Y | D13-120 |
| | | Susut | D10-120 |
| Pelat Bordes | 150 | Arah Y | D13-120 |
| | | Susut | D13-120 |

- Balok Sekunder

Tabel 11. 4 Kesimpulan Balok Sekunder

| Balok Sekunder | | | | | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|-------|----------|-------|----------------|----------|----------------|
| Tipe Balok | Dimensi (mm) | Tulangan Lentur | | | | Tulangan Geser | | Tulangan Badan |
| | | Tumpuan | | Lapangan | | Tumpuan | Lapangan | |
| | | Tarik | Tekan | Tarik | Tekan | | | |
| B3 | 300 x 400 | 3D16 | 2D16 | 2D16 | 2D16 | Ø10-150 | Ø12-150 | 2D16 |
| B4 | 200 x 300 | 2D16 | 2D16 | 2D16 | 2D16 | Ø10-150 | Ø10-150 | - |
| B. Lift | 200 x 300 | 4D16 | 2D16 | 3D16 | 2D16 | Ø10-120 | Ø10-120 | - |
| B. Bordes | 600 x 650 | 3D16 | 2D16 | 2D16 | 2D16 | Ø12-120 | Ø12-120 | 4D16 |

- Rangka Baja

Tabel 11. 5 Kesimpulan Atap Baja

| Rangka Baja | |
|---------------------|---------------------|
| Tipe Rangka | Profil |
| Gording | kanal 150.75.9.12,5 |
| Kuda-kuda | WF 250.250.14.14 |
| Kolom Baja | WF 250.250.14.14 |
| Penggantung Gording | Ø10 |

b. Struktur Primer

- Balok Induk

Tabel 11. 6 Kesimpulan Balok Induk

| Balok Induk | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-------|----------|-------|----------------|-------------|----------------|
| Tipe Balok | Dimensi (mm) | Tulangan Lentur | | | | Tulangan Geser | | Tulangan Badan |
| | | Tumpuan | | Lapangan | | Tumpuan | Lapangan | |
| | | Tarik | Tekan | Tarik | Tekan | | | |
| B1 | 600 x 700 | 9D25 | 5D25 | 5D25 | 5D25 | 4 D13-100 | 2 D13-120 | 4D25 |
| B2 | 450 x 700 | 5D25 | 4D25 | 4D25 | 4D25 | 4 D13-100 | 2 D13 - 120 | 2D25 |

- Kolom

Tabel 11. 7 Kesimpulan Kolom

| Kolom | | | | |
|------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|
| Tipe Balok | Dimensi (mm) | Tulangan Lentur | Tulangan Geser | |
| | | | Sejarak lo | Diluar lo |
| K1 | 850 x 850 | 20 D 22 | 4 D 13-100 | 4 D13-150 |
| K2 | 750 x 750 | 16 D 22 | 4 D13-100 | 4 D13-150 |

- Hubungan Balok Kolom

Tabel 11. 8 Kesimpulan Hubungan Balok Kolom

| Hubungan Balok-Kolom | | | |
|----------------------|-----------|-----------------|----------------|
| Tipe HBK | Dimensi | Tulangan Lentur | Tulangan Geser |
| | (mm) | | |
| K1-K1 | 850 x 850 | 20 D 22 | 4 D 13-100 |
| K2-K2 | 750 x 750 | 16 D 22 | 4 D13-100 |

c. Pondasi dan Poer

- Pondasi

Tabel 11. 9 Kesimpulan Pondasi

| Tipe Pondasi | Dimensi Poer | Tebal Poer | Diameter Tiang Pancang | Kedalaman Tiang Pancang | Jumlah Tiang Pancang | Tulangan Lentur | |
|--------------|--------------|------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|---------|
| | (m) | (m) | (mm) | (m) | | x | y |
| P1 | 2,75 x 2,75 | 1 | 450 | 37,5 | 4 | D22-110 | D22-110 |
| P2 | 2,75 x 5,45 | 1,2 | 450 | 37,5 | 8 | D22-70 | D22-100 |
| P3 | 6,8 x 6,8 | 1,5 | 450 | 37,5 | 25 | D22-100 | D22-100 |
| P4 | 5,45 x 2,75 | 1 | 450 | 37,5 | 8 | D22-110 | D22-110 |
| P5 | 5,45 x 5,45 | 1 | 450 | 37,5 | 16 | D22-120 | D22-120 |
| P6 | 5,45 x 5,45 | 2 | 450 | 37,5 | 16 | D25-70 | D25-150 |
| P7 | 5,45 x 2,75 | 1,5 | 450 | 37,5 | 8 | D25-110 | D25-110 |
| P8 | 2,75 x 6,8 | 1,2 | 450 | 37,5 | 10 | D22-80 | D22-100 |

- Sloof

Tabel 11. 10 Kesimpulan Sloof

| Sloof | | | | | | | |
|------------|-----------|-----------------|-------|----------|-------|----------------|----------|
| Tipe Sloof | Dimensi | Tulangan Lentur | | | | Tulangan Geser | |
| | | Tumpuan | | Lapangan | | Tumpuan | Lapangan |
| | (mm) | Tarik | Tekan | Tarik | Tekan | | |
| S1 | 550 x 700 | 4D25 | 4D25 | 4D25 | 4D25 | Ø12-125 | Ø12-125 |
| S2 | 400 x 700 | 3D25 | 3D25 | 3D25 | 3D25 | Ø12-125 | Ø12-125 |
| S3 | 300 x 400 | 2D25 | 2D25 | 2D25 | 2D25 | Ø12-80 | Ø12-80 |

11.2 Saran

1. Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan (TAT), hendaknya untuk menyusun sistematika penyusunan TAT secara urut dan menyeluruh agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
2. Perlunya untuk mengumpulkan data perencanaan, mulai dari gambar arsitek dan struktur dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer dalam perencanaan perhitungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-02.2002. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Ashfahani, Hisyam. 2017. *Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya Menggunakan SRPMK dan Shearwall serta Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi*. Surabaya : ITS
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)*. Jakarta: BSN.

- Bimantara, Arya Javas. 2017. *Modifikasi Desain Struktur Gedung Hotel Swiss Bell-Inn Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Metode Pelaksanaan Bangunan Atas*. Surabaya : ITS.
- Husin, Nur Ahmad. 2015. *Struktur Beton*. Sidoarjo : Zifatama
- Imran, Iswandi., dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung : ITB
- Juwana, J.S. 2005. *Sistem Bangunan Tinggi*. Jakarta : Erlangga
- Pamungkas, Anugrah., dan Erny Harianty. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta : ANDI Yogyakarta.
- Purwono, Rachmat. 2010. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press.
- Setiawan, Rumagia Bangun. 2017. *Desain Struktur Gedung Venetian Menggunakan Metode SRPMK dan Rencana Anggaran Biaya Lt 2*. Surabaya : ITS.

<https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3721027/wajib-baca-ini-penjelasan-isu-gempa-akan-terjadi-di-surabaya>

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jombang, 12 Maret 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Tunas Bangsa, SD Negeri Jatibanjar II, SMP Negeri 1 Ploso, dan SMA Negeri Ploso. Setelah lulus dari sekolah menengah atas penulis melanjutkan studinya di program studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 1011141000020.

Penulis mengambil Bidang Bangunan Gedung di Program Studi DIV Teknik Sipil ITS. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh jurusan.

Penulis berharap agar Tugas Akhir Terapan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan juga bagi penulis sendiri. Apabila ada kesalahan dalam penulisan dan perhitungan adalah murni kesalahan penulis. Untuk itu jika ada yang ingin disampaikan lebih detail kepada penulis dapat menghubungi kontak berikut.

Email : dedysetia1996@gmail.com

No. Telp : 085708700202

LAMPIRAN 1
(BROSUR MATERIAL)

Brosur Genteng Royal

SPESIFIKASI TEKNIS

UKURAN STANDARD GENTENG ROYAL®

| | |
|---------------------|--|
| Tebal | : ± 2,6 mm |
| Lebar | : 1.04 Meter (efektif 0.96 Meter) |
| Panjang | : 1.98 Meter (efektif 1.76 Meter) |
| Luas/Lembar | : 2.06 M ² (efektif 1.69 M ²) |
| Jumlah Panel/lembar | : 6x9 panel (efektif 6x8 panel) |
| Berat | : ± 4,7 Kg/M ² |
| Sudut Kemiringan | : 30° |
| Overlap | : Top : 220 mm Side : 80 mm |

Pilihan warna



Merah Biru Hijau



(Ukuran lain/custom dapat dipesan dengan quantity order tertentu)

Brosur Dinding Bata Ringan



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

| | |
|-----------------|------------------------------------|
| Panjang, L (mm) | : 600 |
| Tinggi, H (mm) | : 200 ; 400 |
| Tebal, T (mm) | : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200 |

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Berat jenis kering, [ρ] | : 530 kg/m ³ |
| Berat jenis normal, [ρ] | : 600 kg/m ³ |
| Kuat tekan, [σ] | : ≥ 4,0 N/m ² |
| Konduktifitas termis, [λ] | : 0.14 w/mk |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tebal | mm | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
| Luas Dinding / m ³ | m ² | 13.33 | 10.00 | 8.00 | 6.67 | 5.71 | 5.00 |
| Isi / m ³ | Blok | 111.11 | 83.33 | 66.67 | 55.56 | 47.62 | 41.67 |

Brosur Acian dan Plaster



DINDING

◆ Plester D200



- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pakingan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak \pm 2-2,5 m²/10mm



40kg

Acian dinding dan plester



30kg

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak \pm 10-12 m²/2mm



30kg

◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak \pm 10-12 m²/2mm
- 5-7 hari bisa langsung di cat

Acian dinding plester dan beton



30kg

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak 9-12 m²/30 kg



20kg

◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak 9-11 m²/20 kg

◆ Thinbed 101 TB101



40kg

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak \pm 10-11 m²/3mm (40 kg) (ukuran blok 200x100 cm)
- Cepat dalam pengerjaannya

Khusus
Bata Ringan

◆ Plester Ringan 1.6 S150

- Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi
- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak \pm 4,5-6,5 m²/5-8mm (50 kg) (ukuran blok 200x100 cm)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll. 25kg 40kg
- Tebal aplikasi 3-15 mm



◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

Brosur Keramik



30 x 30



TECHNICAL DATA
Arwana Ceramic Tiles

| DESCRIPTION | UNIT | FLOOR TILE ARAWANA | ISO | UNIT | WALL TILE ARAWANA | ISO |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------------------|------------------|
| Size Tolerance | % | +/-0.5 | +/-0.8 | % | (-0.2 - (+0.52)) | (-0.3 - (+0.8)) |
| Thickness Tolerance | % | +/-4.0 | +/-5.0 | % | +/-4.0 | +/-10 |
| Rectangularity | % | +/-0.4 | +/-0.6 | % | +/-0.3 | +/-0.3 |
| Straightness of sides | % | +/-0.4 | +/-0.5 | % | +/-0.3 | +/-0.3 |
| Curvature | ° | | | | | |
| a. Center Curvature | % | +/-0.5 | +/-0.5 | mm | (-0.2 - (+ 0.8)) | (-0.2 - (+ 0.8)) |
| b. Edge Curvature | % | +/-0.5 | +/-0.5 | mm | (-0.2 - (+ 0.8)) | (-0.2 - (+ 0.8)) |
| c. Warpage | % | +/-0.5 | +/-0.5 | mm | 0.5 | 0.5 |
| Modulus of Rupture | kg/cm ² | min 200 | 180 | kg/cm ² | min 200 | min 150 |
| Water Absorption | % | 5 - 9 | 5<E<10 | % | >10 | >10 |
| Cracking Resistance | Required | Required | Required | Required | Required | Required |
| | | (5 bar) | (5 bar) | | (5 bar) | (5 bar) |

Arwana Ceramic tiles packing information

| SIZE (cm) | QTY./BOX | M ² /BOX | WT. KG/BOX |
|-------------|----------|---------------------|------------|
| 20cm x 20cm | 25 | 1 | 13-14 |
| 20cm x 25cm | 20 | 1 | 12 |
| 30cm x 30cm | 11 | 1 | 14-15 |
| 40cm x 40cm | 6 | 1 | 15.5-16.5 |



Contact us :

Head Office
PT. ARAWANA CERAMIK LIAISON
Surya Ningsi Pad. Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 12160
Jakarta 12160
Pho: +62 21 9320 2361
Fax: +62 21 9320 2361
E-mail: info@arawana.com
Website: www.arawana.com

Sole Distributor
PT. PRIMA KAWA KERAMIK
Surya Ningsi Pad. Indah Blok T2 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 12160
Pho: +62 21 9321 8318
Fax: +62 21 9321 8008
E-mail: info@pkk.arawana.com

Factories

PLANT I
PT. ARAWANA CERAMIK LIAISON
R. Raya Ningsi Kembang
Tangerang 13133, Banten
Pho: +62 21 930155 Fax: +62 21 930161
Email: info@arawana.com

PLANT II
PT. ARAWANA CERAMIK KERAMIK (INDO)
R. Raya Garuda, Dava Kaban Kiri 09
Cilandak - Serang, Banten
Pho: +62 214 400565-67 Fax: +62 214 400564
Email: info@pkk.arawana.com

PLANT III
PT. HINANG KAWA DUTA ARAWANA (INDO)
R. Widyadarmas Raya, No. 33
Dava Widyadarmas, Bk. Candiak
Jawa Timur
Pho: +62 31 892225-26 Fax: +62 31 8981679
Email: info@pkk.arawana.com

| DESCRIPTION | UNIT | FLOOR TILE ARAWANA | ISO | UNIT | WALL TILE ARAWANA | ISO |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------------------|------------------|
| Size Tolerance | % | +/-0.5 | +/-0.8 | % | (-0.2 - (+0.52)) | (-0.3 - (+0.8)) |
| Thickness Tolerance | % | +/-4.0 | +/-5.0 | % | +/-4.0 | +/-10 |
| Rectangularity | % | +/-0.4 | +/-0.6 | % | +/-0.3 | +/-0.3 |
| Straightness of sides | % | +/-0.4 | +/-0.5 | % | +/-0.3 | +/-0.3 |
| Curvature | ° | | | | | |
| a. Center Curvature | % | +/-0.5 | +/-0.5 | mm | (-0.2 - (+ 0.8)) | (-0.2 - (+ 0.8)) |
| b. Edge Curvature | % | +/-0.5 | +/-0.5 | mm | (-0.2 - (+ 0.8)) | (-0.2 - (+ 0.8)) |
| c. Warpage | % | +/-0.5 | +/-0.5 | mm | 0.5 | 0.5 |
| Modulus of Rupture | kg/cm ² | min 200 | 180 | kg/cm ² | min 200 | min 150 |
| Water Absorption | % | 5 - 9 | 5<E<10 | % | >10 | >10 |
| Cracking Resistance | Required | Required | Required | Required | Required | Required |
| | | (5 bar) | (5 bar) | | (5 bar) | (5 bar) |

Arwana Ceramic tiles packing information

| SIZE (cm) | QTY./BOX | M ² /BOX | WT. KG/BOX |
|-------------|----------|---------------------|------------|
| 20cm x 20cm | 25 | 1 | 13-14 |
| 20cm x 25cm | 20 | 1 | 12 |
| 30cm x 30cm | 11 | 1 | 14-15 |
| 40cm x 40cm | 6 | 1 | 15.5-16.5 |

Brosur Plafon

NOVEMBER 2014

Daftar Harga



Paper Bangunan Bebas Asbes

ARTISTIKA
Kalsi Indonesia

100% BEBAS ASBES
Sertifikasi ISO 9001:2008

KalsiReta 3^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 3.0 | 1000 | 1000 | 4.3 | 15,700 |
| 3.0 | 500 | 1000 | 2.2 | 8000 |
| 3.0 | 1000 | 2000 | 8.6 | 34,550 |
| 3.0 | 500 | 2000 | 4.3 | 15,850 |

KalsiBoard Ling 3.5^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 3.5 | 1200 | 2440 | 14.4 | 62,800 |
| 3.5 | 1200 | 2400 | 13.9 | 60,400 |

KalsiBoard Ling 4.5^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 4.5 | 1200 | 2440 | 19.0 | 86,550 |
| 4.5 | 1200 | 2400 | 18.4 | 83,350 |

KalsiBoard Ling 6^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 6.0 | 1200 | 2440 | 25.4 | 122,350 |
| 6.0 | 1200 | 2400 | 24.5 | 117,750 |
| 6.0 | 1200 | 2700 | 27.8 | 132,400 |
| 6.0 | 1200 | 3000 | 30.7 | 149,800 |

KalsiBoard Ling 8-R2^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2440 | 34.8 | 164,850 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 158,600 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 178,400 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 198,150 |

KalsiBoard Ling 8-R4^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2440 | 34.8 | 164,800 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 34.5 | 162,800 |

| | | | | |
|-----|------|------|------|---------|
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 137,200 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 30.7 | 152,500 |

KalsiPart 8^o Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2440 | 34.8 | 164,850 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 158,600 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 178,400 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 198,150 |

KalsiPart 8-R2^o Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2440 | 34.8 | 169,000 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 162,600 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 182,000 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 202,100 |

KalsiPart 8-R4^o Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2440 | 34.8 | 170,600 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 164,200 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 184,700 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 204,100 |

KalsiClad 10^o Dinding luar

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 10 | 1200 | 2440 | 43.5 | 208,000 |
| 10 | 1200 | 2400 | 42.1 | 200,100 |
| 10 | 1200 | 2700 | 47.3 | 228,100 |
| 10 | 1200 | 3000 | 52.6 | 250,100 |

KalsiClad 12^o Dinding luar

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 12 | 1200 | 2440 | 52.2 | 251,800 |
| 12 | 1200 | 2400 | 50.8 | 243,400 |
| 12 | 1200 | 2700 | 56.8 | 272,500 |
| 12 | 1200 | 3000 | 63.1 | 301,500 |

KalsiClad 8^o Papan aplikasi Basah

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 209,400 |

KalsiInor 20^o Lantai

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 20 | 1200 | 2400 | 84.11 | 863,000 |

KalsiPlank 8^o Siding plank & listplank

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 200 | 2400 | 5.6 | 31,500 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 7.9 | 39,300 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 8.4 | 47,100 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 10.5 | 58,900 |

KalsiPlank 8-Jali^o Siding plank & listplank

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 200 | 2400 | 5.6 | 33,000 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 7.9 | 41,300 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 10.5 | 62,000 |

KalsiPlank 12^o Siding plank & listplank

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 12 | 200 | 2400 | 8.4 | 46,400 |
| 12 | 300 | 3000 | 10.5 | 57,900 |
| 12 | 300 | 2400 | 12.6 | 69,300 |
| 12 | 300 | 3000 | 15.8 | 86,700 |

Produk pelengkap untuk pengikatan & penyelesaian akhir papan Kalsi

AKSESORIS BARU Ukuran standar Unit Harga (Rupiah)

KalsiFuring MCB^o 0.445x19x4000 1m²batang 27,500
100% serat karbon ultra kuat untuk menahan beban berat

KalsiFuring MJC^o 60x20x15 600 buah 2,200
100% serat karbon ultra kuat untuk menahan beban berat

KalsiFuring AMP^o 0.55x20x4000 1m²batang 14,850
100% serat karbon ultra kuat untuk menahan beban berat

KalsiFuring LB^o 40x20x20 1m²buah 1,850
1-Drafter untuk pengatur

KalsiFrame MT-51^o 0.45x1x25x2000 1m²batang 26,750
100% serat karbon ultra kuat

KalsiFrame MS-51^o 0.45x1x13x2000 1m²batang 35,000
100% serat karbon ultra kuat

KalsiVail 3-4.5^o 86 x 1 inch 3000 buah 82,500
100% serat karbon ultra kuat

KalsiScrew CE^o 86 x 1 inch 1000 buah 118,800
100% serat karbon ultra kuat

KalsiScrew PC^o 86 x 1 inch 1000 buah 336,000
100% serat karbon ultra kuat

KalsiScrew PL^o 86 x 1 1/4 inch 1000 buah 286,000
100% serat karbon ultra kuat

KalsiTape FG-50^o 50mmx50m Roll 28,750
100% serat karbon ultra kuat

KalsiGumpin IN-F^o 20 Kilogram (Kg) Zak 75,800
100% serat karbon ultra kuat

KalsiPart 8^o Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1220 | 2440 | 34.8 | 164,850 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 158,600 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 178,400 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 198,150 |

KalsiBoard Ling 4.5^o Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 4.5 | 1220 | 2440 | 19.0 | 86,550 |
| 4.5 | 1200 | 2400 | 18.4 | 83,350 |

*Harga yang opsional berdasarkan pesanan

*Harga yang opsional berdasarkan pesanan

*Harga yang opsional berdasarkan pesanan. *Papan aplikasi Kalsi & KalsiFuring per kg Rp 1200

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 32 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

| Size (mm) | Thickness Wall (t) | Cross Section (cm ²) | Section Inertia (cm ⁴) | Unit Weight (kg/m) | Class | Bending Moment | | Allowable Compression (ton) | Decompression Tension (ton) | Length of Pile ** (m) |
|-----------|--------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------|---------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | | | | | Crack [†] (tonm) | Break (tonm) | | | |
| 300 | 60 | 452.29 | 34,607.78 | 113 | A2 | 2.50 | 3.75 | 72.60 | 23.11 | 6-12 |
| | | | | | A3 | 3.00 | 4.50 | 70.75 | 29.86 | 6-13 |
| | | | | | B | 3.50 | 6.30 | 67.30 | 41.90 | 6-14 |
| | | | | | C | 4.00 | 8.00 | 65.40 | 49.00 | 6-15 |
| | | | | | | | | | | |
| 350 | 85 | 581.98 | 62,162.74 | 145 | A1 | 3.50 | 5.25 | 93.10 | 30.74 | 6-13 |
| | | | | | A3 | 4.20 | 6.30 | 89.20 | 37.20 | 6-14 |
| | | | | | B | 5.00 | 9.00 | 86.40 | 49.53 | 6-15 |
| | | | | | C | 6.00 | 12.00 | 85.00 | 60.87 | 6-16 |
| 400 | 72 | 765.76 | 106,488.95 | 191 | A2 | 3.50 | 8.25 | 121.10 | 38.02 | 6-14 |
| | | | | | A3 | 6.50 | 9.75 | 117.60 | 45.51 | 6-15 |
| | | | | | B | 7.50 | 13.50 | 114.40 | 70.27 | 6-16 |
| | | | | | C | 9.00 | 18.00 | 111.30 | 80.54 | 6-17 |
| | | | | | | | | | | |
| 400 | 80 | 829.91 | 106,370.38 | 232 | A1 | 7.50 | 11.25 | 148.30 | 39.28 | 6-14 |
| | | | | | A2 | 8.50 | 12.75 | 145.80 | 53.29 | 6-15 |
| | | | | | A3 | 10.00 | 15.00 | 143.80 | 66.57 | 6-16 |
| | | | | | B | 11.00 | 19.80 | 139.10 | 78.84 | 6-17 |
| | | | | | C | 12.50 | 25.00 | 134.90 | 100.45 | 6-18 |
| 500 | 90 | 1,159.25 | 255,324.30 | 290 | A1 | 10.50 | 15.75 | 185.30 | 54.56 | 6-15 |
| | | | | | A2 | 12.50 | 18.75 | 181.70 | 68.49 | 6-16 |
| | | | | | A3 | 14.00 | 21.00 | 178.20 | 88.00 | 6-17 |
| | | | | | B | 15.00 | 27.00 | 174.90 | 94.13 | 6-18 |
| | | | | | C | 17.00 | 34.00 | 169.00 | 122.04 | 6-19 |
| 600 | 100 | 1,370.80 | 310,308.81 | 393 | A1 | 17.00 | 25.50 | 252.70 | 70.52 | 6-16 |
| | | | | | A2 | 19.00 | 28.50 | 249.00 | 77.08 | 6-17 |
| | | | | | A3 | 22.00 | 33.00 | 245.20 | 104.94 | 6-18 |
| | | | | | B | 25.00 | 43.00 | 238.30 | 131.10 | 6-19 |
| | | | | | C | 29.00 | 58.00 | 229.30 | 163.67 | 6-20 |
| 800 | 120 | 2,563.54 | 1,527,889.60 | 641 | A1 | 40.00 | 60.00 | 415.00 | 119.34 | 6-20 |
| | | | | | A2 | 40.00 | 69.00 | 406.10 | 151.02 | 6-21 |
| | | | | | A3 | 51.00 | 76.50 | 398.17 | 171.18 | 6-22 |
| | | | | | B | 55.00 | 99.00 | 388.01 | 215.80 | 6-23 |
| | | | | | C | 65.00 | 130.00 | 368.17 | 290.82 | 6-24 |
| 1000*** | 140 | 3,782.48 | 3,589,571.20 | 946 | A1 | 75.00 | 112.50 | 613.52 | 169.81 | 6-22 |
| | | | | | A2 | 82.00 | 123.00 | 601.27 | 215.16 | 6-23 |
| | | | | | A3 | 93.00 | 139.50 | 589.66 | 258.19 | 6-24 |
| | | | | | B | 105.00 | 189.00 | 575.33 | 311.26 | 6-24 |
| | | | | | C | 120.00 | 240.00 | 555.23 | 385.70 | 6-24 |
| 1200*** | 150 | 4,948.01 | 6,938,136.85 | 1,237 | A1 | 120.00 | 180.00 | 802.80 | 221.30 | 6-24 |
| | | | | | A2 | 130.00 | 195.00 | 794.30 | 252.10 | 6-24 |
| | | | | | A3 | 145.00 | 217.50 | 778.60 | 311.00 | 6-24 |
| | | | | | B | 170.00 | 306.00 | 751.90 | 409.60 | 6-24 |
| | | | | | C | 200.00 | 400.00 | 721.20 | 522.20 | 6-24 |

Note : [†]) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

Unit Conversion : 1 ton = 9.8000 kN

***) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

****) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamino Shoe



Modern elevators with safety, reliability and efficiency

PASSENGER ELEVATORS

 HYUNDAI ELEVATOR

Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

(Unit:mm)

| Speed (m/sec) | Capacity | | Opening Type | Clear Opening | Car | | Hoistway Size | | | Machine Room Size | | | M/C Room Reaction (kg) | | Pit Reaction (kg) | | |
|---------------|----------|-----------|--------------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|------|-------|-------------------|------|-------|------------------------|-------|-------------------|-------|----|
| | Persons | kg | | | OP | Internal | External | 1Car | 2Cars | Depth | 1Car | 2Cars | Depth | R1 | R2 | R3 | R4 |
| | | | | | | CA × CB | A × B | X1 | X2 | Y | MX1 | MX2 | MY | | | | |
| 1.0 | 6 | 450 | 2Panel Center Open | 800 | 1400x850 | 1460 x 1005 | 1800 | 3700 | 1450 | 2000 | 4000 | 3200 | 3600 | 2000 | 5400 | 4500 | |
| | 8 | 550 | | 800 | 1400 x 1030 | 1460 x 1185 | 1800 | 3700 | 1650 | 2000 | 4000 | 3400 | 4050 | 2250 | 6000 | 4900 | |
| | 9 | 600 | | 800 | 1400 x 1130 | 1460 x 1285 | 1800 | 3700 | 1750 | 2000 | 4000 | 3500 | 4100 | 2450 | 6300 | 5100 | |
| | 10 | 700 | | 800 | 1400 x 1250 | 1460 x 1405 | 1800 | 3700 | 1850 | 2000 | 4000 | 3600 | 4200 | 2700 | 6800 | 5400 | |
| | 11 | 750 | | 800 | 1400 x 1350 | 1460 x 1505 | 1800 | 3700 | 1950 | 2000 | 4000 | 3700 | 4550 | 2800 | 7100 | 5600 | |
| 1.5 | 13 | 900 | | 900 | 1600 x 1350 | 1660 x 1505 | 2050 | 4200 | 1950 | 2300 | 4400 | 3750 | 5100 | 3750 | 8100 | 6300 | |
| | 15 | 1000 | | 900 | 1600 x 1500 | 1660 x 1655 | 2050 | 4200 | 2100 | 2300 | 4400 | 3850 | 5450 | 4300 | 8600 | 6600 | |
| | 17 | 1150 | | 1000 | 1800 x 1500 | 1900 x 1670 | 2350 | 4800 | 2200 | 2600 | 4900 | 3900 | 6600 | 5100 | 11000 | 8700 | |
| 1.75 | | 1350 | | 1100 | 2000x1350 | 2100 x 1520 | 2550 | 5200 | 2050 | 2800 | 5250 | 3800 | | | | | |
| | 1000 | | | 1800x1700 | 1900 x 1870 | 2350 | 4800 | 2400 | 2600 | 4900 | 4200 | 7800 | 6000 | 12200 | 9500 | | |
| | 1100 | 2000x1500 | | 2100 x 1670 | 2550 | 5200 | 2200 | 2800 | 5250 | 4000 | | | | | | | |
| | 24 | 1600 | | 1100 | 2000x1750 | 2100 x 1920 | 2550 | 5200 | 2450 | 2900 | 5400 | 4300 | 8500 | 6800 | 13600 | 10400 | |
| | | | | | 2150 x 1600 | 2250 x 1770 | 2700 | 5500 | 2300 | 3000 | 5650 | 4200 | | | | | |

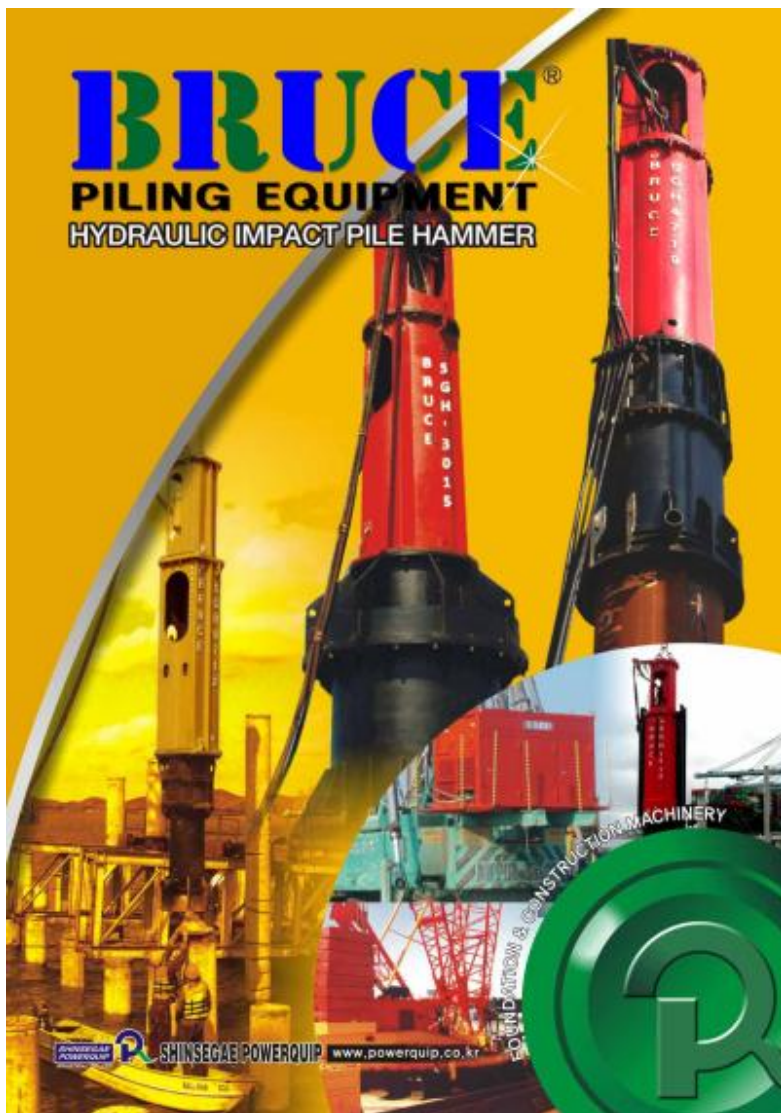
Overhead & Pit Depth

(Unit:mm)

| Load (kg) | 450 - 1000 | | 1150 - 1600 | | M/C Room Height (MH) | |
|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------------|----------------|
| | Speed (m/sec) | Overhead (OH) | Pit Depth (PP) | Overhead (OH) | | Pit Depth (PP) |
| 1.0 | | 4200 | 1300 | 4200 | 1400 | 2200 |
| 1.5 | | 4400 | 1400 | 4400 | 1500 | 2000 |
| 1.75 | | 4500 | 1500 | 4500 | 1600 | |
| 2.0 | | 4700 | 1600 | 4700 | 2000 | 2000 |
| 2.5 | | 5000 | 2200 | 5000 | 2200 | |

BRUCE[®]

PIILING EQUIPMENT
HYDRAULIC IMPACT PILE HAMMER



SHINSEGAE POWERQUIP

www.powerquip.co.kr

FOUNDATION & CONSTRUCTION MACHINERY

SPECIFICATION

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bruce Hammer Series | SGH | 0212 | 0312 | 0412 | 0512 | 0712 | 0715 | 1012 | 1015 | 1212 | 1215 | 1312 | 1315 | 1412 | 1415 |
|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

* Model Name Meaning : ex) SGH-3012 30: Ram Weight, 12:-1,2m Stroke

OPERATING DATA

| Bruce Hammer Series | SGH | 0212 | 0312 | 0412 | 0512 | 0712 | 0715 | 1012 | 1015 | 1212 | 1215 | 1312 | 1315 | 1412 | 1415 |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ram Weight | (ton) | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 7 | 10 | 10 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 |
| | (lbf) | 4409 | 6614 | 8819 | 11023 | 15432 | 15432 | 22048 | 22048 | 26455 | 26455 | 28659 | 28659 | 30865 | 30865 |
| Minimum Stroke | (mm) | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| | (inch) | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 |
| Maximum Stroke | (mm) | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1500 | 1300 | 1300 | 1300 | 1500 | 1200 | 1500 | 1200 | 1500 |
| | (ft) | 3.94 | 3.94 | 3.94 | 3.94 | 3.94 | 4.92 | 3.94 | 4.92 | 3.94 | 4.92 | 3.94 | 4.92 | 3.94 | 4.92 |
| | (ftour) | 2.4 | 3.6 | 4.8 | 6.0 | 8.4 | 9.5 | 12.0 | 15.0 | 14.4 | 16 | 15.6 | 19.5 | 16.8 | 21.0 |
| Max. Potential Energy | (kJ) | 17359 | 26038 | 34718 | 43397 | 60756 | 75946 | 86794 | 108514 | 104153 | 115748 | 112635 | 141045 | 121511 | 151893 |
| | (kcal) | 24 | 35.3 | 47.1 | 59 | 85 | 103 | 118 | 147 | 141 | 157 | 153 | 191 | 168 | 206 |
| Box Rate at Max. stroke | (bpm) | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 38 | 38 | 35 | 38 | 38 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Operating Pressure | (bar) | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | (psi) | 3337 | 3337 | 3337 | 3337 | 3337 | 3337 | 3627 | 3627 | 3627 | 3627 | 3627 | 3627 | 3627 | 3627 |
| Required Flow Rate | (lpm) | 100 | 100 | 123 | 190 | 190 | 230 | 260 | 296 | 229 | 370 | 320 | 370 | 320 | 370 |
| | (gpm) | 26 | 26 | 33 | 50 | 50 | 61 | 69 | 78 | 60 | 98 | 85 | 98 | 85 | 98 |

DIMENSIONS

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Overall Length (L) *1 | (mm) | 4675 | 5060 | 5440 | 5482 | 5712 | 6312 | 5910 | 6510 | 7000 | 7600 | 8780 | 9390 | 6585 | 7195 |
| w/o Pile Cap | (ft) | 15.3 | 16.6 | 17.9 | 18.0 | 18.7 | 20.7 | 19.4 | 21.4 | 23.0 | 25.0 | 28.9 | 30.8 | 21.6 | 23.6 |
| Overall Width (W) | (mm) | 908 | 1195 | 1195 | 1307 | 1307 | 1307 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1470 | 1470 | 1470 | 1470 |
| w/o Pile Cap | (ft) | 3.0 | 3.9 | 3.9 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 4.8 |
| Overall Height (H) | (mm) | 249 | 1016 | 1016 | 1125 | 1157 | 1157 | 1280 | 1280 | 1280 | 1280 | 1610 | 1610 | 1610 | 1610 |
| w/o Pile Cap | (ft) | 4.1 | 3.3 | 3.3 | 3.7 | 3.8 | 3.8 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 |

FIXED LEADER GUIDE & LEADS

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------------------|----|----|---------------------|----|----|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Leader Guide (Round Type) | (mm) | 330 x ϕ 70 | | | | | | 600 x ϕ 101.6 | | | | | | | |
| Leader Guide (Square Type) | (mm) | \square 80 x 400 | | | \square 100 x 600 | | | \square 120 x 720 | | | | | | | |
| U Type Leads | (inch) | 27 | 27 | 27 | 33 | 33 | 33 | 50 | 50 | 50 | 50 | 57 | 57 | 57 | 57 |

*1. The overall length of hammer is not included the length of pile skirt or pile cap.

*2. Others shape or dimension can be modified upon request. Long Pile Skirt Type and Offshore Leader Type for crane suspended are available.

WEIGHTS

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Weight with Drive Cap | (kg) | 4300 | 5600 | 7000 | 9500 | 13000 | 13500 | 16500 | 17000 | 18600 | 19210 | 22000 | 22500 | 24500 | 25000 |
| | (lbf) | 9490 | 12346 | 15432 | 20944 | 28660 | 29762 | 36376 | 37479 | 41009 | 41003 | 48502 | 49604 | 54013 | 55115 |
| Suitable Power Pack Series | | PQ-150 | PQ-150 | PQ-150 | PQ-200 | PQ-200 | PQ-250 | PQ-250 | PQ-250 | PQ-250 | PQ-300 | PQ-250 | PQ-300 | PQ-250 | PQ-300 |

* The dimension and weights are referred to fixed leader type or short skirt type for model range from SGH-0212 to SGH-3015.

* The dimension and weights are referred to long skirt type for model range from SGH-3512 to SGH-8015

* The others ram weight and energy required can be supplied upon request.

* We reserve the right to make modifications of spec. without prior notice.

LAMPIRAN 2
(DATA TANAH)



LAMPIRAN GAMBAR TEKNIK PROPOSAL PROYEK AKHIR TERAPAN-RC14-6599

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK-PELAT LANTAI

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

Dosen Pembimbing:
Ir. Sungkono, CES.

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

DAFTAR GAMBAR

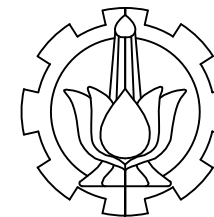
| KODE GAMBAR | NAMA GAMBAR | NOMOR GAMBAR |
|---------------------|----------------------------|--------------|
| DENAH LANTAI | | |
| ARS | Denah Lantai 1 | 1 |
| ARS | Denah Lantai 2 | 2 |
| ARS | Denah Lantai 3 | 3 |
| ARS | Denah Lantai 4 | 4 |
| ARS | Denah Lantai 5 | 5 |
| ARS | Denah Lantai 6 | 6 |
| ARS | Denah Lantai 7 | 7 |
| ARS | Denah Lantai 8 | 8 |
| ARS | Denah Lantai 9 | 9 |
| TAMPAK | | |
| ARS | Tampak Selatan | 10 |
| ARS | Tampak Barat | 11 |
| ARS | Tampak Utara | 12 |
| ARS | Tampak Timur | 13 |
| POTONGAN | | |
| ARS | Potongan A-A | 14 |
| ARS | Potongan B-B & C-C | 15 |
| ARS | Potongan D-D | 16 |
| TANGGA | | |
| STR | Denah Rencana Tangga 1 & 2 | 17 |
| STR | Penulangan Tangga 1 | 18 |
| STR | Penulangan Tangga 2 | 19 |

| KODE GAMBAR | NAMA GAMBAR | NOMOR GAMBAR |
|-----------------------|----------------------------------|--------------|
| STRUKTUR PELAT | | |
| STR | Denah Pelat Lantai 2-5 | 20 |
| STR | Denah Pelat Lantai 6-8 & 9 | 21 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 1 | 22 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 2 | 23 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 3 | 24 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 4 | 25 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 5 | 26 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 6 | 27 |
| STR | Detail Penulangan Pelat Segmen 7 | 28 |
| STRUKTUR BALOK | | |
| STR | Denah Sloof | 29 |
| STR | Denah Pembalokan Lantai 2-5 | 30 |
| STR | Denah Pembalokan Lantai 6 | 31 |
| STR | Denah Pembalokan Lantai 7-8 | 32 |
| STR | Denah Pembalokan Lantai 9 | 33 |
| STR | Penulangan Balok B1-B4 | 34 |
| STR | Penulangan Balok Sloof S1-S3 | 35 |
| STR | Detail Penulangan Balok B1 | 36 |
| STR | Detail Penulangan Balok B2 | 37 |
| STR | Detail Penulangan Balok B3 | 38 |
| STR | Detail Penulangan Balok B4 | 39 |
| STR | Detail Penulangan Balok Lift | 40 |

DAFTAR GAMBAR

| KODE GAMBAR | NAMA GAMBAR | NOMOR GAMBAR |
|----------------|----------------------------------|--------------|
| STR | Detail Penulangan Balok Bordes | 41 |
| STR | Detail Penulangan Balok Sloof S1 | 42 |
| STR | Detail Penulangan Balok Sloof S2 | 43 |
| STR | Detail Penulangan Balok Sloof S3 | 44 |
| STRUKTUR KOLOM | | |
| STR | Denah Kolom Lantai 1-5 | 45 |
| STR | Denah Kolom Lantai 6-8 | 46 |
| STR | Denah Kolom Lantai 9 | 47 |
| STR | Penulangan Kolom K1 | 48 |
| STR | Penulangan Kolom K2 | 49 |
| PONDASI | | |
| STR | Denah Rencana Pondasi | 50 |
| STR | Detail Penulangan Pondasi 1 | 51 |
| STR | Detail Penulangan Pondasi 2 | 52 |
| STR | Detail Penulangan Pondasi 3 & 4 | 53 |
| STR | Detail Penulangan Pondasi 5 & 6 | 54 |
| STR | Detail Penulangan Pondasi 7 & 8 | 55 |
| ATAP | | |
| STR | Denah Rencana Atap | 56 |
| STR | Detail Kuda-kuda | 57 |
| STR | Detail Sambungan A | 58 |
| STR | Detail Sambungan B | 59 |

| KODE GAMBAR | NAMA GAMBAR | NOMOR GAMBAR |
|-------------|------------------------------|--------------|
| PORTAL | | |
| STR | Portal Memanjang & Melintang | 60 |
| STR | Detail Portal Melintang | 61 |
| STR | Detail Portal Memanjang | 62 |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

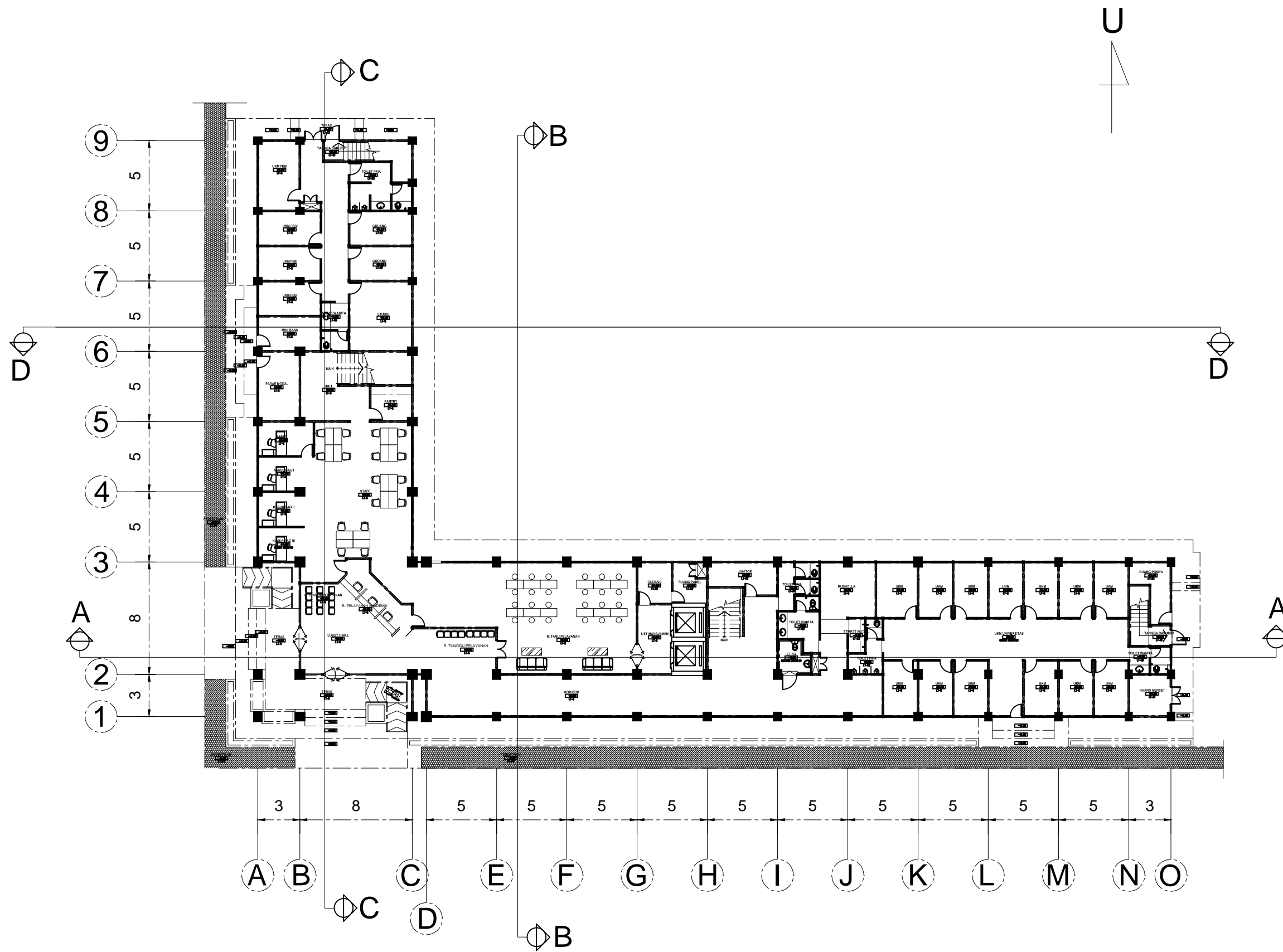
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

01

62



DENAH LANTAI 1
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

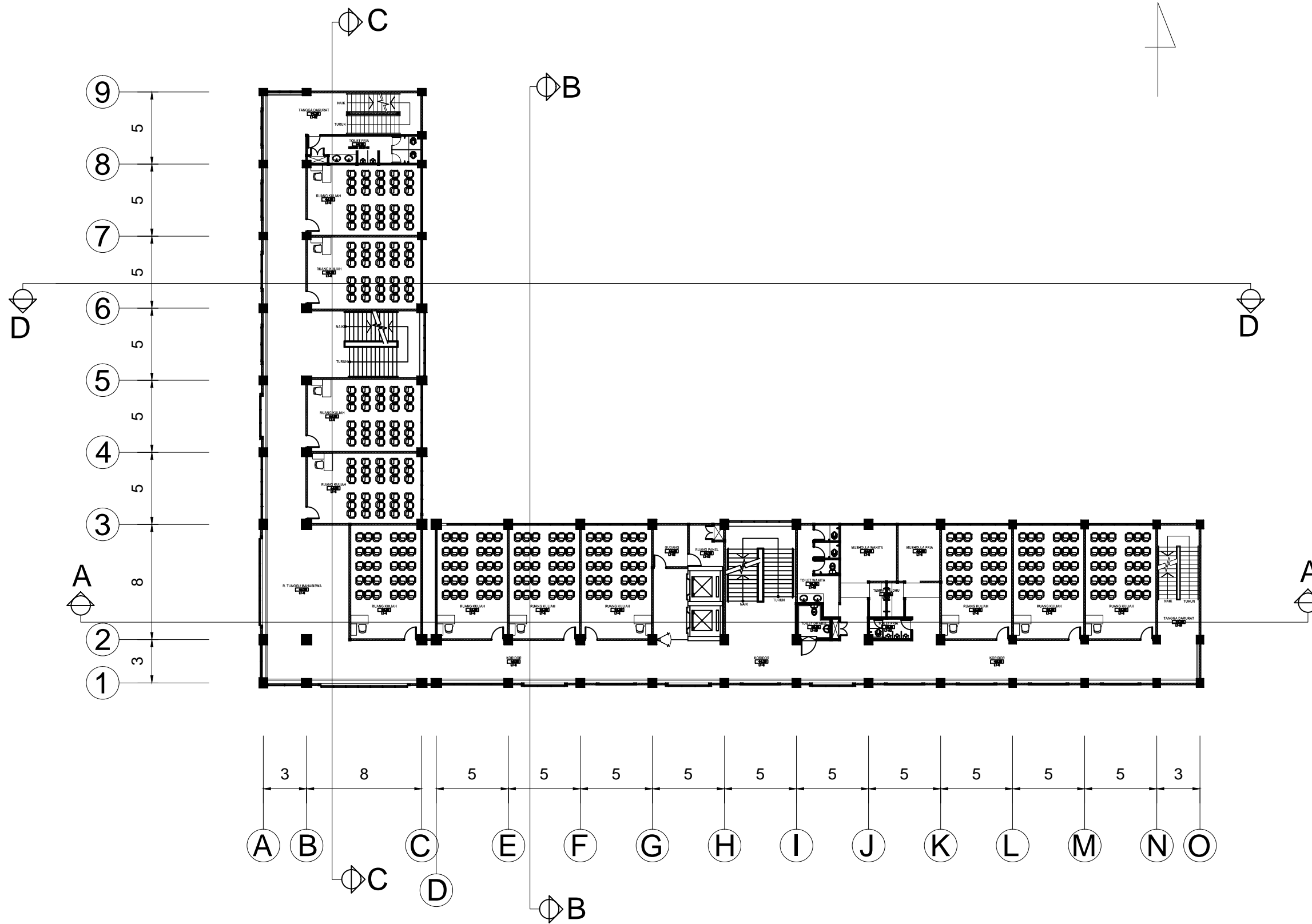
1 : 300

NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

02

62



DENAH LANTAI 2
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

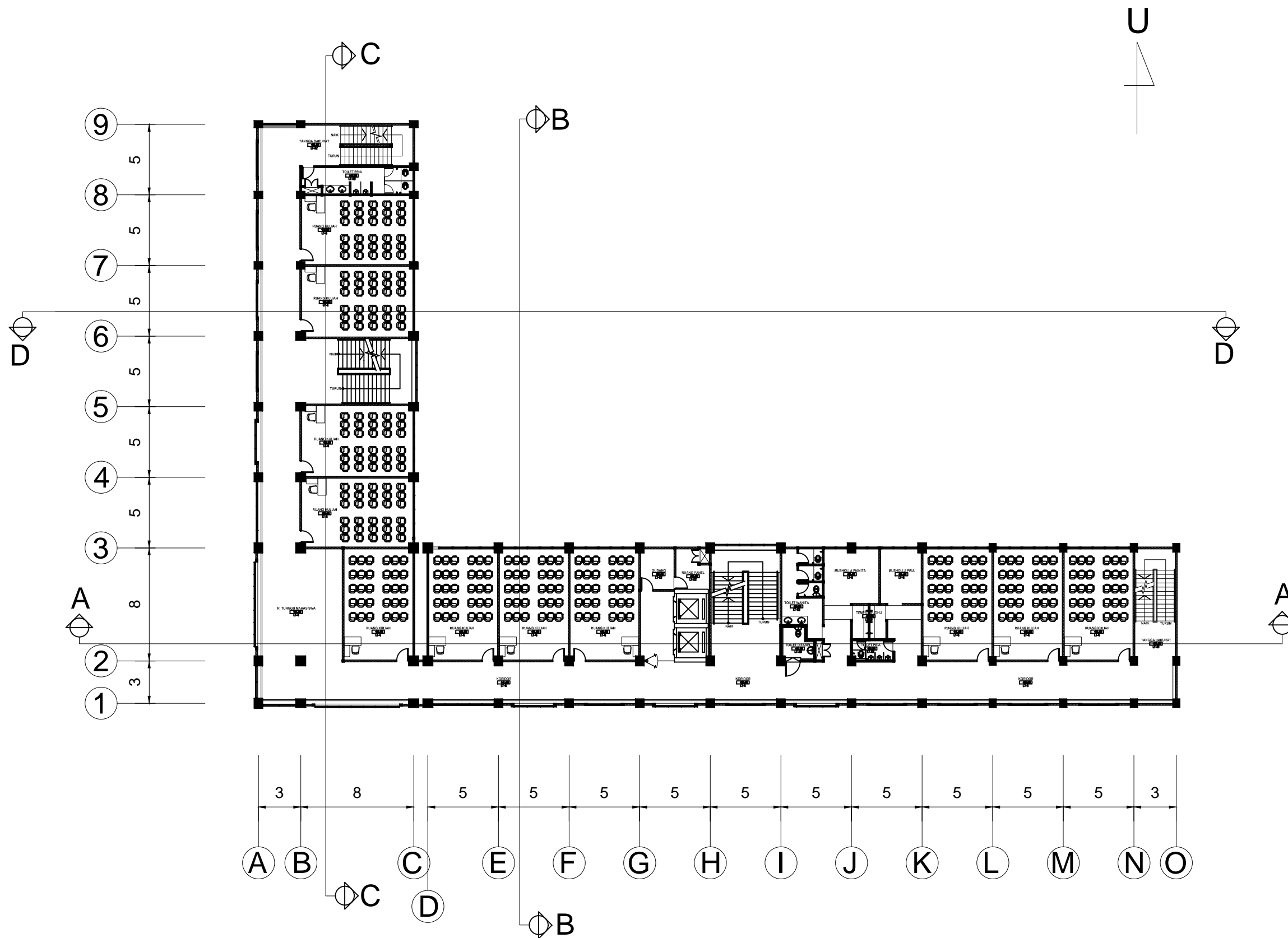
1 : 300

NO GAMBAR

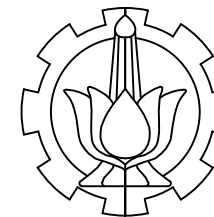
JUMLAH GAMBAR

03

62



DENAH LANTAI 3
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

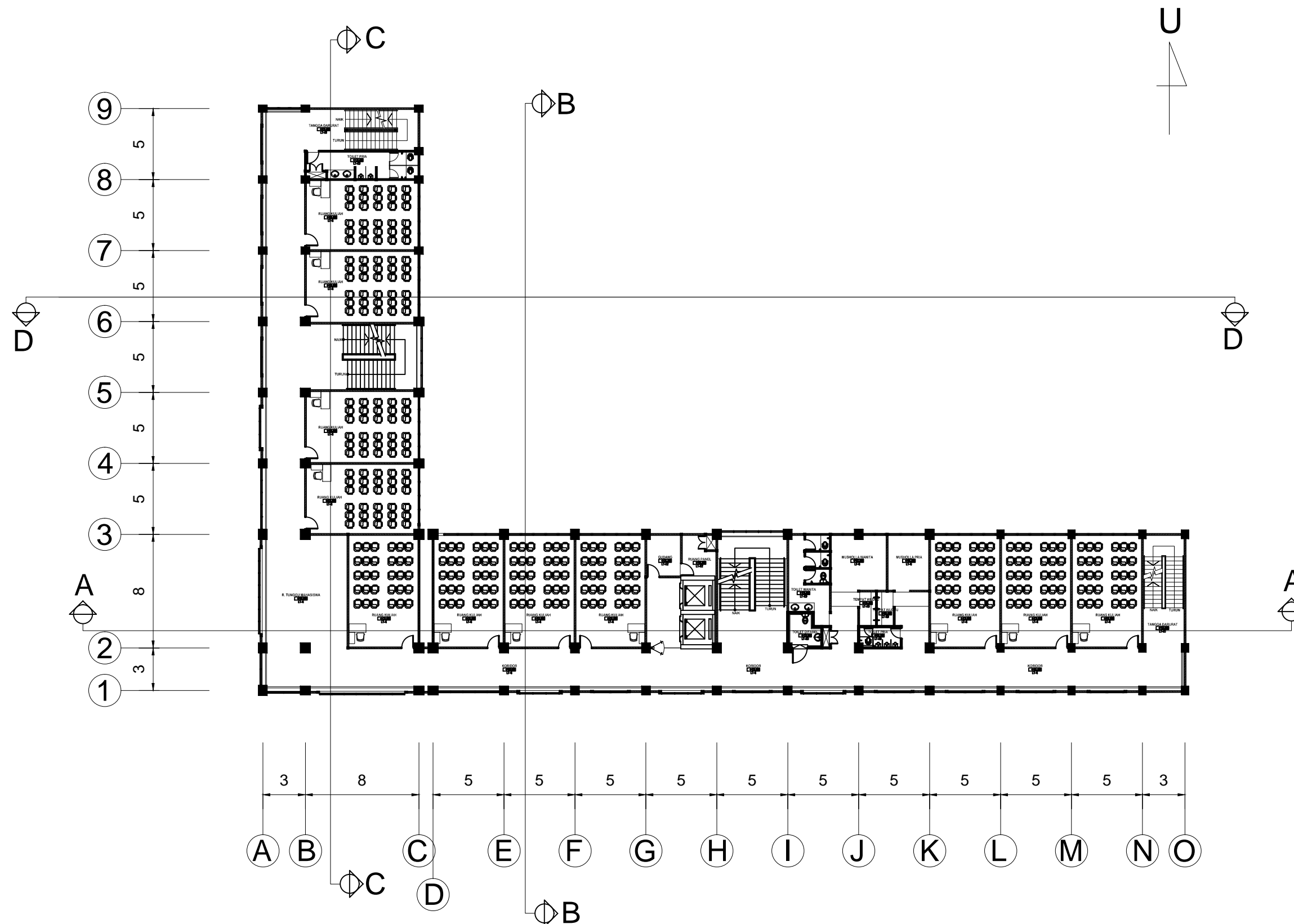
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

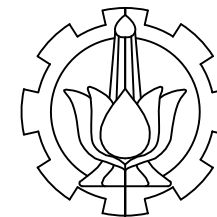
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 4

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 04 | 62 |



DENAH LANTAI 4
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

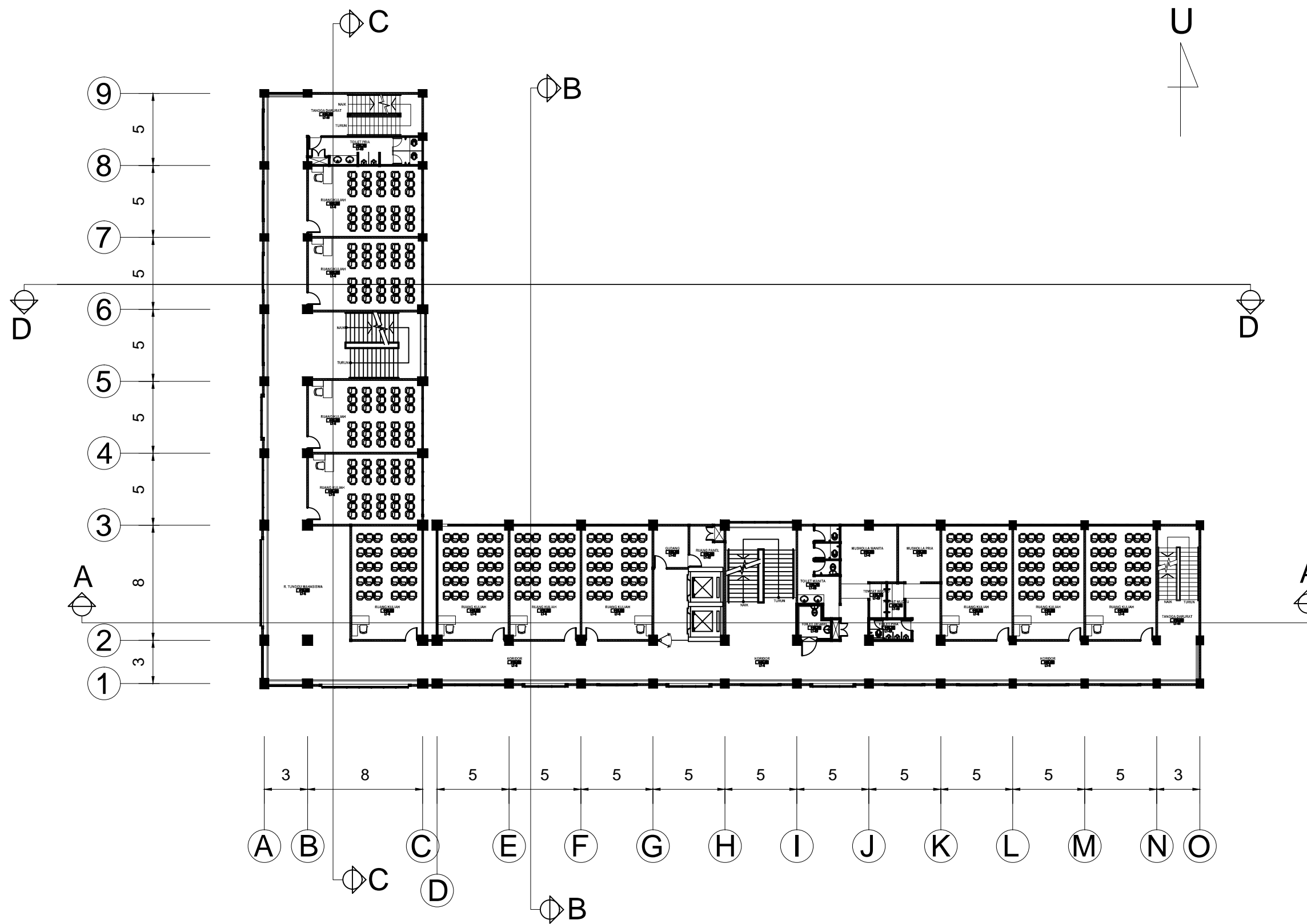
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

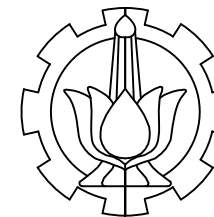
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 5

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 05 | 62 |



DENAH LANTAI 5
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 6

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

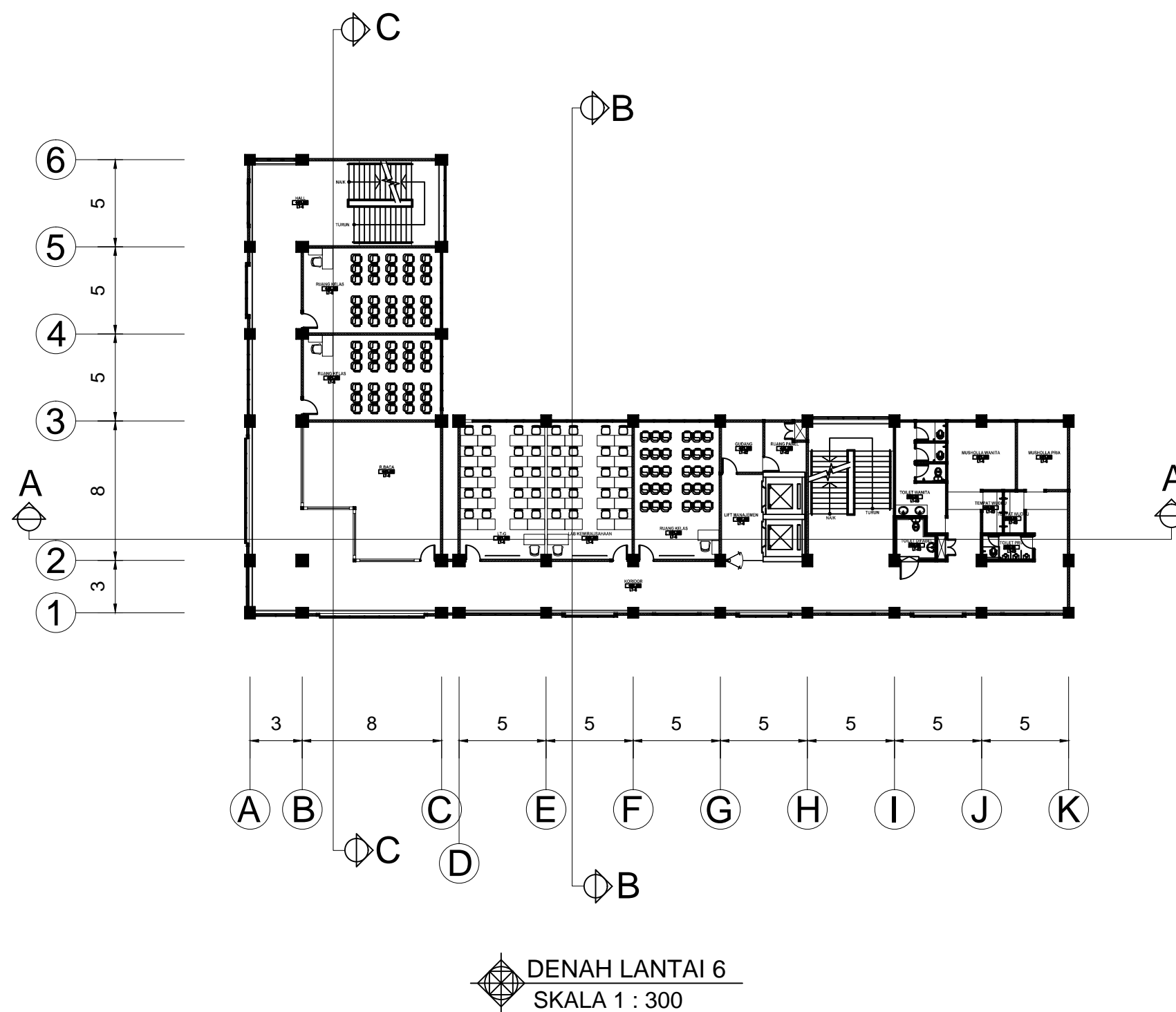
1 : 300

NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

06

62





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 7

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

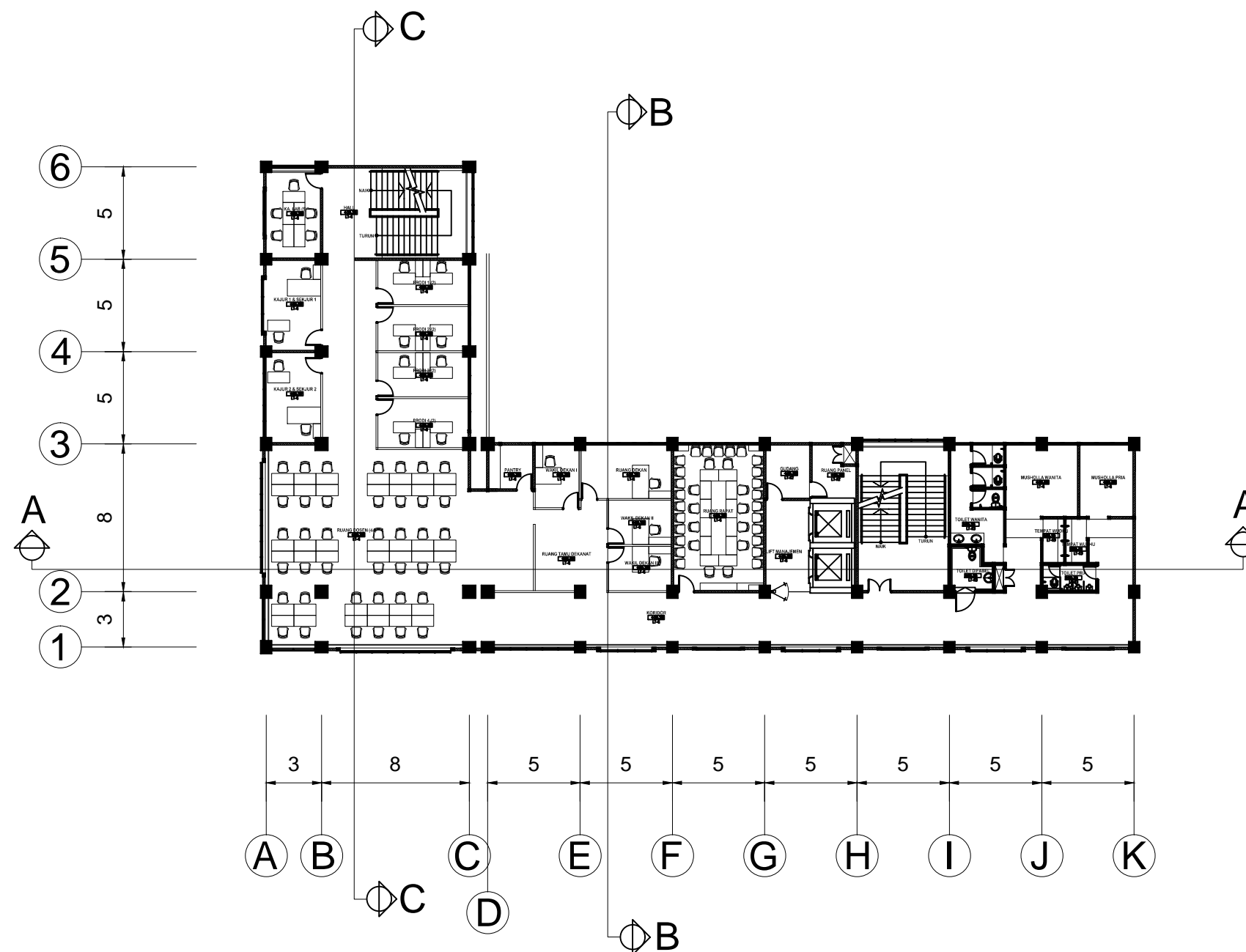
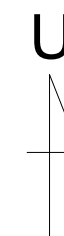
1 : 300

NO GAMBAR

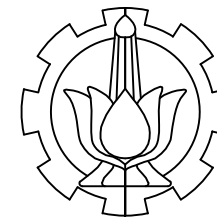
JUMLAH GAMBAR

07

62



DENAH LANTAI 7
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 8

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

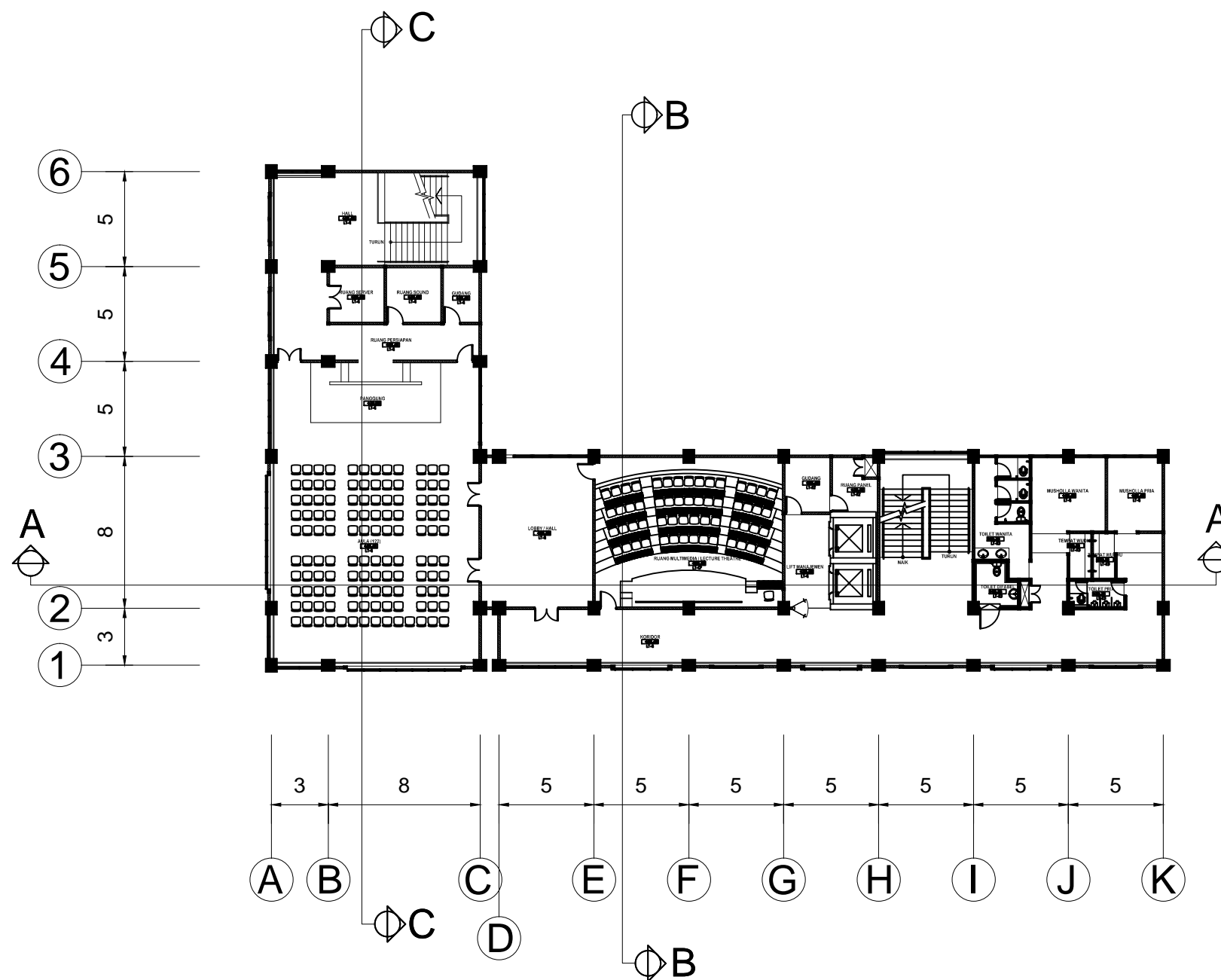
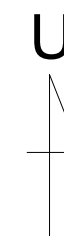
1 : 300

NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

08

62



DENAH LANTAI 8
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

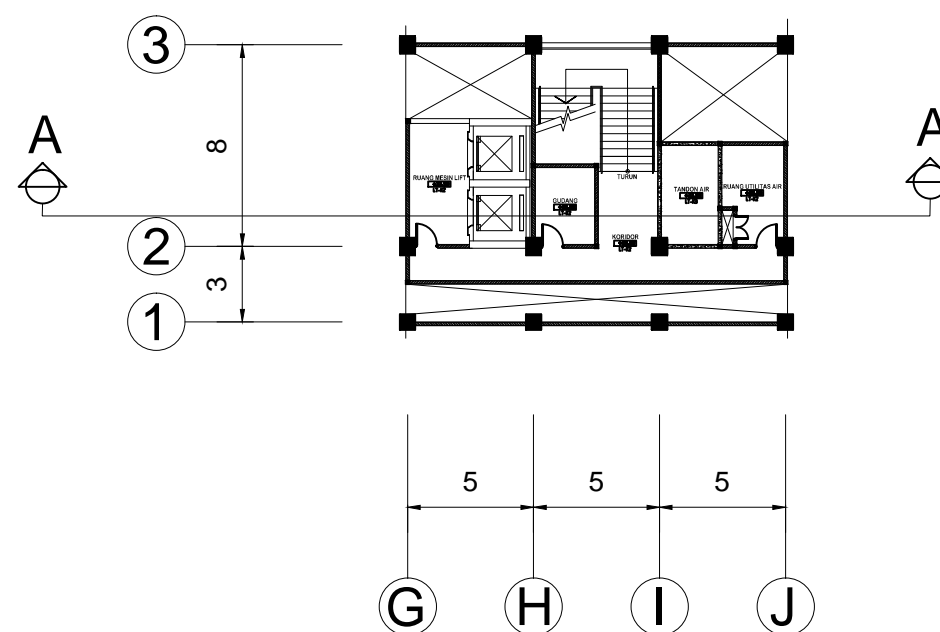
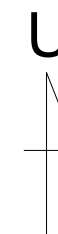
KETERANGAN


FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 9

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 09 | 62 |



 DENAH LANTAI 9
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

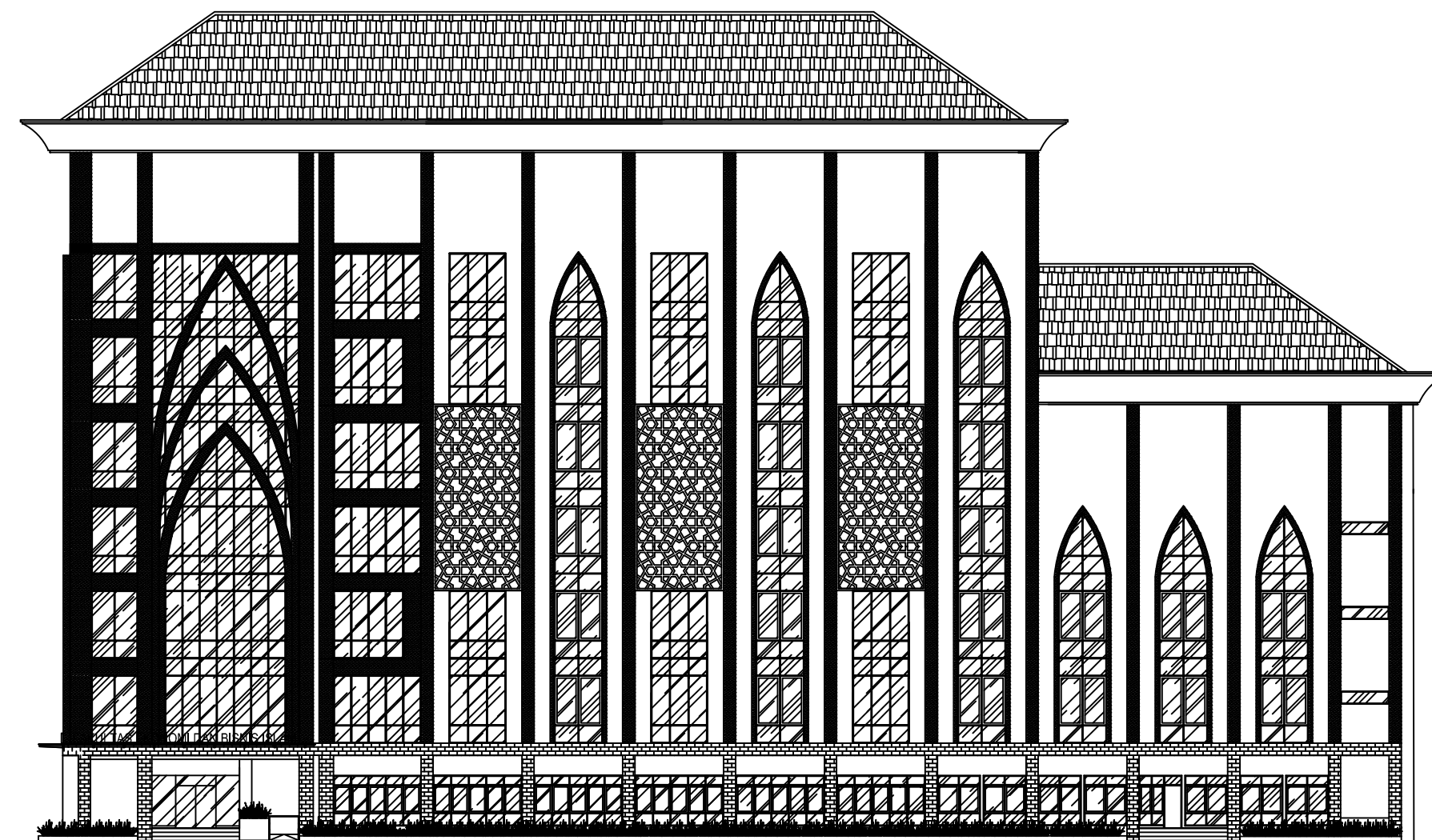
1 : 300


NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

10

62



 TAMPAK SELATAN
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

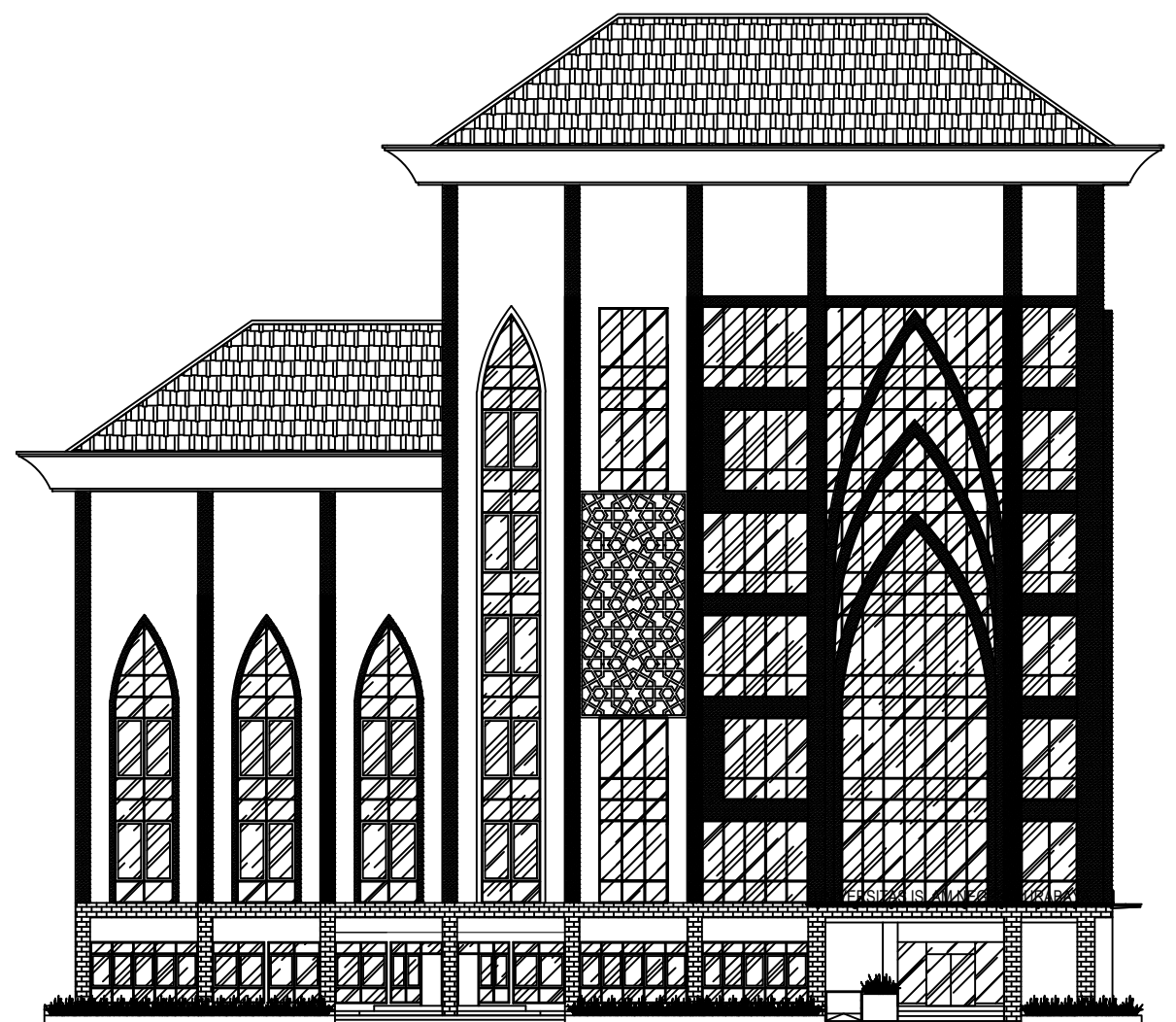
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 11 | 62 |



 TAMPAK BARAT
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

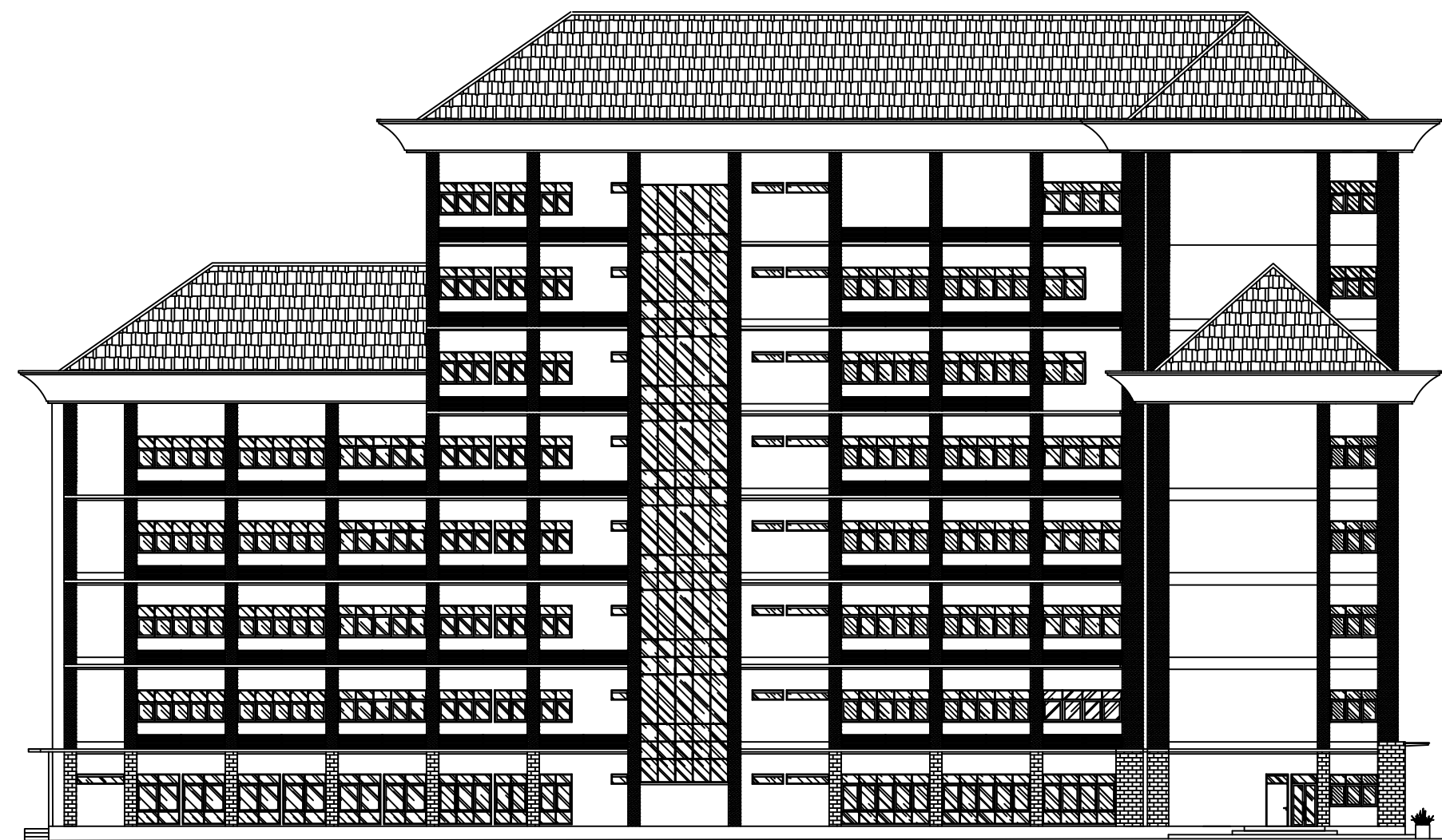
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

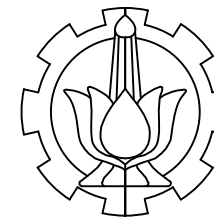
NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 12 | 62 |



 TAMPAK UTARA
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

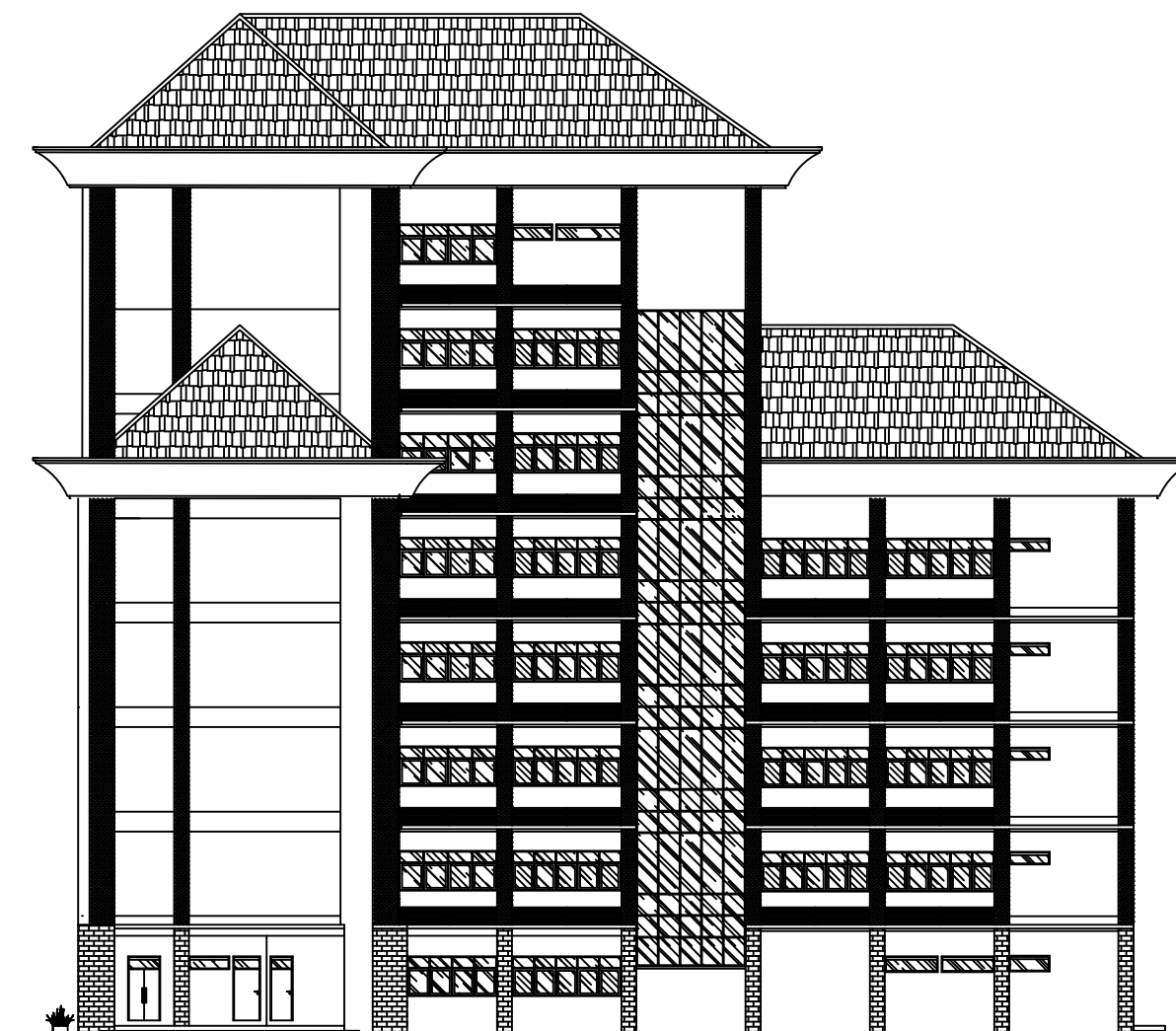
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 13 | 62 |



 TAMPAK TIMUR
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

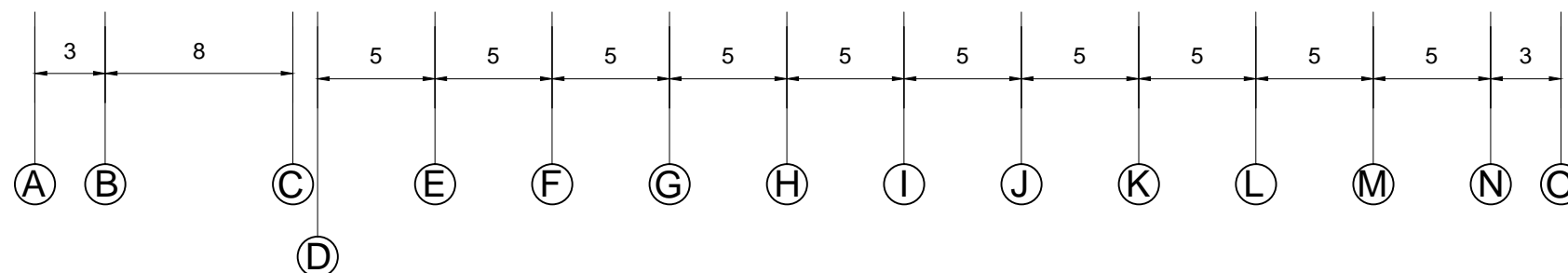
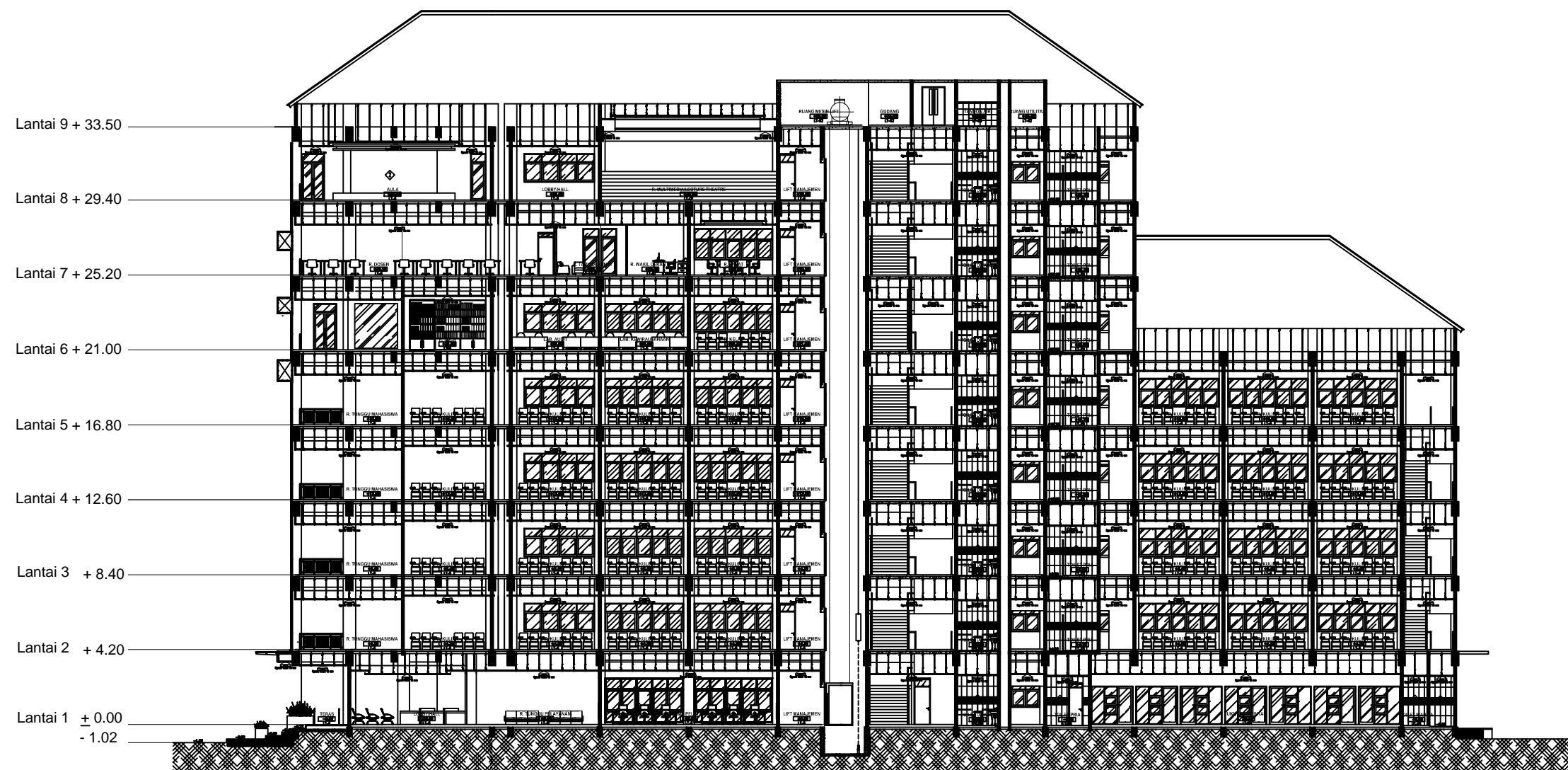
1 : 300

NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

14

62



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

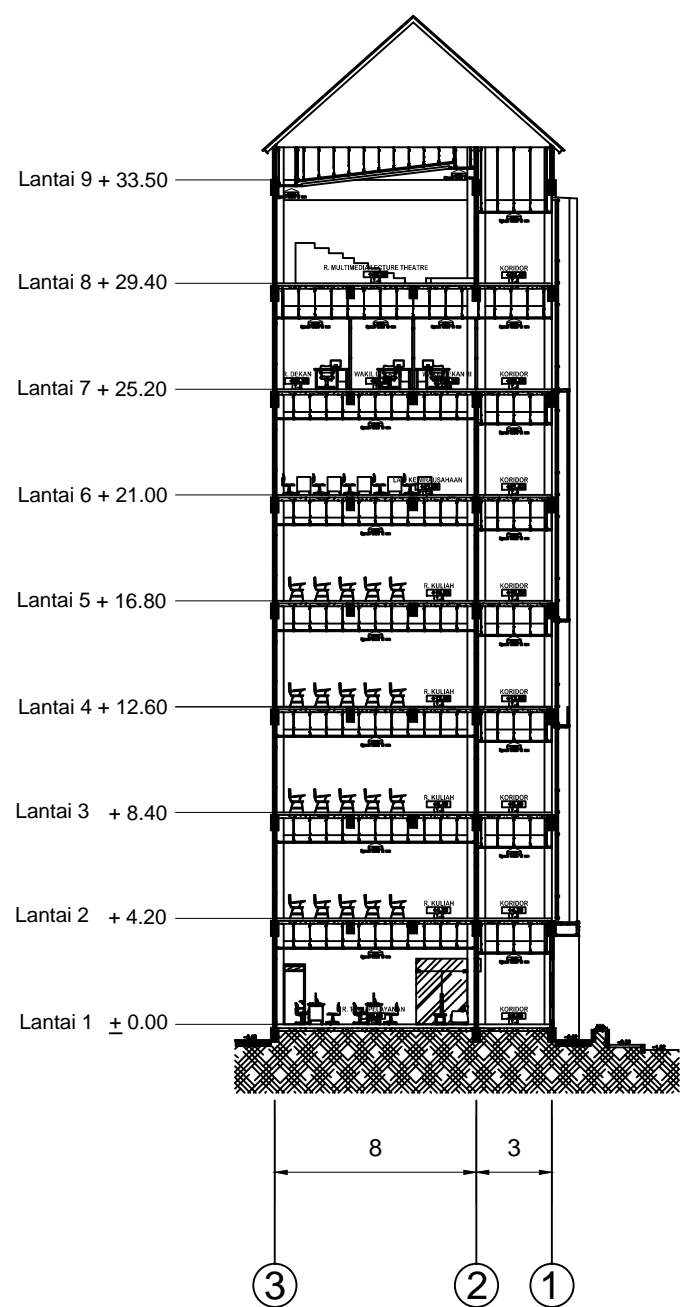
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

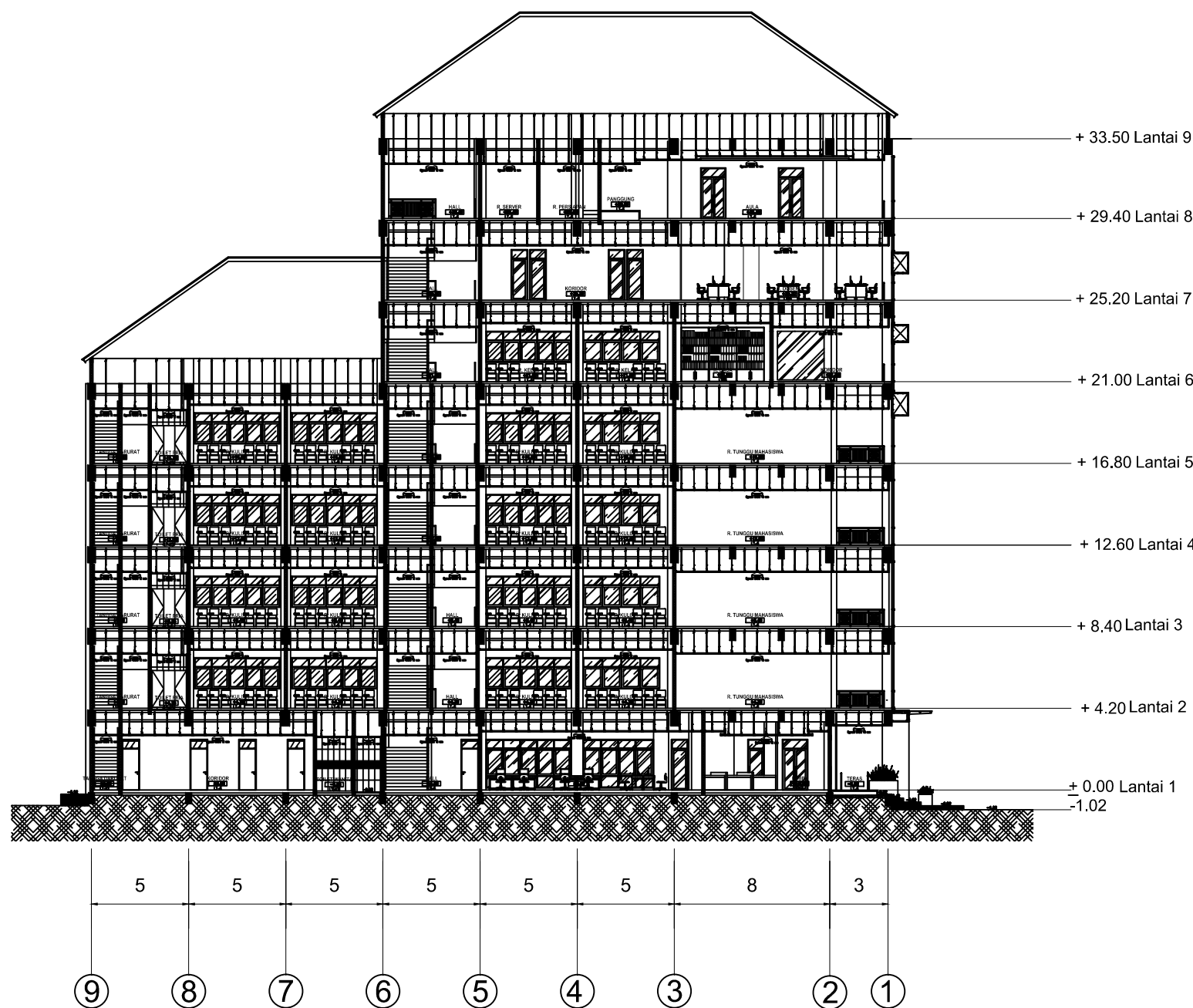
**POTONGAN B-B
 POTONGAN C-C**

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| ARS | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

15 **62**



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 300



POTONGAN C-C
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN D-D

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

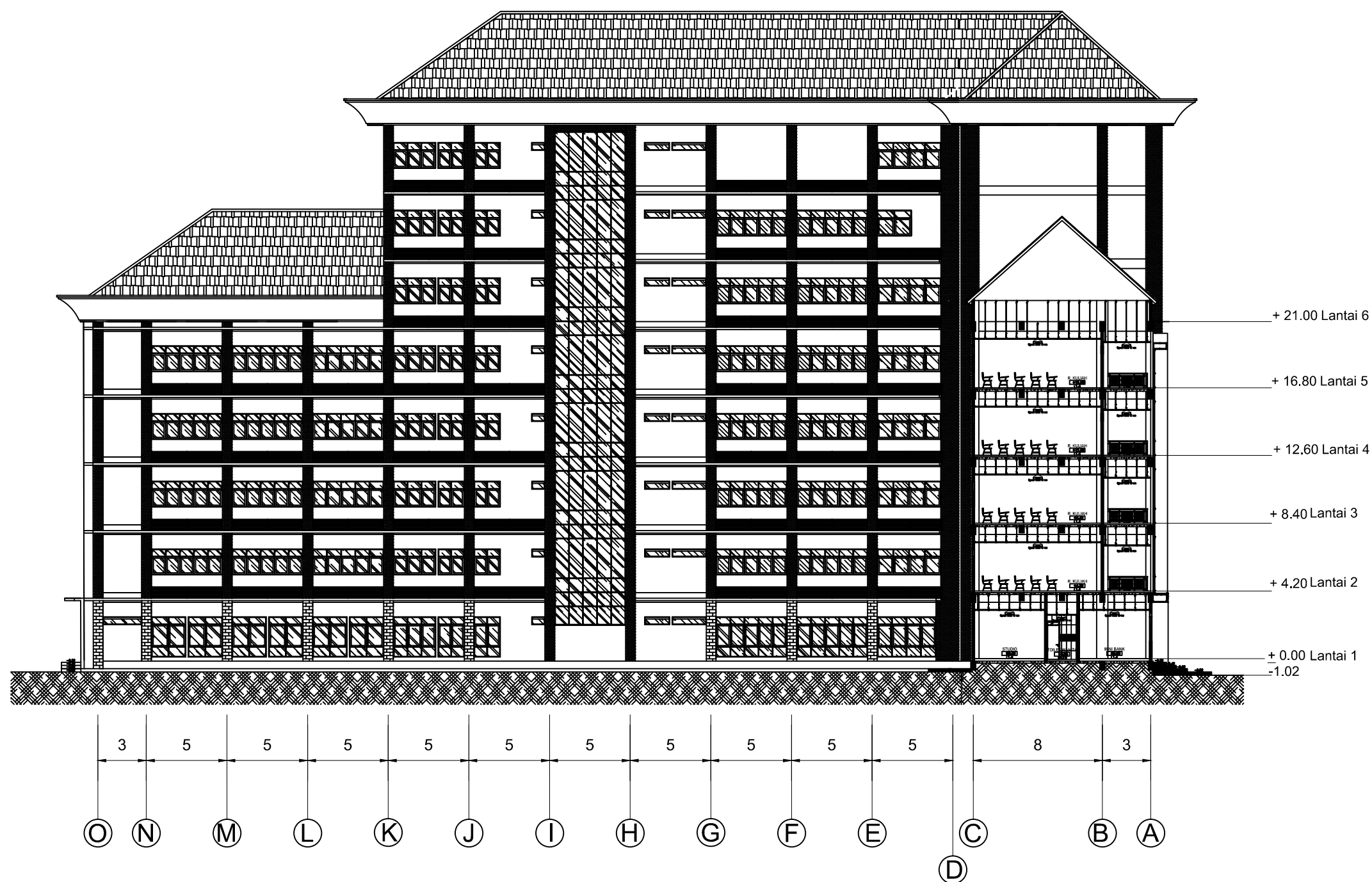
1 : 300

NO GAMBAR

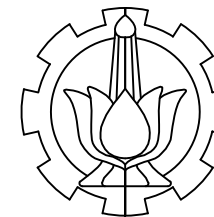
JUMLAH GAMBAR

16

62



POTONGAN D-D
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

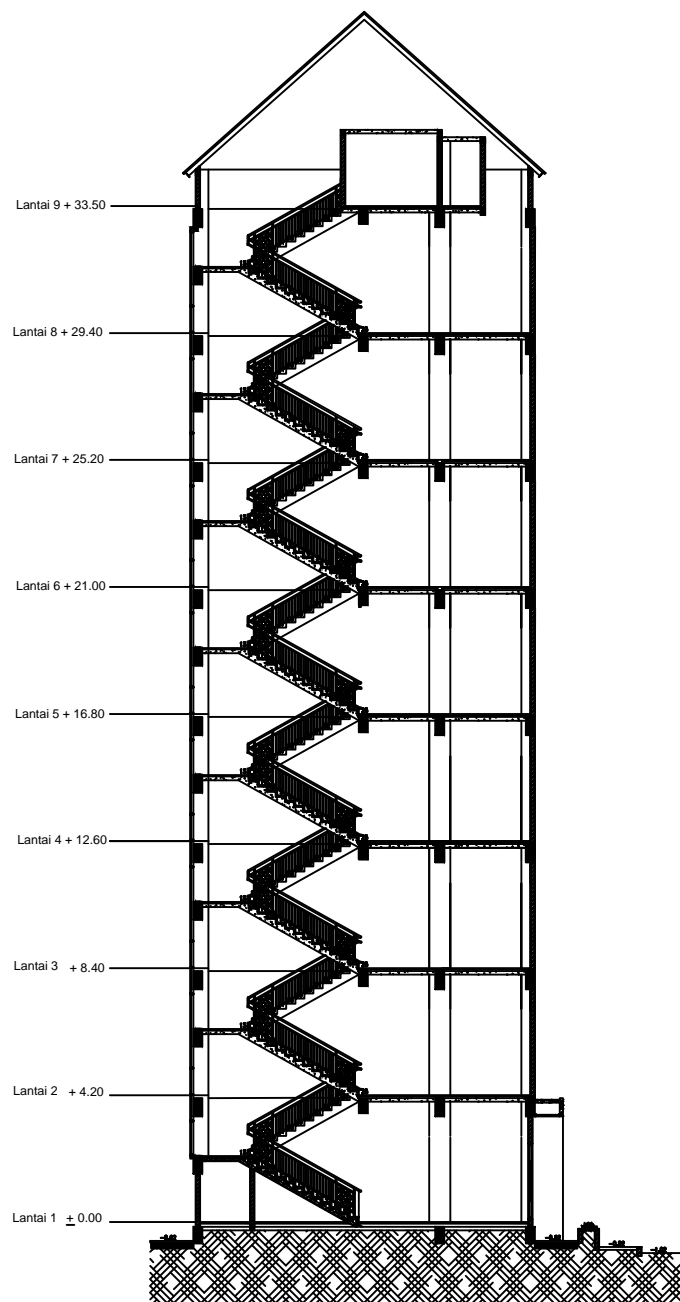
NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA TANGGA 1
 DENAH RENCANA TANGGA 2

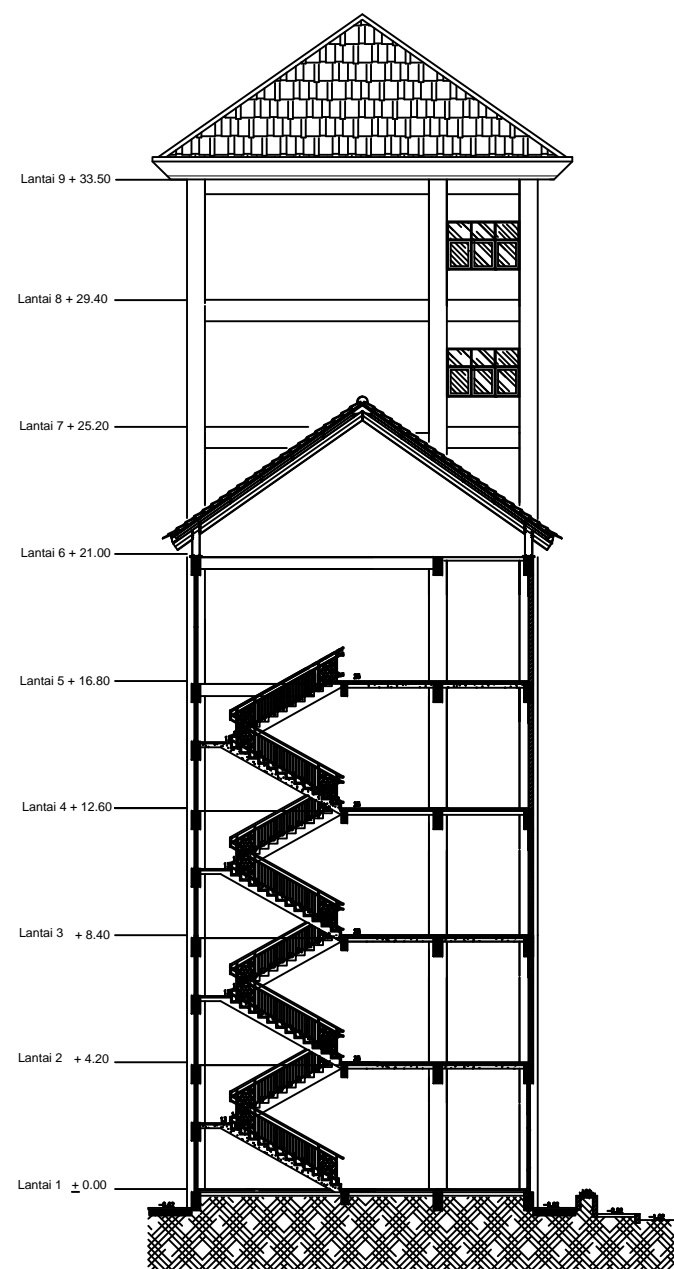
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

17

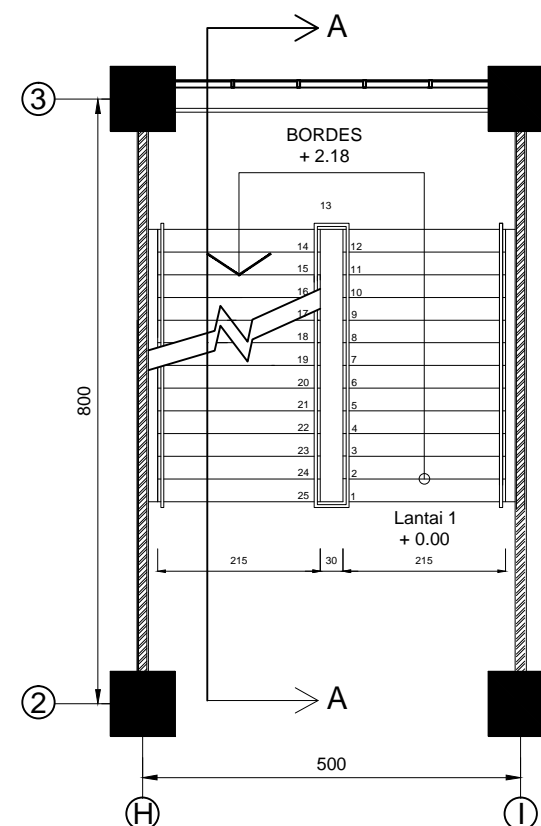
62



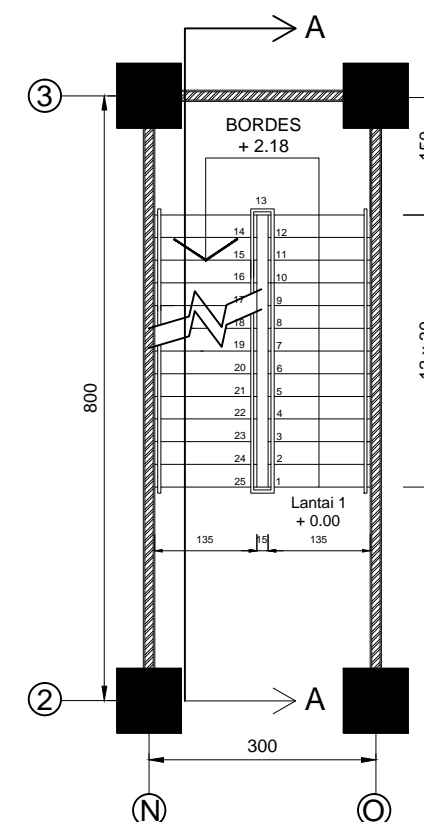
TANGGA 2
 SKALA 1 : 300



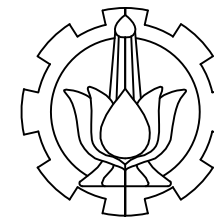
TANGGA 1
 SKALA 1 : 300



DENAH RENCANA TANGGA 2
 SKALA 1 : 100



DENAH RENCANA TANGGA 1
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

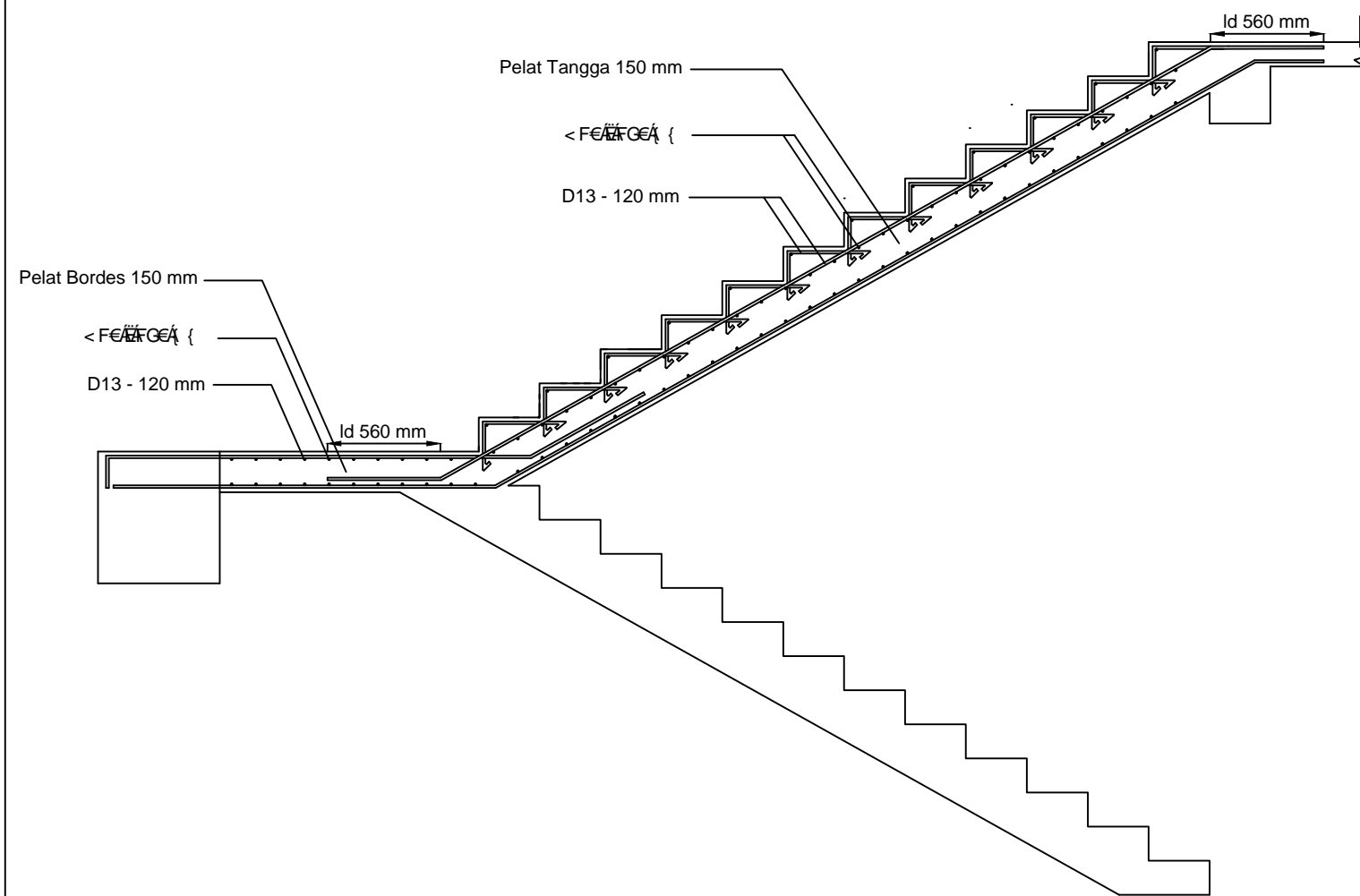
NAMA GAMBAR

PENULANGAN TANGGA 1

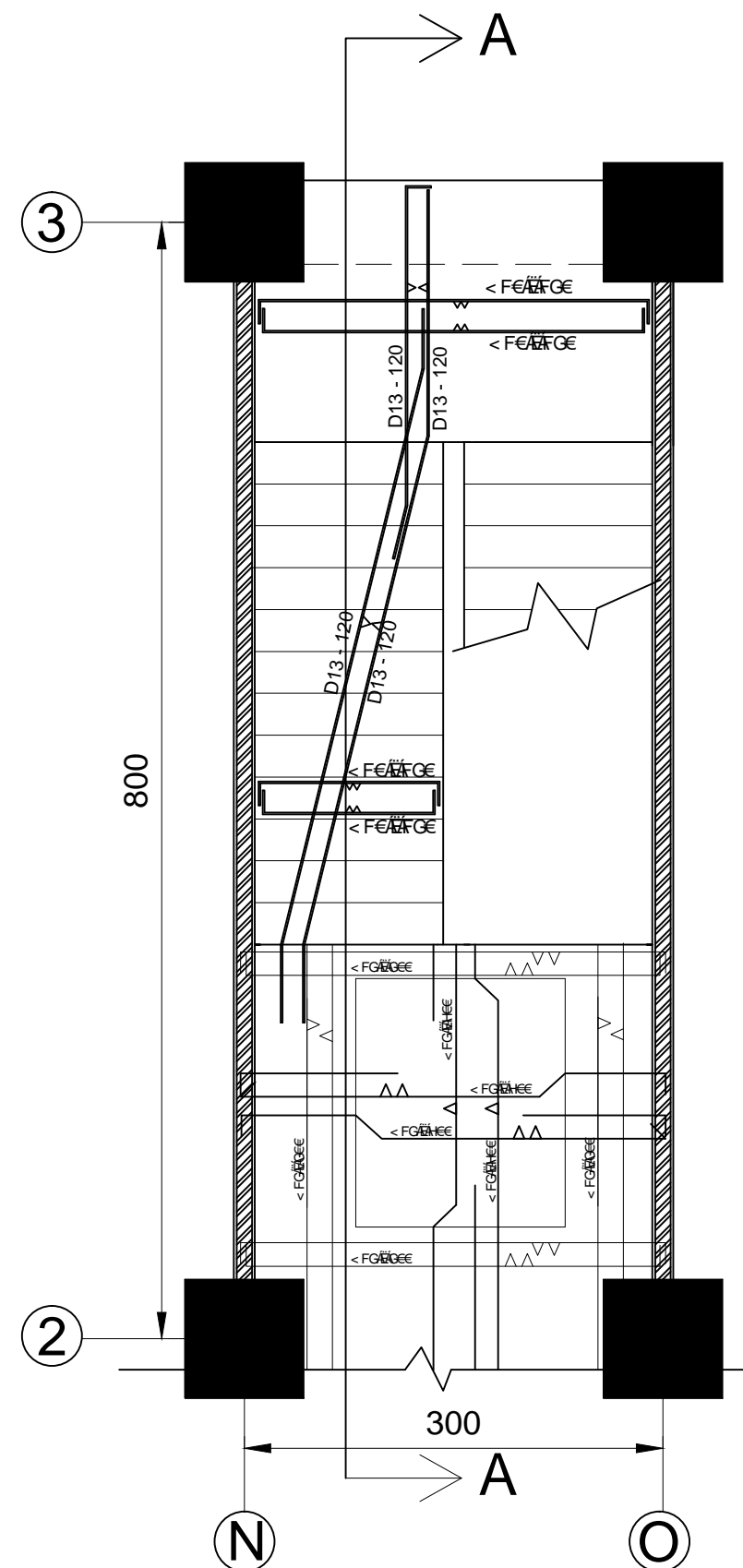
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

18

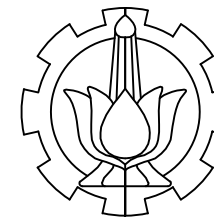
62



POTONGAN A-A TANGGA 1
 SKALA 1 : 75



PENULANGAN TANGGA 1
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

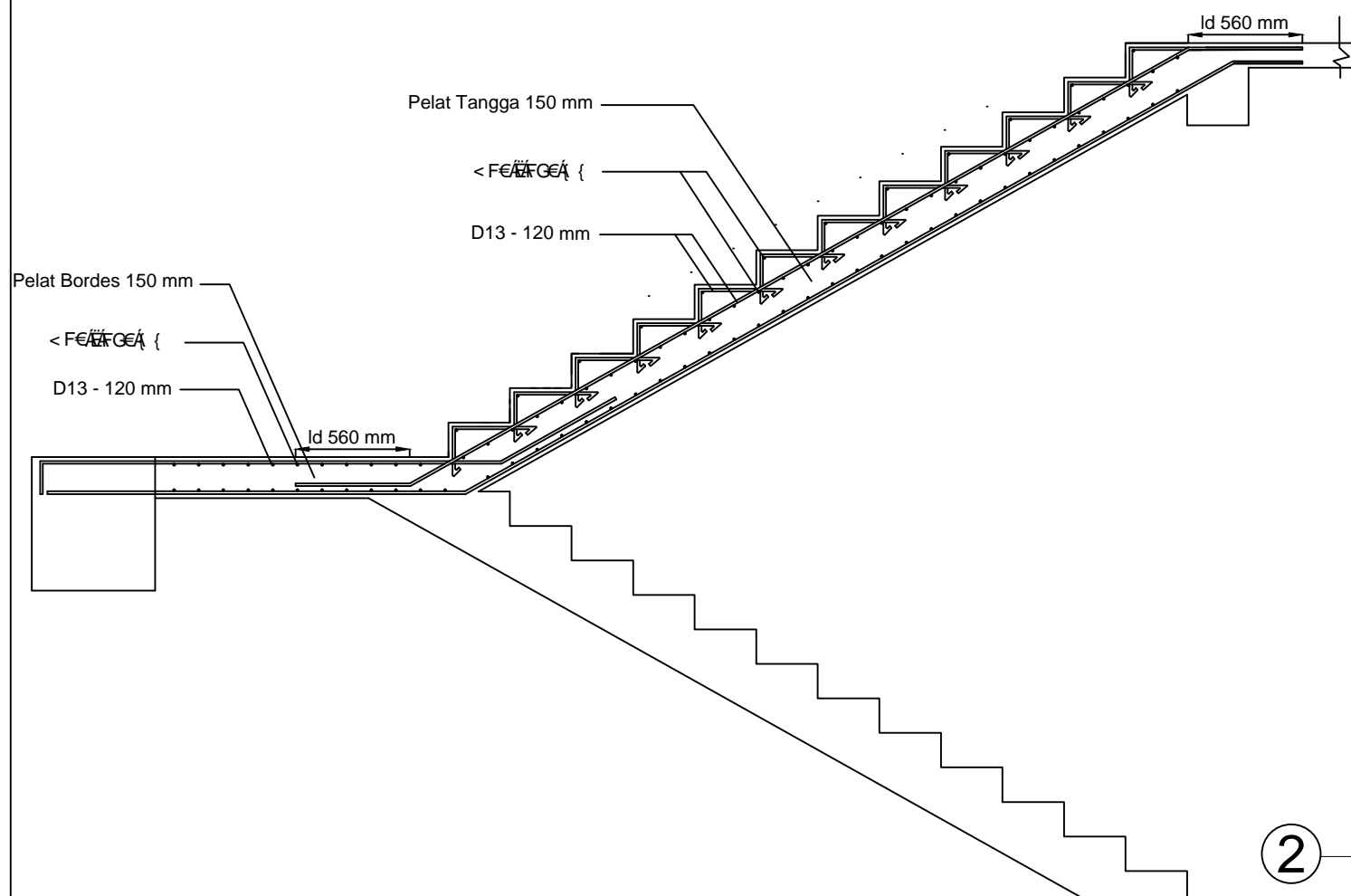
NAMA GAMBAR

PENULANGAN TANGGA 2

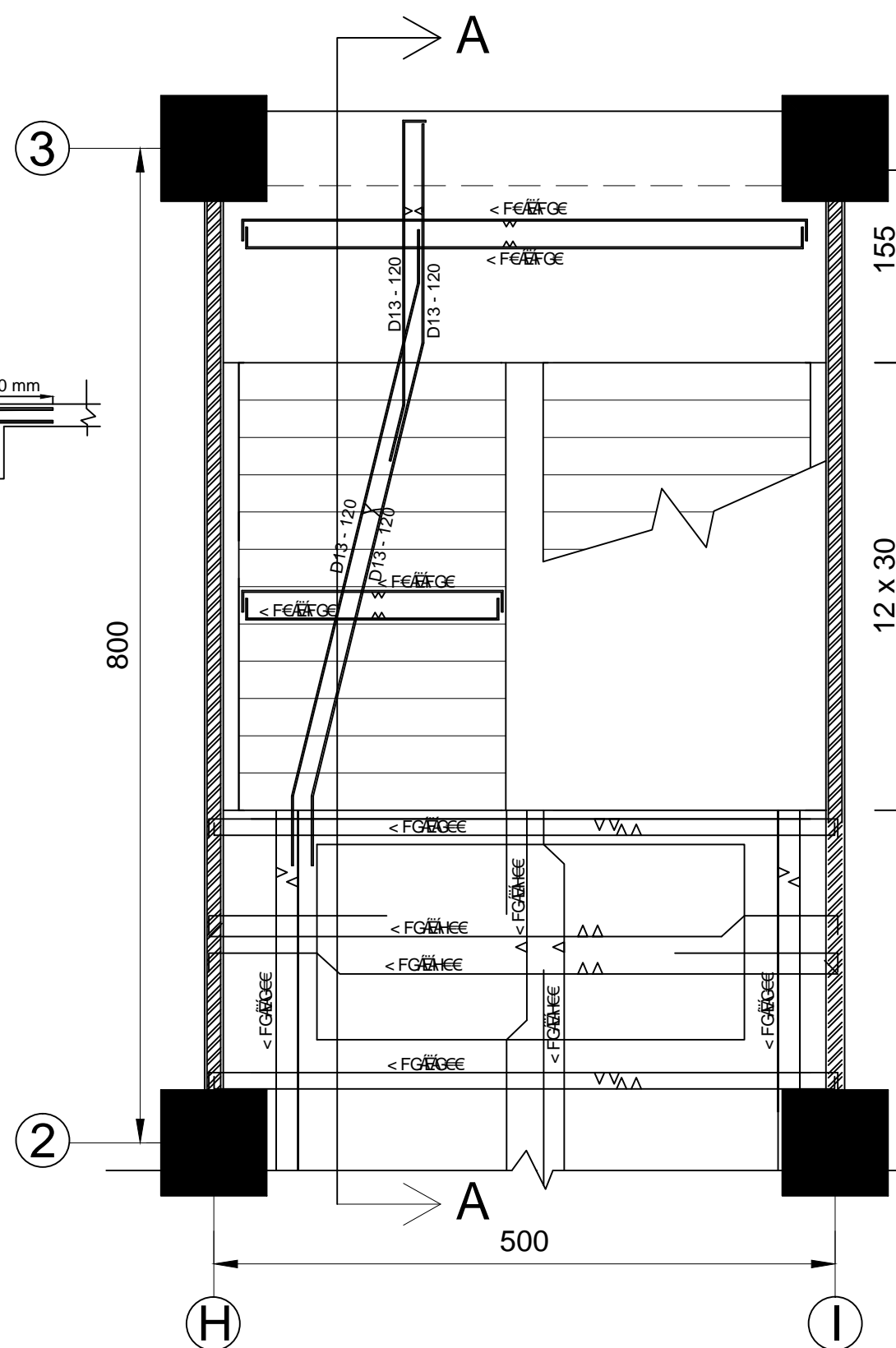
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

19

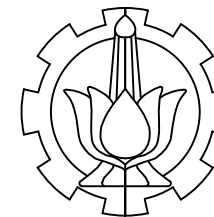
62



POTONGAN A-A TANGGA 2
 SKALA 1 : 75



PENULANGAN TANGGA 2
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

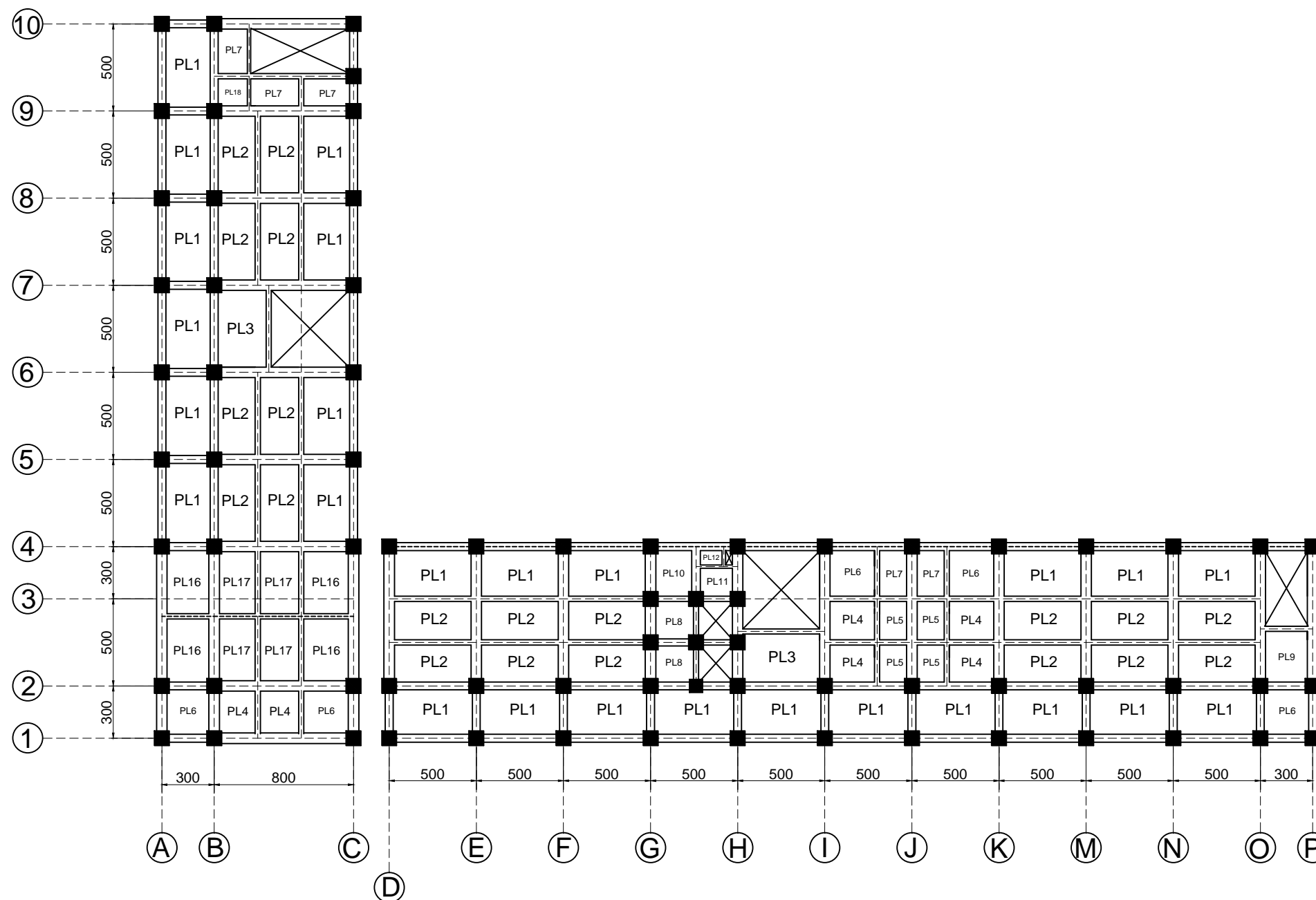
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

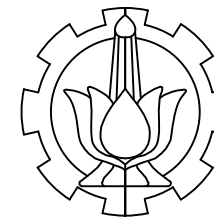
NAMA GAMBAR

**DENAH PELAT LANTAI
 2-5**

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 20 | 62 |



DENAH PELAT LANTAI 2 - 5 (t=12 cm)
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

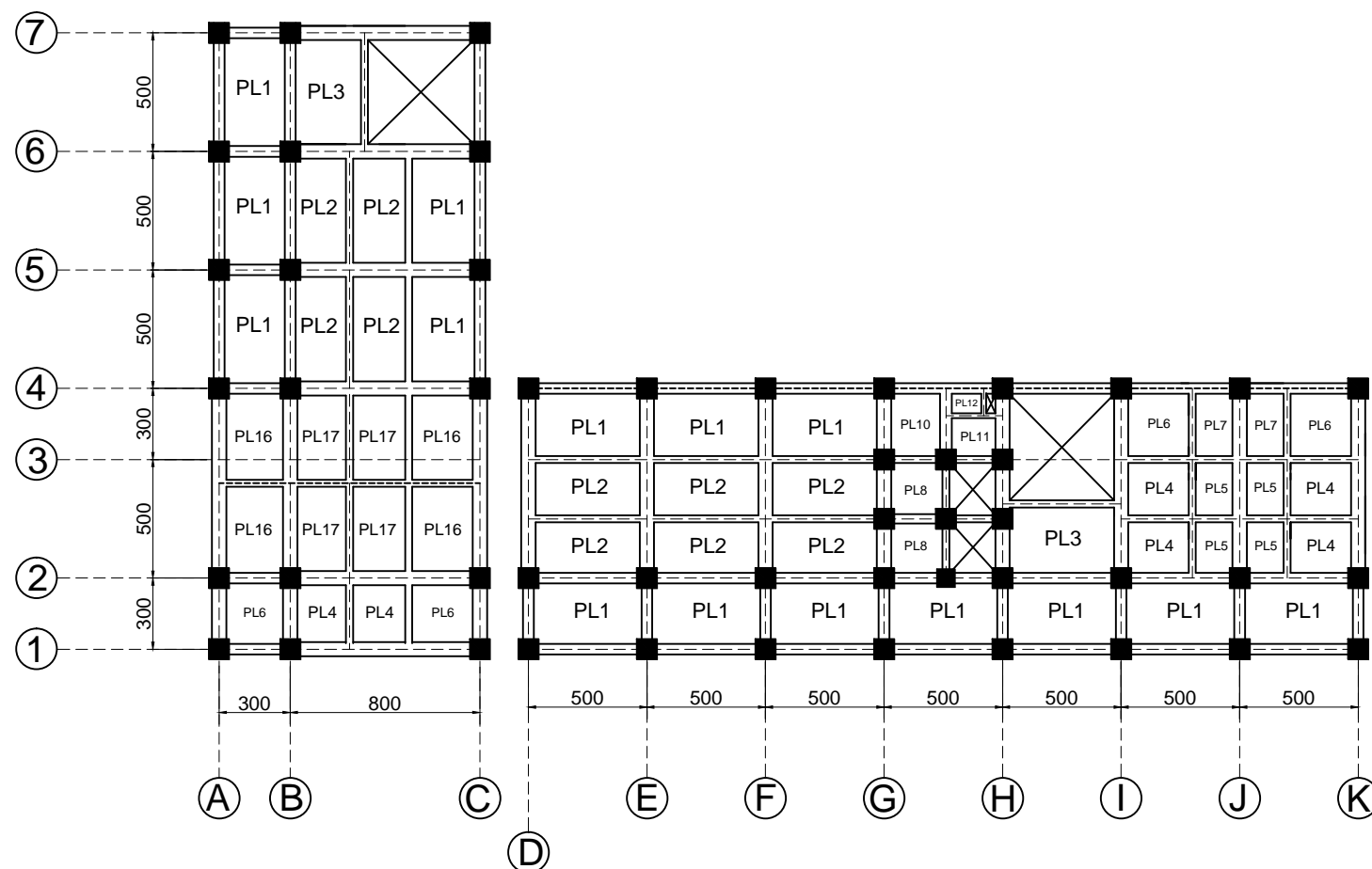
NAMA GAMBAR

**DENAH PELAT LANTAI 6-8
 DENAH PELAT LANTAI 9**

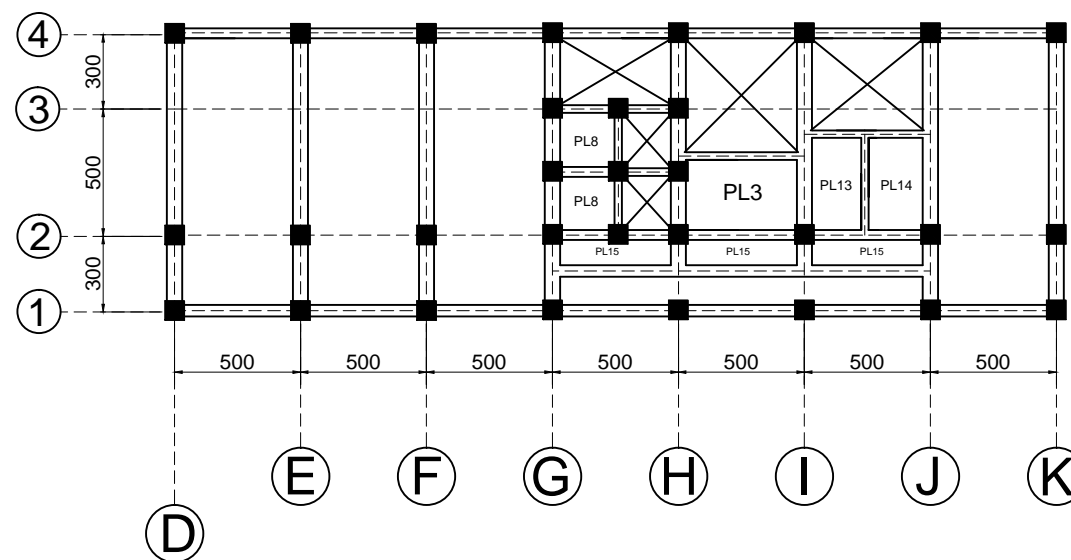
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

21

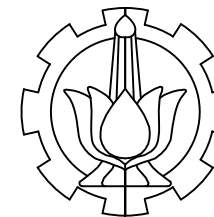
62



DENAH PELAT LANTAI 6 - 8 (t=12 cm)
 SKALA 1 : 300



DENAH PELAT LANTAI 9 (t=12 cm)
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

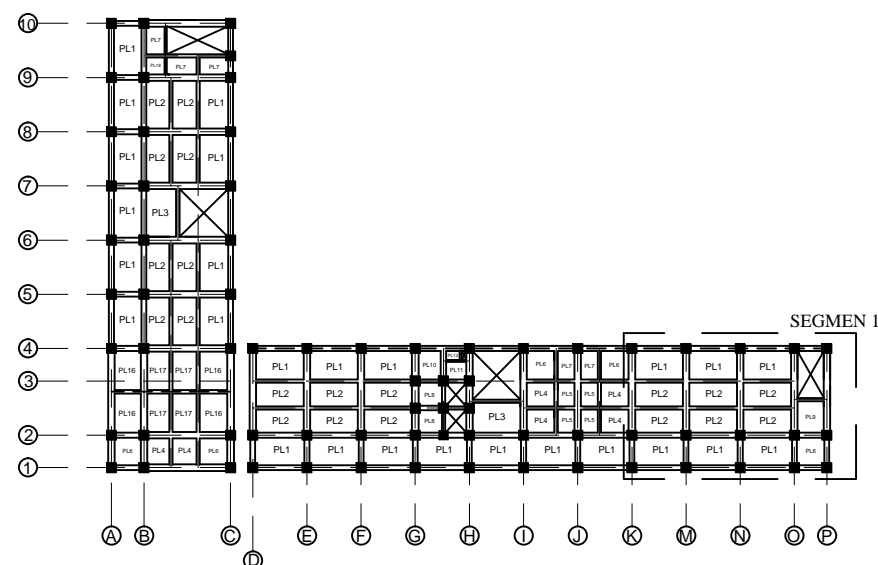
DETAIL PENULANGAN PELAT
 SEGMENT 1 (Lt 2-8)

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

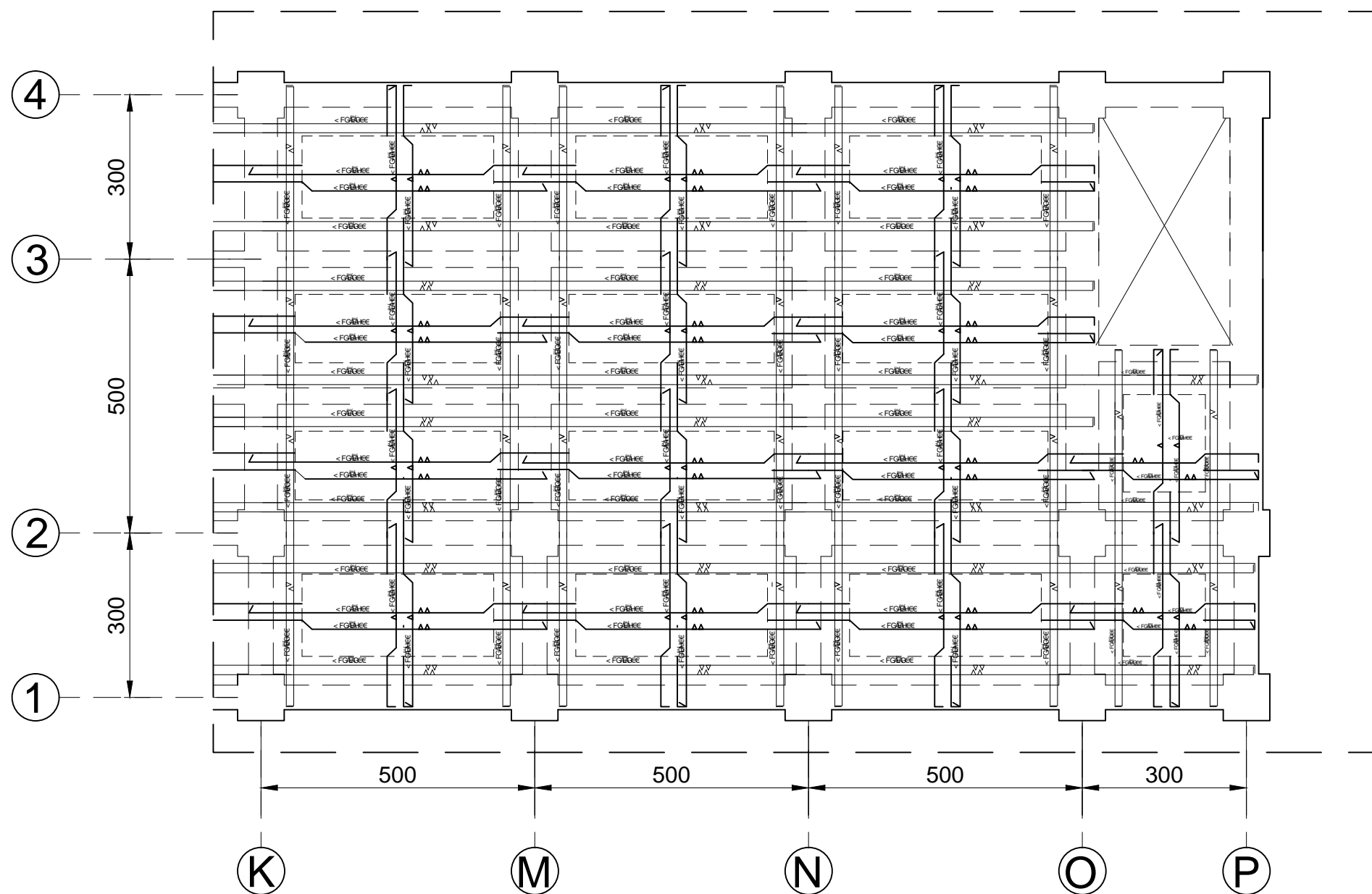
22

62

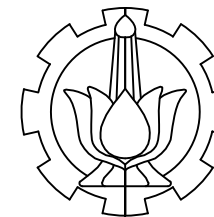
SEGMENT 1



KEYPLAN SEGMENT 1
 SKALA 1 : 800



DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 1
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

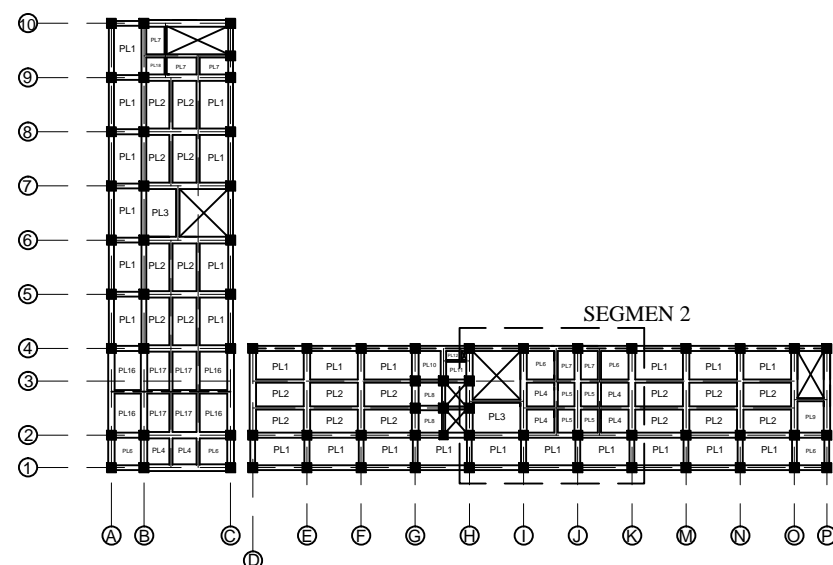
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

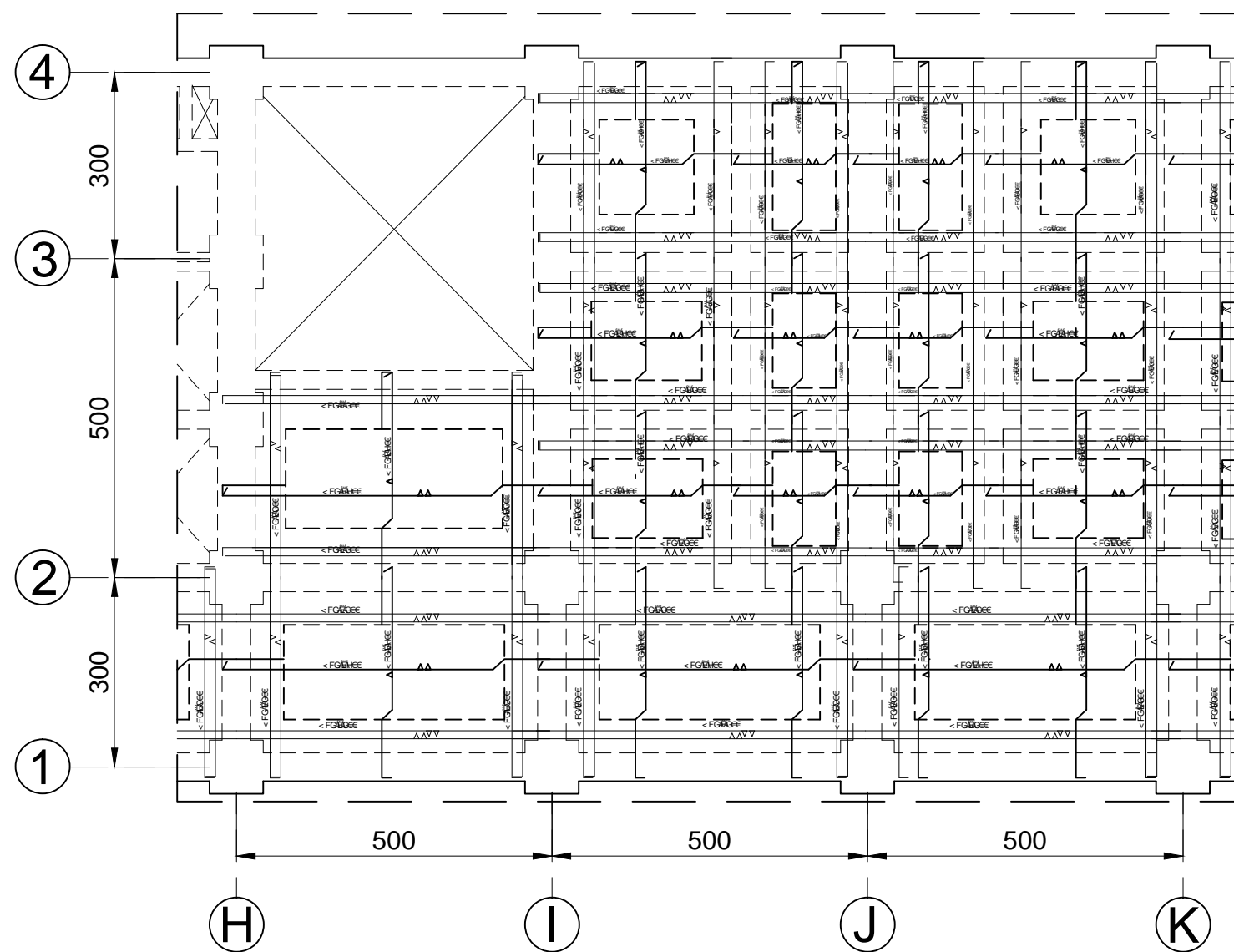
DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 2 (Lt 2-8)

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 23 | 62 |

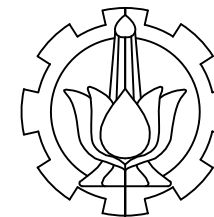


KEYPLAN SEGMENT 2
 SKALA 1 : 800

SEGMENT 2



DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 2 (Lt 2-8)
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

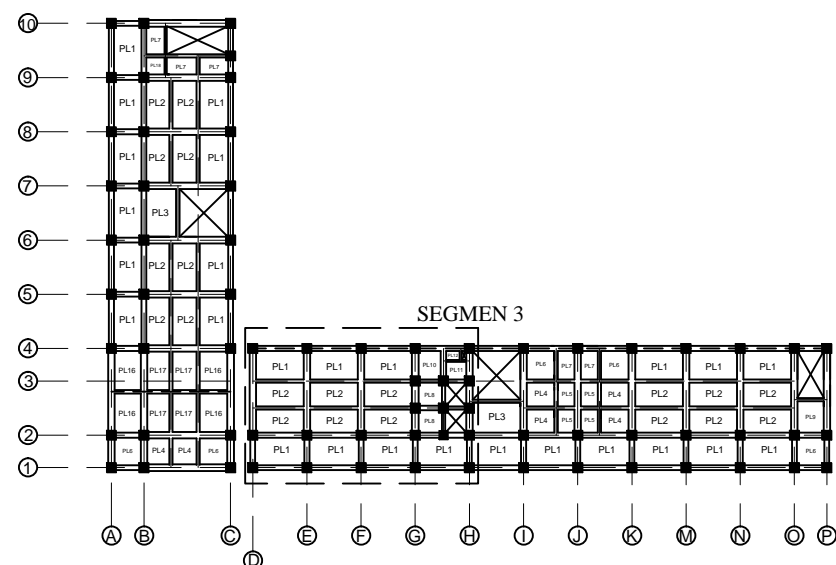
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 3 (Lt 2-8)

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

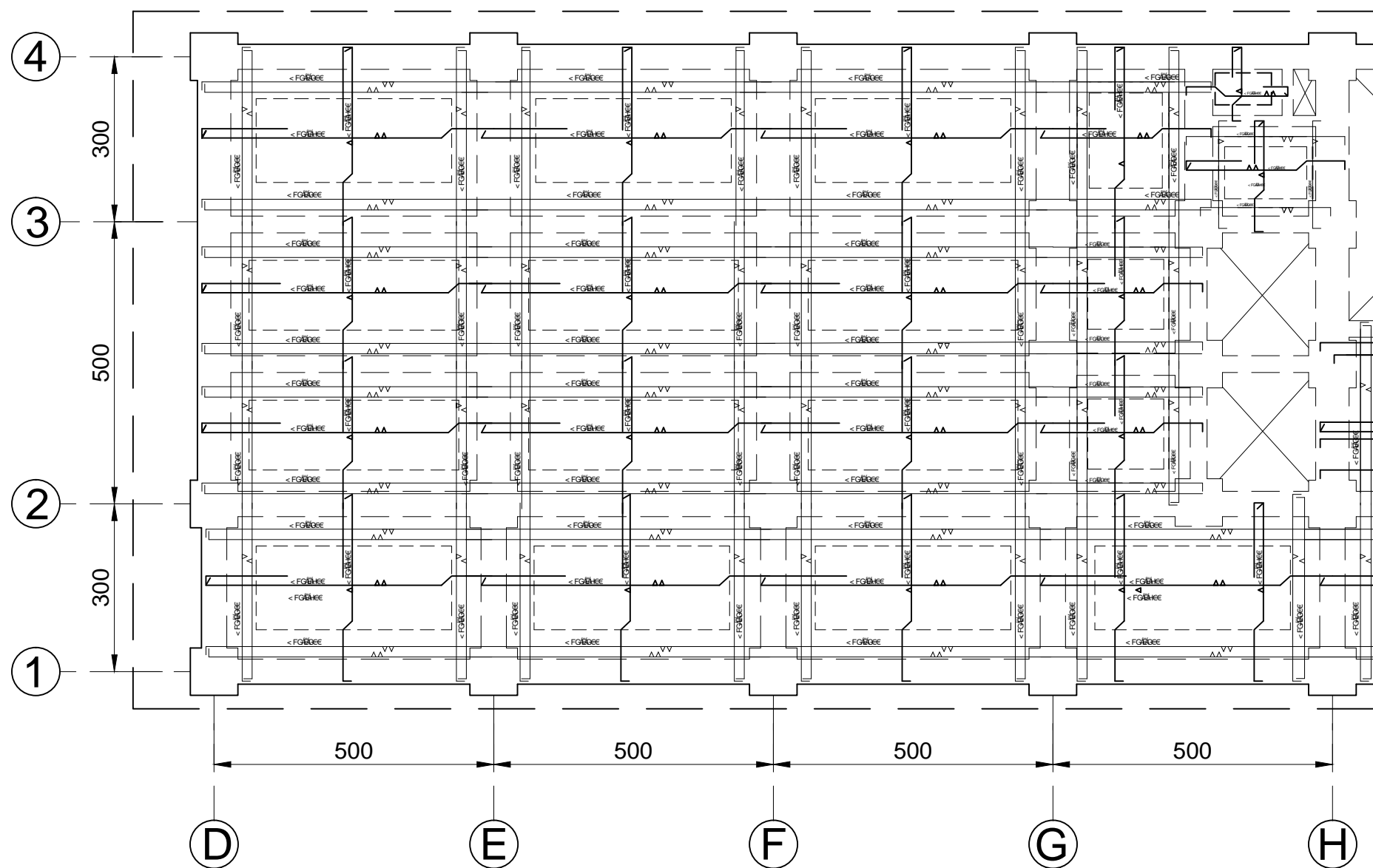
24

62

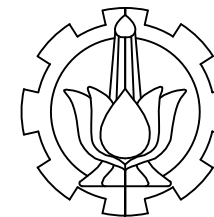


KEYPLAN SEGMENT 3
 SKALA 1 : 800

SEGMENT 3



DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 3 (Lt 2-8)
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

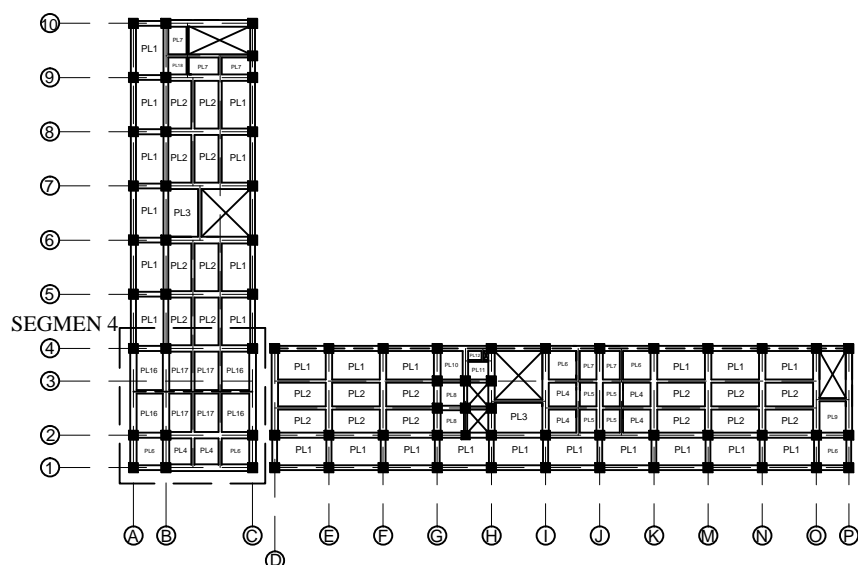
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

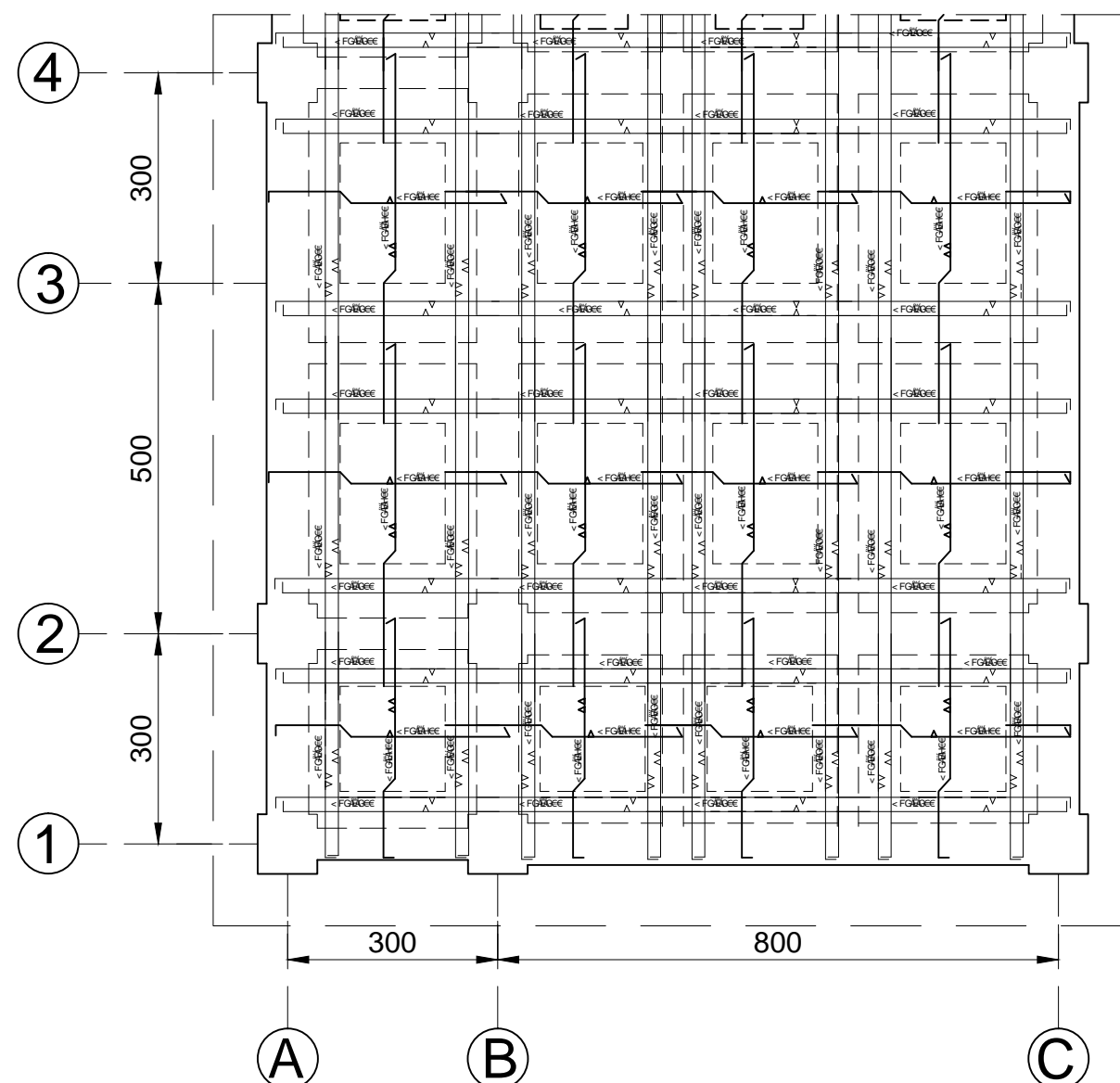
DETAIL PENULANGAN PELAT
 SEGMENT 4 (Lt 2-8)

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 25 | 62 |

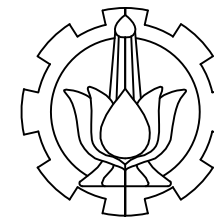
SEGMENT 4



KEYPLAN SEGMENT 4
 SKALA 1 : 800



DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 4 (Lt 2-8)
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

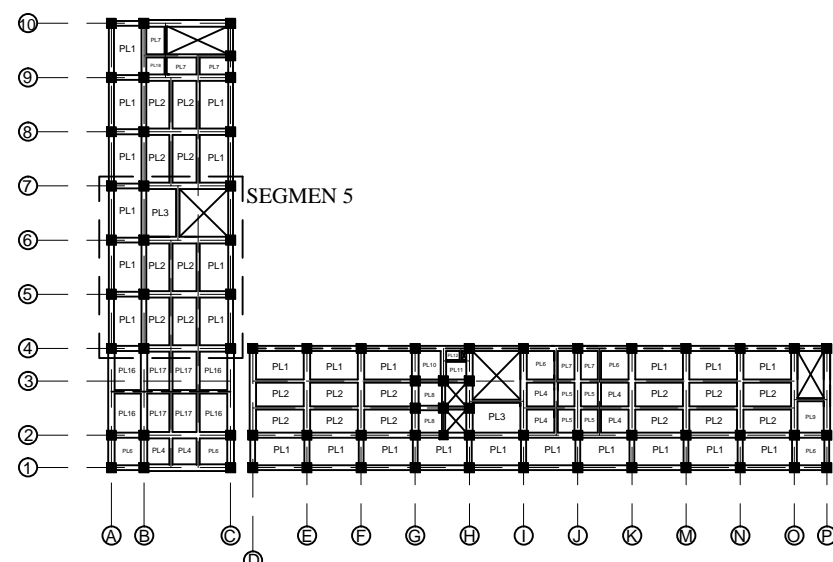
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

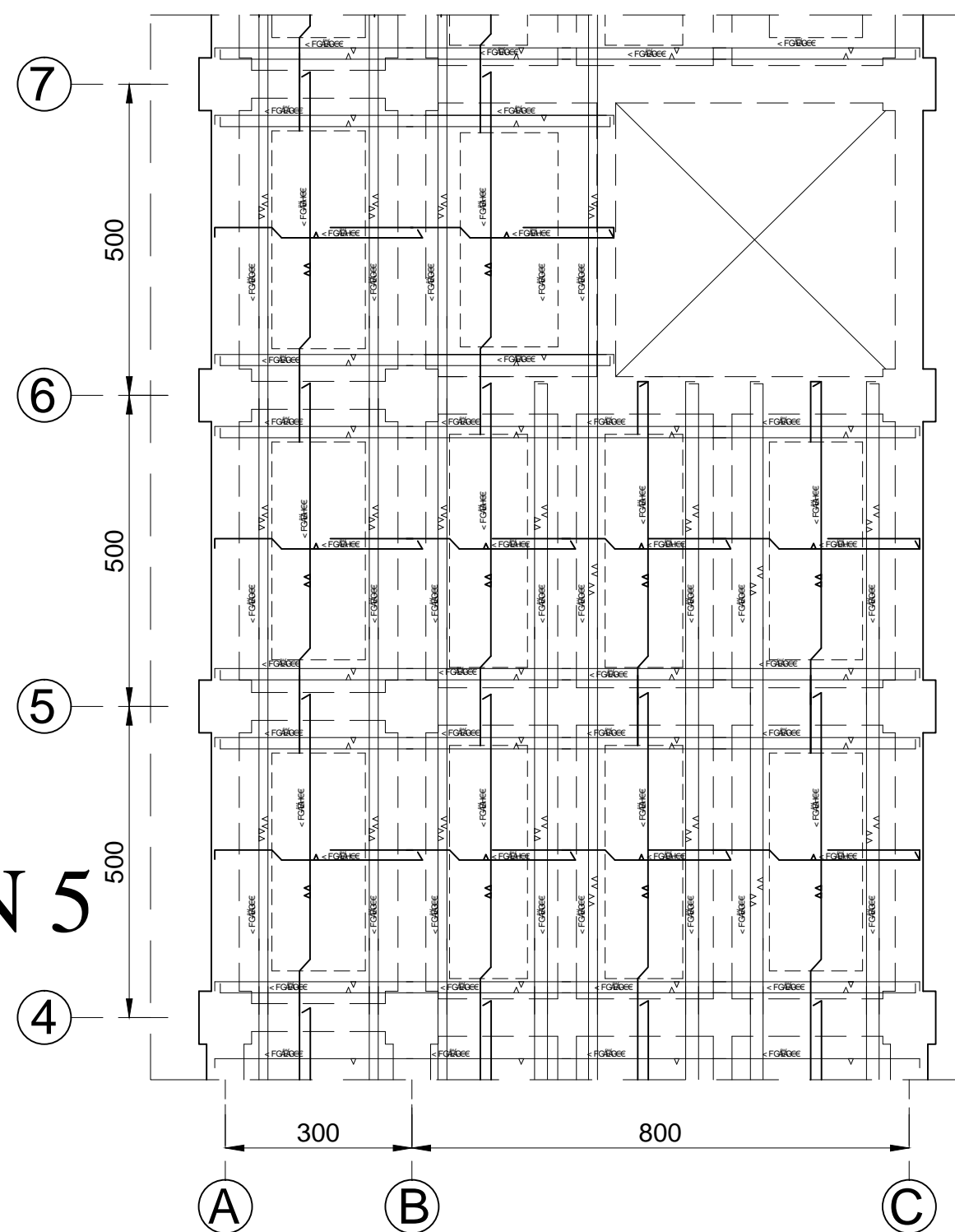
DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 5 (Lt 2-8)

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 26 | 62 |

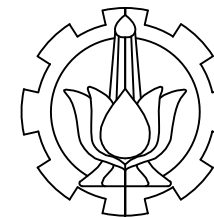


KEYPLAN SEGMENT 5
 SKALA 1 : 800

SEGMENT 5



DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 5 (Lt 2-8)
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

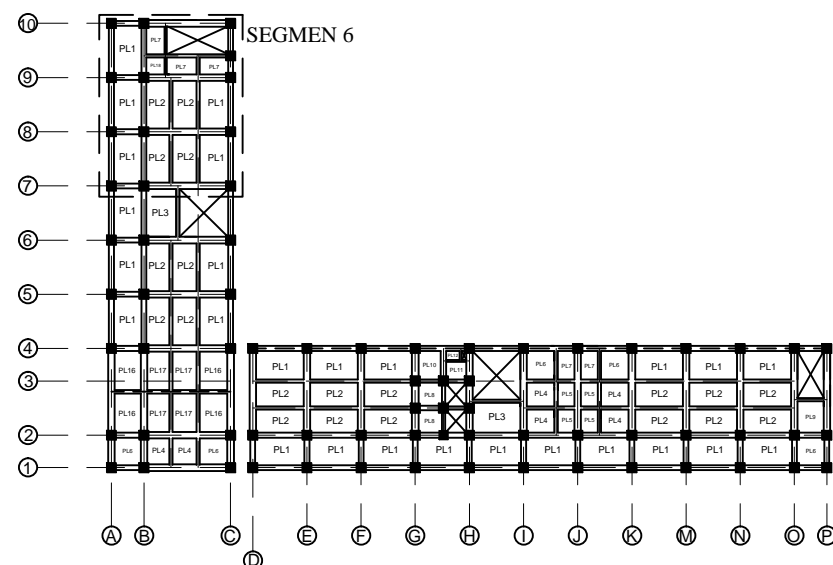
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

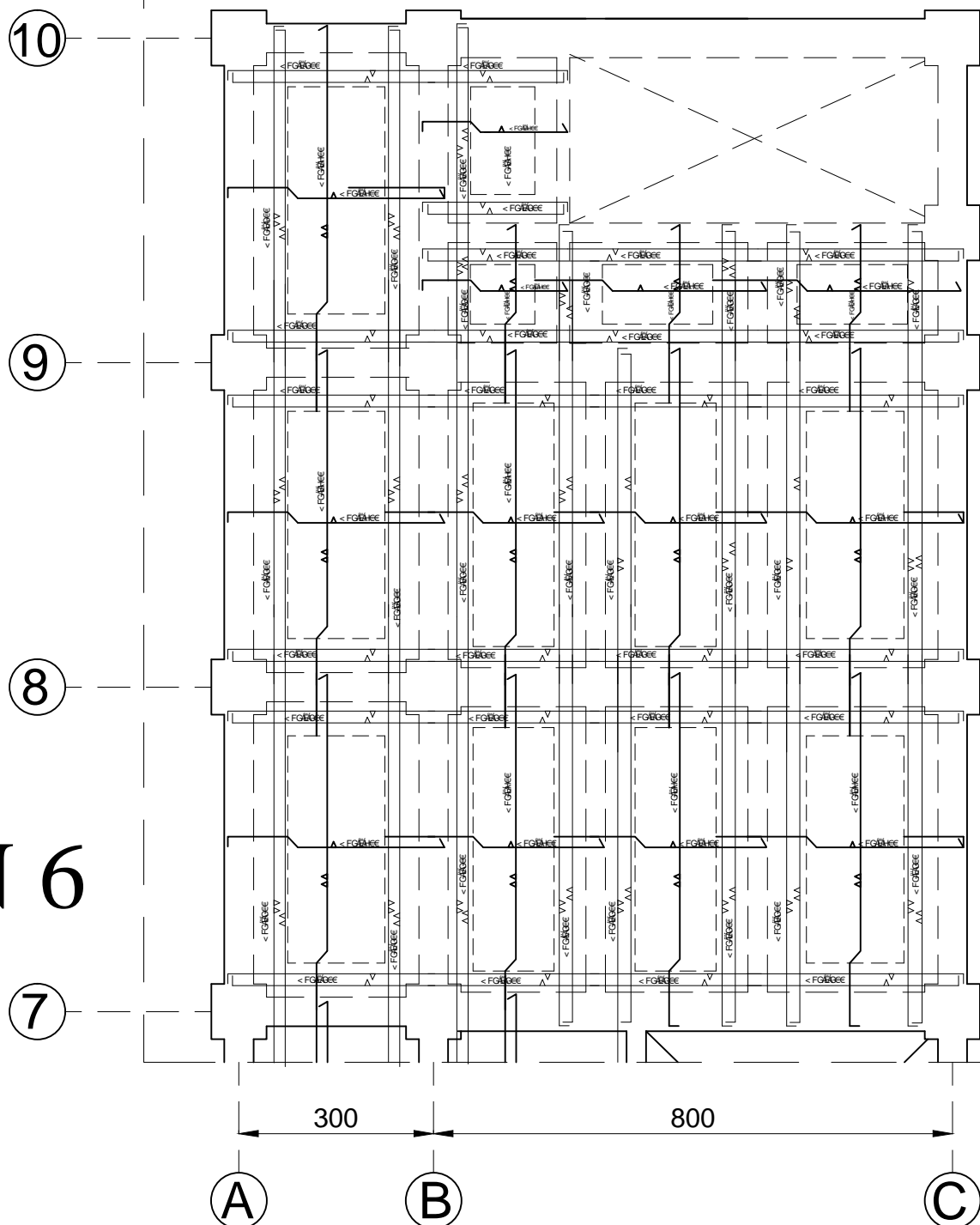
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
SEGMENT 6 (Lt 2-8)

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 27 | 62 |

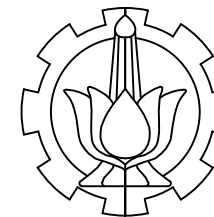


KEYPLAN SEGMENT 6
SKALA 1 : 800



SEGMENT 6

DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 6 (Lt 2-8)
SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

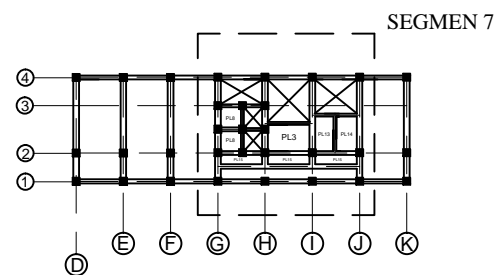
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

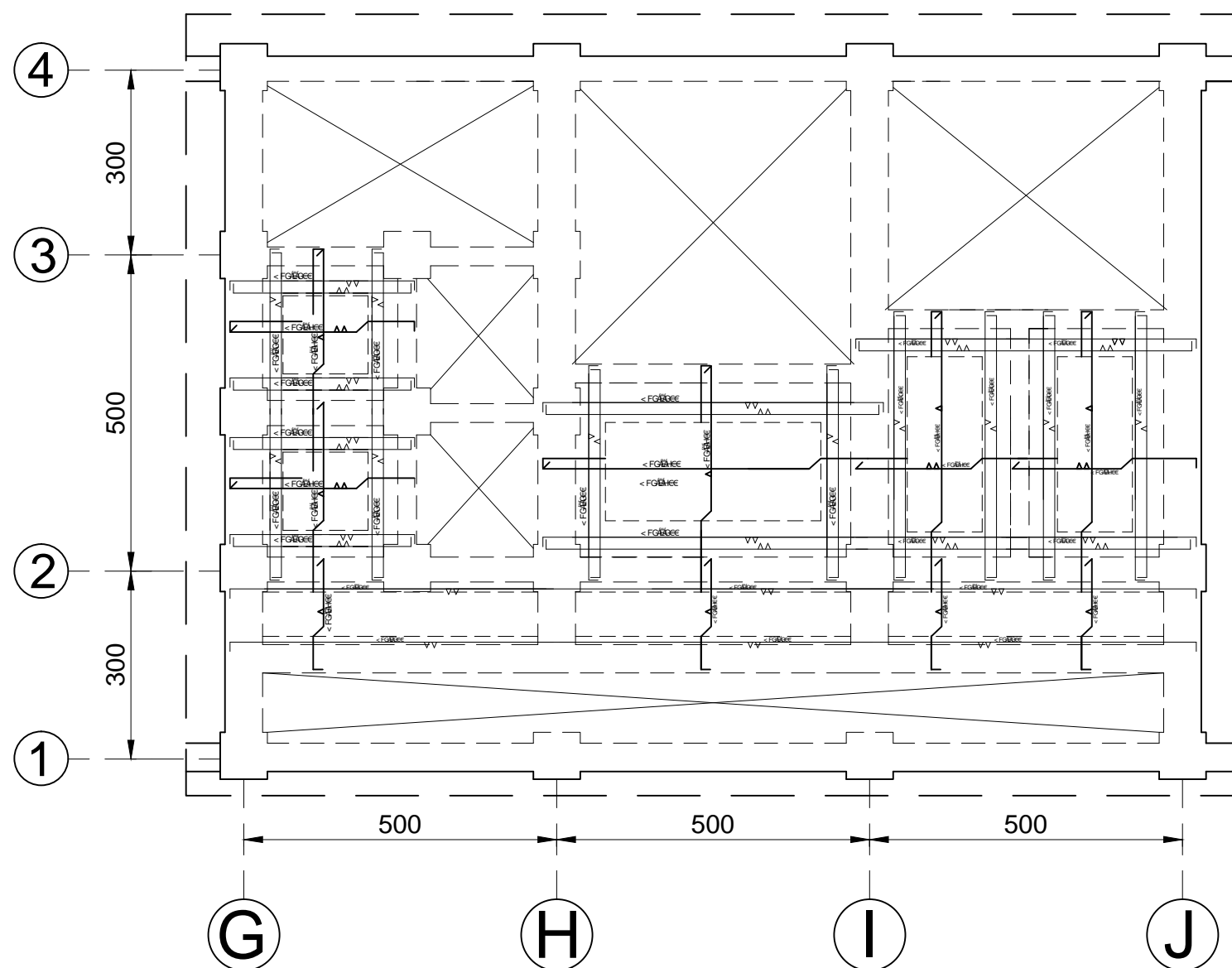
DETAIL PENULANGAN PELAT
 SEGMENT 7 (Lt 9)

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 100 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 28 | 62 |

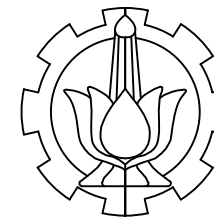


KEYPLAN SEGMENT 7
 SKALA 1 : 800

SEGMENT 7



DETAIL PENULANGAN PELAT SEGMENT 7 (Lt 9)
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

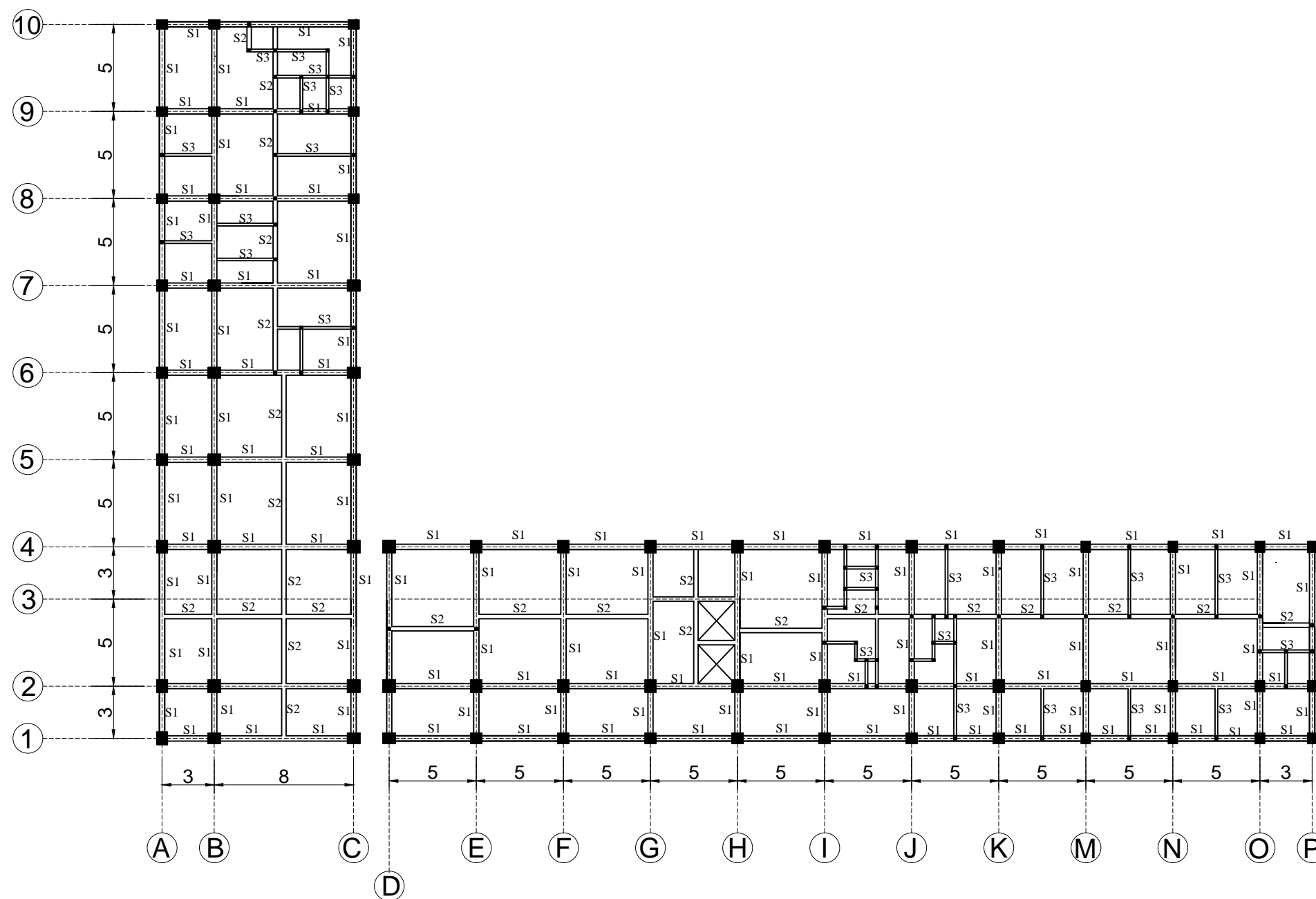
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH SLOOF

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 29 | 62 |



DENAH SLOOF
 SKALA 1 : 300

| KETERANGAN |
|---------------|
| S1 = 55/70 cm |
| S2 = 40/70 cm |
| S3 = 30/40 cm |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

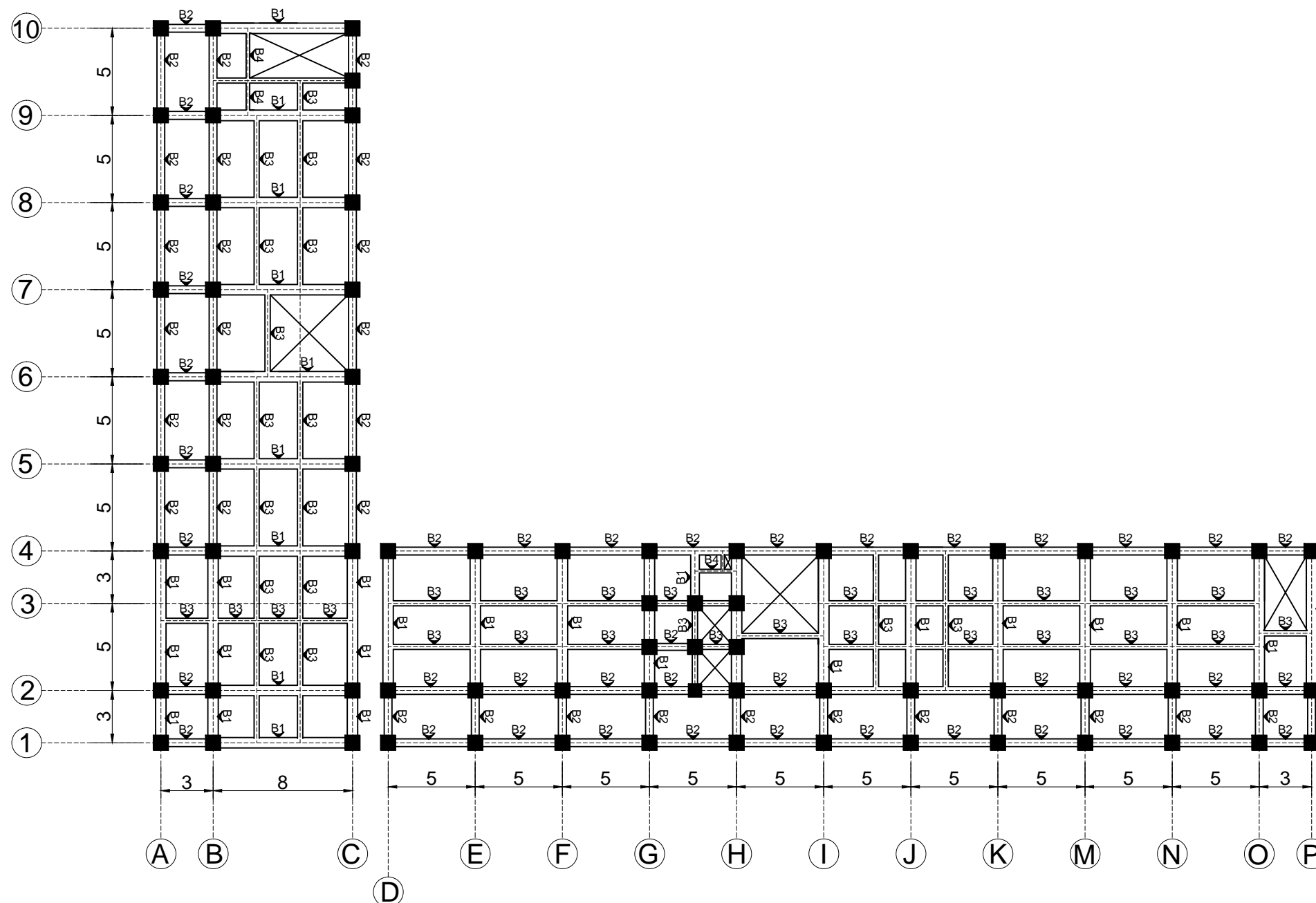
KETERANGAN


FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

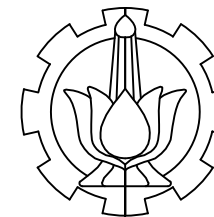
DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2-5

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 30 | 62 |



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2-5**
 SKALA 1 : 300

| KETERANGAN | |
|---------------|---------------|
| B1 = 60/70 cm | B4 = 20/30 cm |
| B1 = 45/70 cm | |
| B3 = 30/40 cm | |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

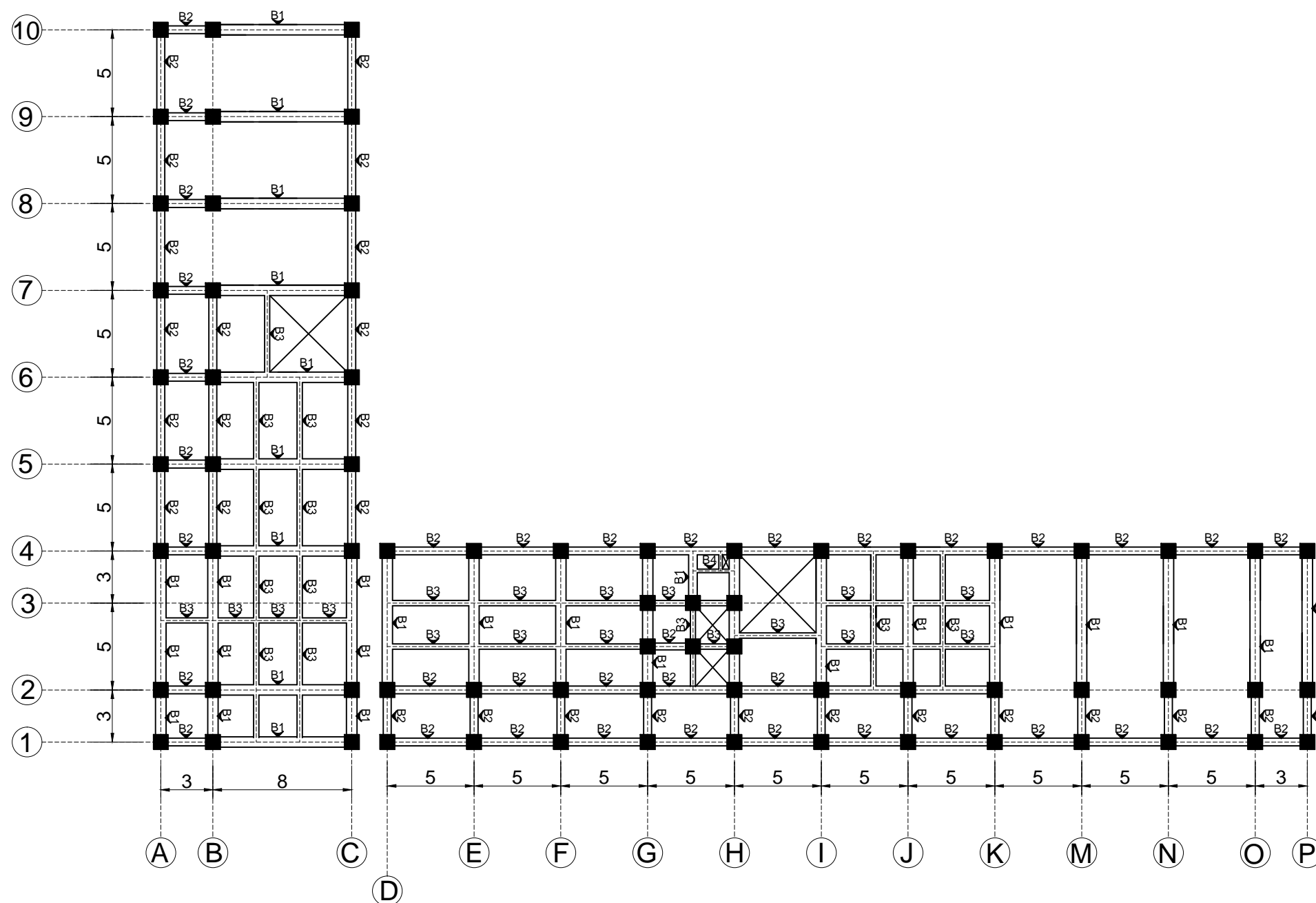
1 : 300


NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

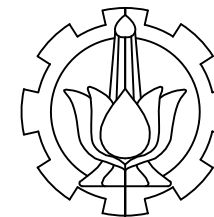
31

62



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI 6**
 SKALA 1 : 300

| KETERANGAN | |
|---------------|---------------|
| B1 = 60/70 cm | B4 = 20/30 cm |
| B1 = 45/70 cm | |
| B3 = 30/40 cm | |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

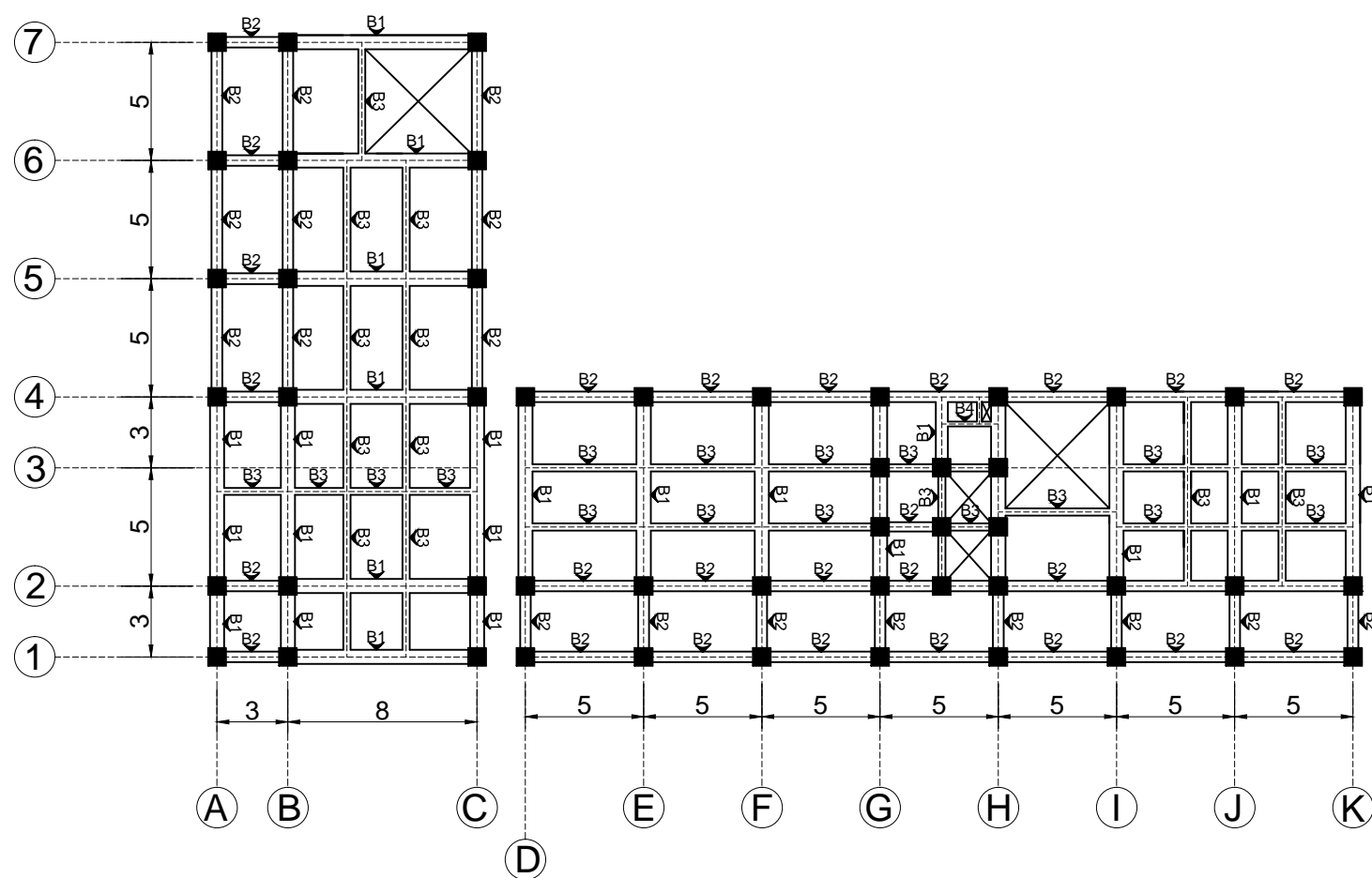
KETERANGAN


FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 7-8

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 32 | 62 |



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI 7-8**
 SKALA 1 : 300

| KETERANGAN | |
|---------------|---------------|
| B1 = 60/70 cm | B4 = 20/30 cm |
| B1 = 45/70 cm | |
| B3 = 30/40 cm | |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 9

KODE GAMBAR

SKALA

STR

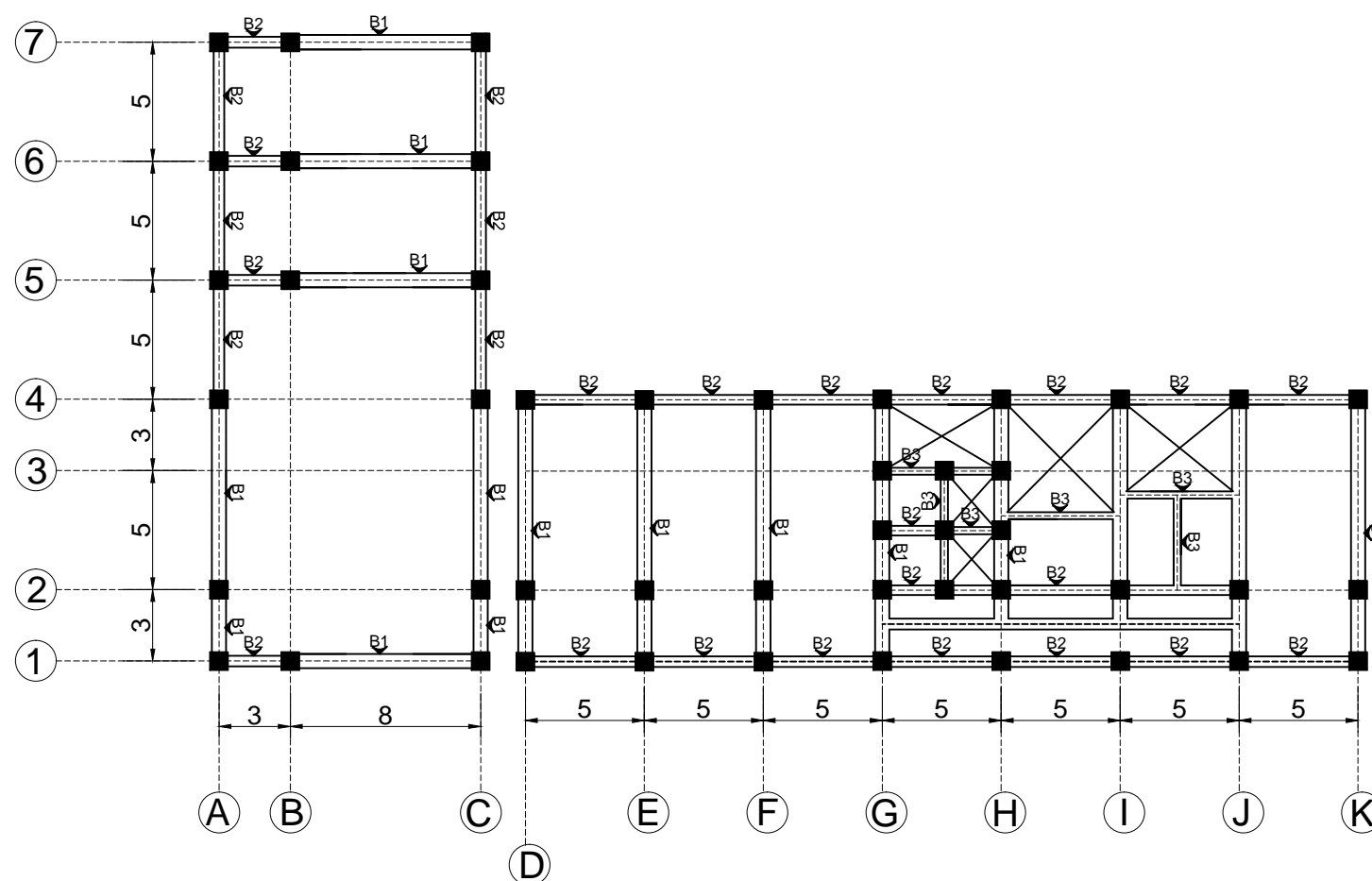
1 : 300


NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

33

62



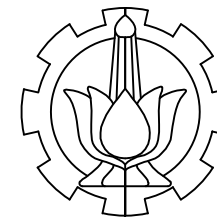
 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI 9**
 SKALA 1 : 300

KETERANGAN

B1 = 60/70 cm B4 = 20/30 cm

B1 = 45/70 cm

B3 = 30/40 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

**PENULANGAN BALOK
 B1-B4**

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 34 | 62 |

| Kode | B 1 | | B 2 | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | | | |
| Dimensi (mm) | 600 x 700 | 600 x 700 | 450 x 700 | 450 x 700 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Tul Atas | 9 D 25 | 3 D 25 | 5 D 25 | 2 D 25 |
| Tul Samping | 4 D 25 | 4 D 25 | 2 D 25 | 2 D 25 |
| Tul Bawah | 5 D 25 | 3 D 25 | 4 D 25 | 2 D 25 |
| Sengkang | 4 D 13 -100 | 2 D 13 -120 | 4 D 13 -100 | 2 D 13 -120 |

| Kode | B 3 | | B 4 | |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
| | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | | | |
| Dimensi (mm) | 300 x 400 | 300 x 400 | 200 x 300 | 200 x 300 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Tul Atas | 3 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Tul Samping | 2 D 16 | 2 D 16 | - | - |
| Tul Bawah | 2 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Sengkang | GA A-EA1 € | GA A-EA1 € | GA A-EA1 € | GA A-EA1 € |

PENULANGAN BALOK B1 - B4
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

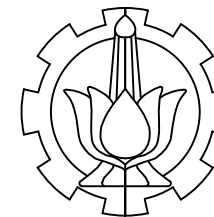
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK SLOOF S1-S3

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 35 | 62 |

| Kode | S 1 | | S 2 | | S 3 | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | | | | | |
| Dimensi (mm) | 550 x 700 | 550 x 700 | 400 x 700 | 400 x 700 | 300 x 400 | 300 x 400 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Tul Atas | 4 D 25 | 4 D 25 | 3 D 25 | 3 D 25 | 2 D 25 | 2 D 25 |
| Tul Samping | - | - | - | - | - | - |
| Tul Bawah | 4 D 25 | 4 D 25 | 3 D 25 | 3 D 25 | 2 D 25 | 2 D 25 |
| Sengkang | GA-FGA-FG | GA-FGA-FG | GA-FGA-FG | GA-FGA-FG | A-FGA-E | A-FGA-E |

PENULANGAN BALOK SLOOF S1-S3
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

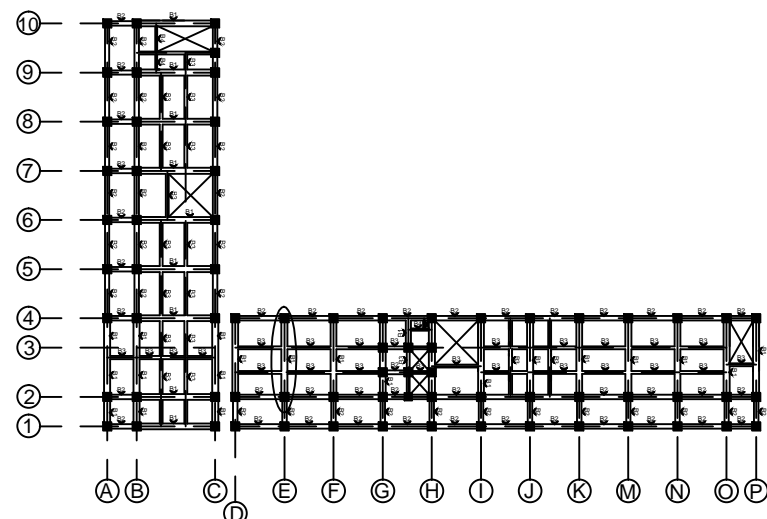
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B1

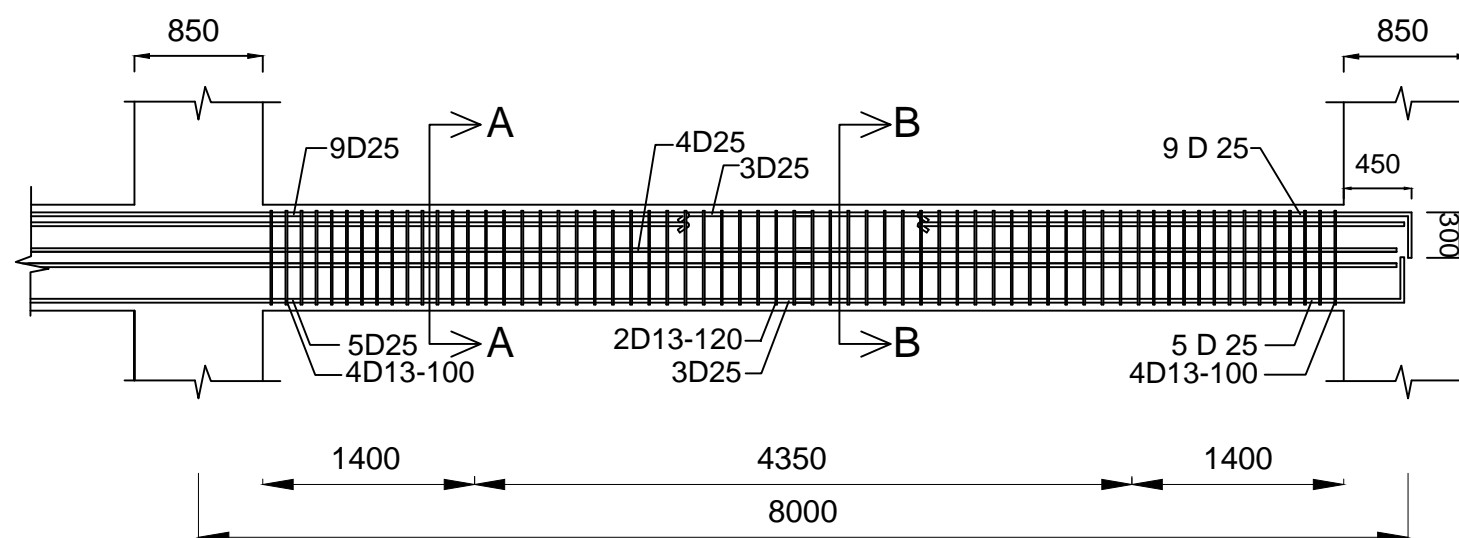
| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

36

62

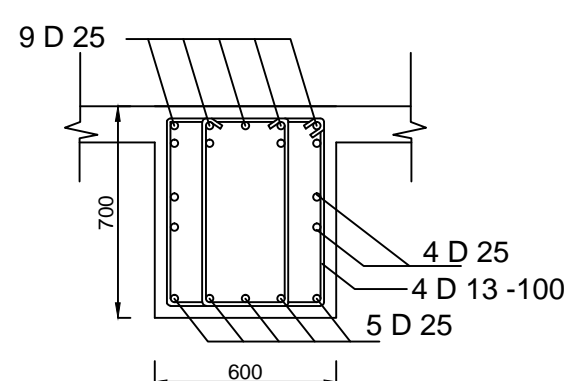


KEYPLAN BALOK B1
 SKALA 1 : 800

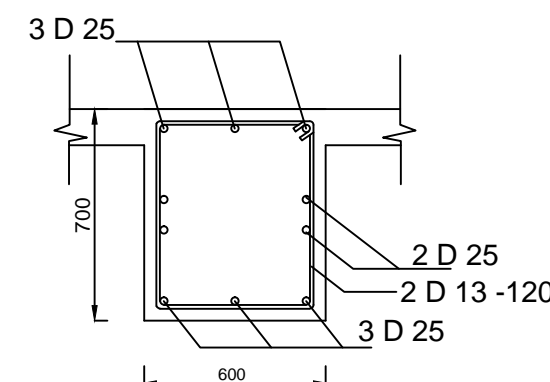


DETAIL PENULANGAN BALOK B1
 SKALA 1 : 50

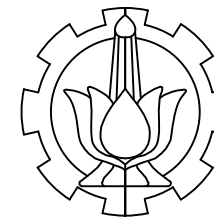
| Kode | B 1 | |
|---------------|-------------|-------------|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 600 x 700 | 600 x 700 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 9 D 25 | 3 D 25 |
| Tul Samping | 4 D 25 | 4 D 25 |
| Tul Bawah | 5 D 25 | 3 D 25 |
| Sengkang | 4 D 13 -100 | 2 D 13 -120 |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 25



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

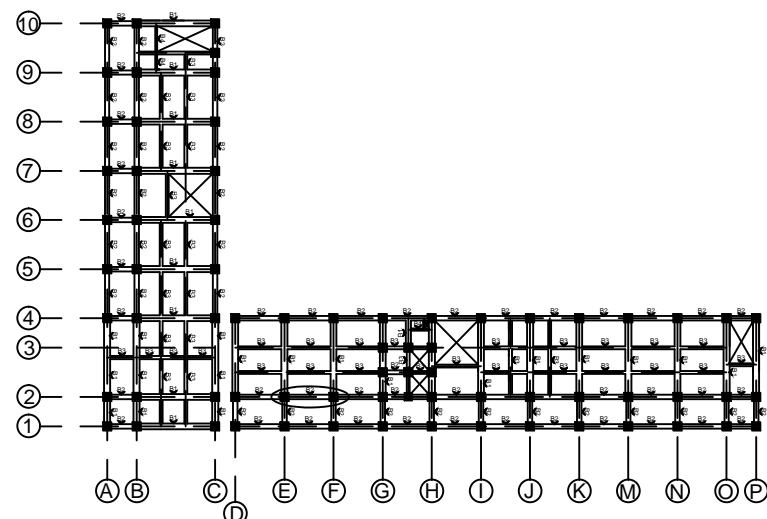
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B2

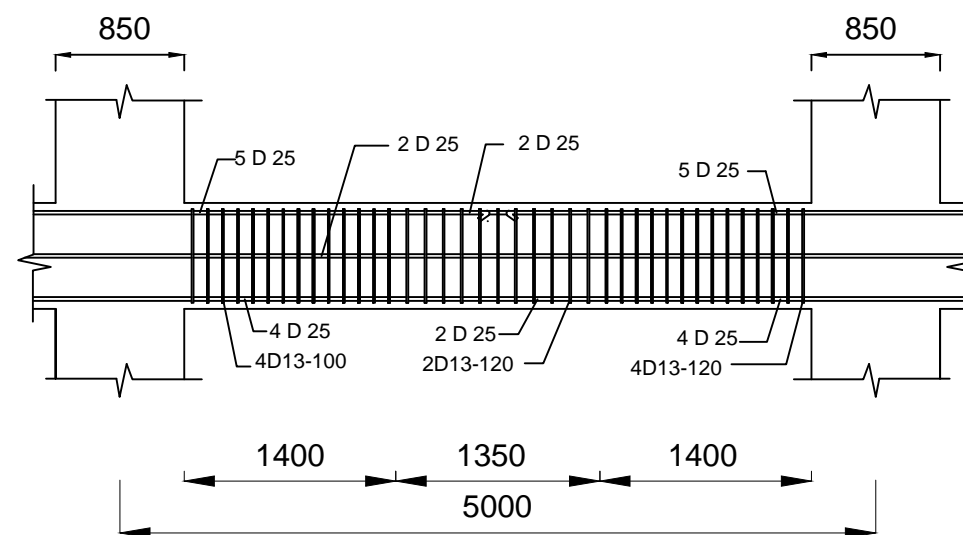
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

37

62

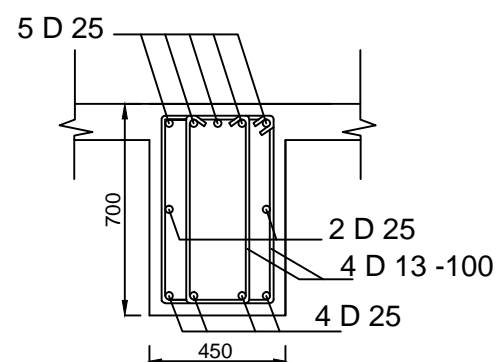


KEYPLAN BALOK B2
 SKALA 1 : 800

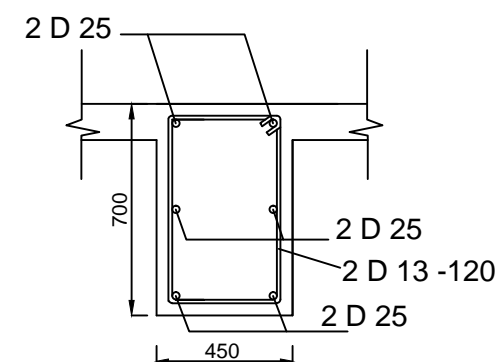


DETAIL PENULANGAN BALOK B2
 SKALA 1 : 50

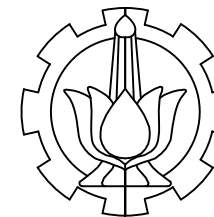
| Kode | B 2 | |
|---------------|-------------|-------------|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 450 x 700 | 450 x 700 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 5 D 25 | 2 D 25 |
| Tul Samping | 2 D 25 | 2 D 25 |
| Tul Bawah | 4 D 25 | 2 D 25 |
| Sengkang | 4 D 13 -100 | 2 D 13 -120 |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 25



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

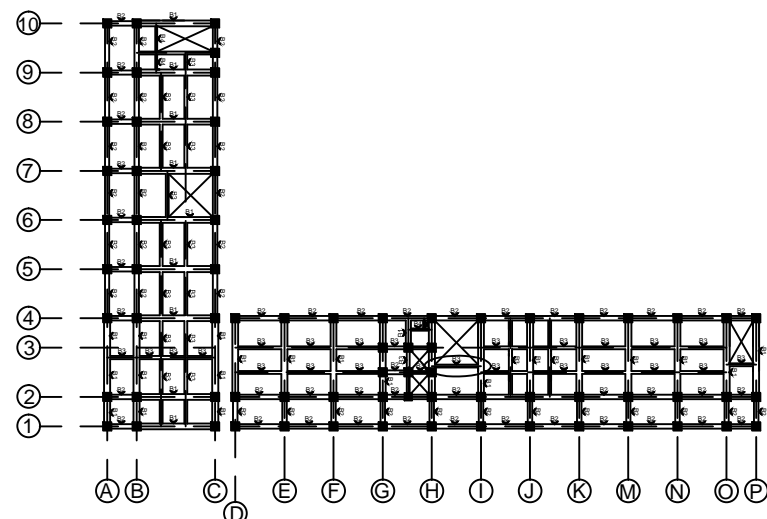
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

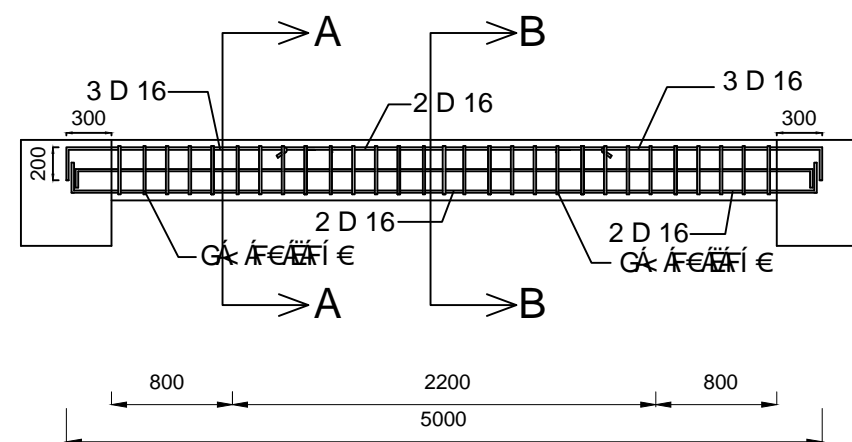
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B3

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 38 | 62 |

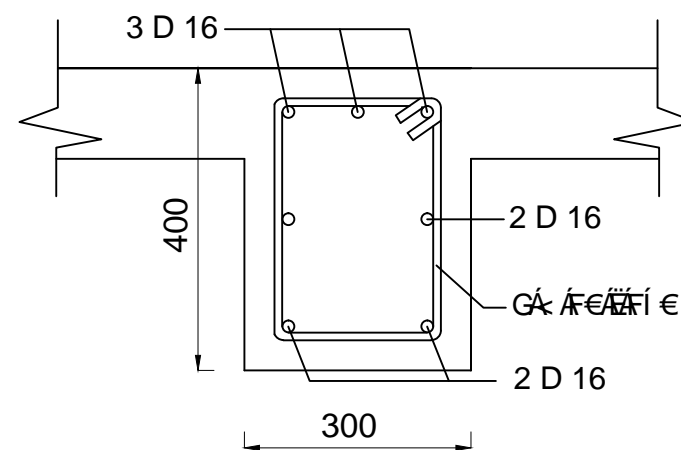


KEYPLAN BALOK B3
 SKALA 1 : 800

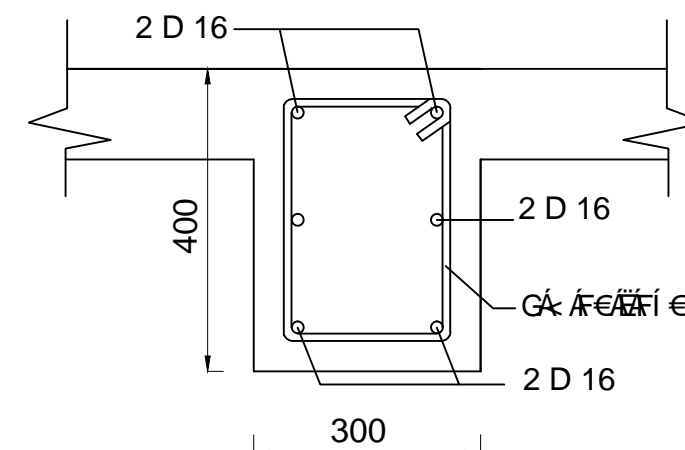


DETAIL PENULANGAN BALOK B3
 SKALA 1 : 50

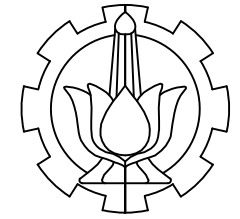
| Kode | B 3 | |
|---------------|-----------|-----------|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Posisi | | |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 300 x 400 | 300 x 400 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 3 D 16 | 2 D 16 |
| Tul Samping | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Tul Bawah | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Sengkang | | |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 10



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B4

KODE GAMBAR SKALA

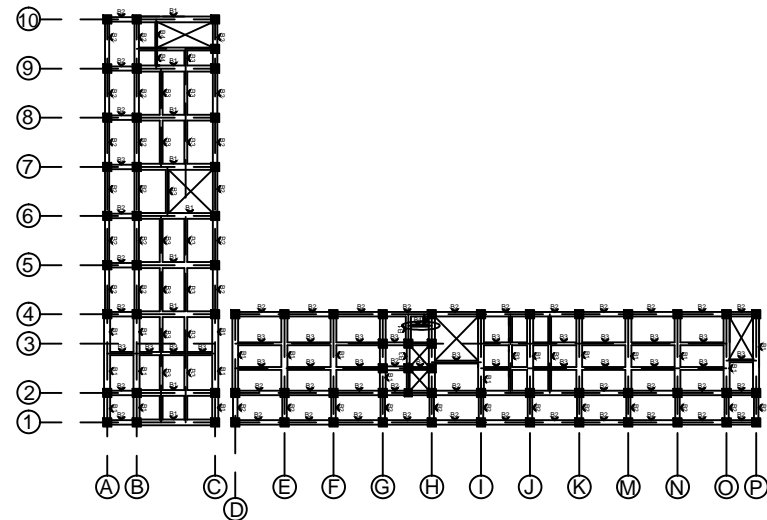
STR

-

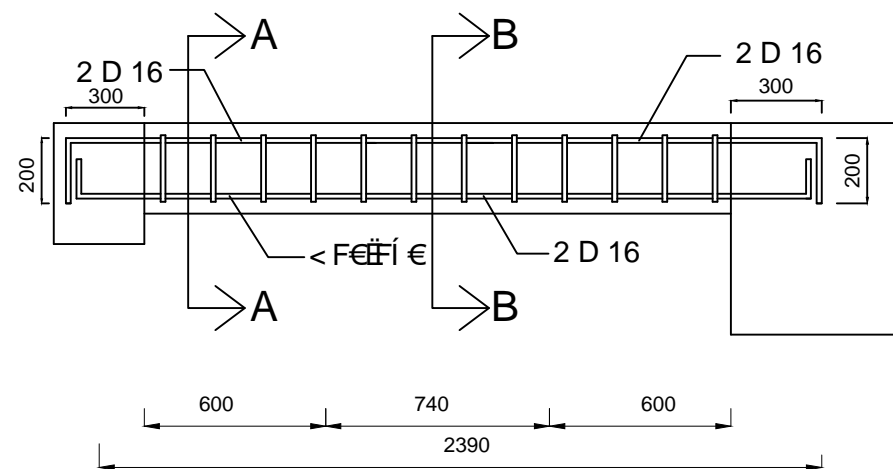
NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

39

62

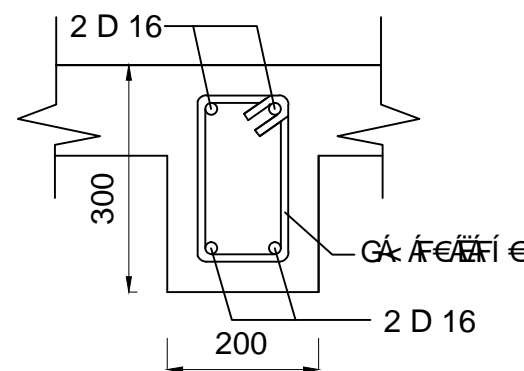


KEYPLAN BALOK B4
 SKALA 1 : 800

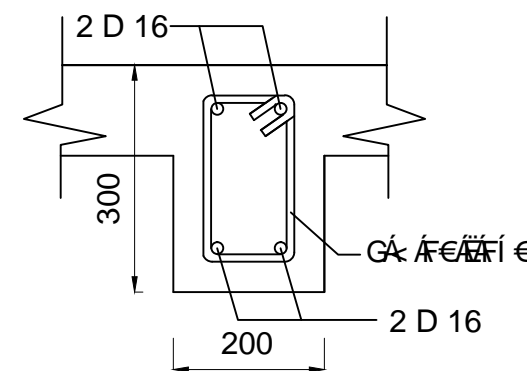


DETAIL PENULANGAN BALOK B4
 SKALA 1 : 25

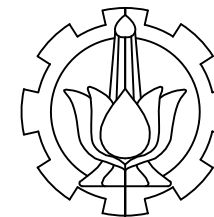
| Kode | B 4 | |
|---------------|--|--|
| Posisi | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 200 x 300 | 200 x 300 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Tul Samping | - | - |
| Tul Bawah | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Sengkang | $\text{GA} \text{ A} \text{€} \text{A} \text{€}$ | $\text{GA} \text{ A} \text{€} \text{A} \text{€}$ |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 10



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

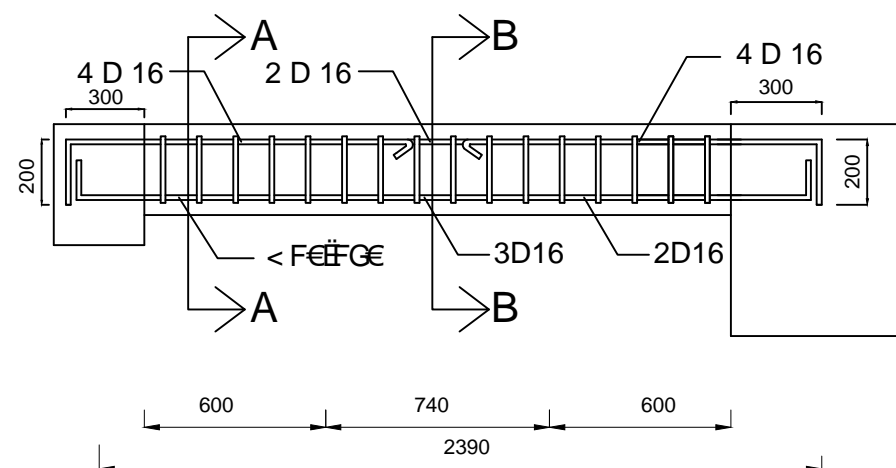
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

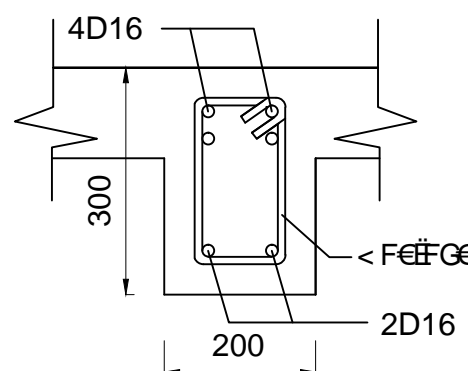
DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 40 | 62 |

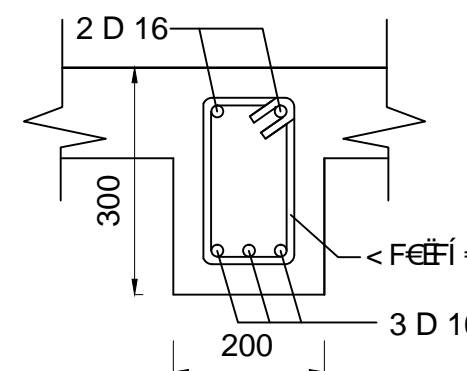


DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT
 SKALA 1 : 25

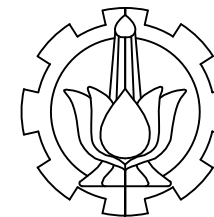
| Kode | B LIFT | |
|---------------|-----------|-----------|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 200 x 300 | 200 x 300 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 4 D 16 | 2 D 16 |
| Tul Samping | - | - |
| Tul Bawah | 2 D 16 | 3 D 16 |
| Sengkang | | |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 10



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

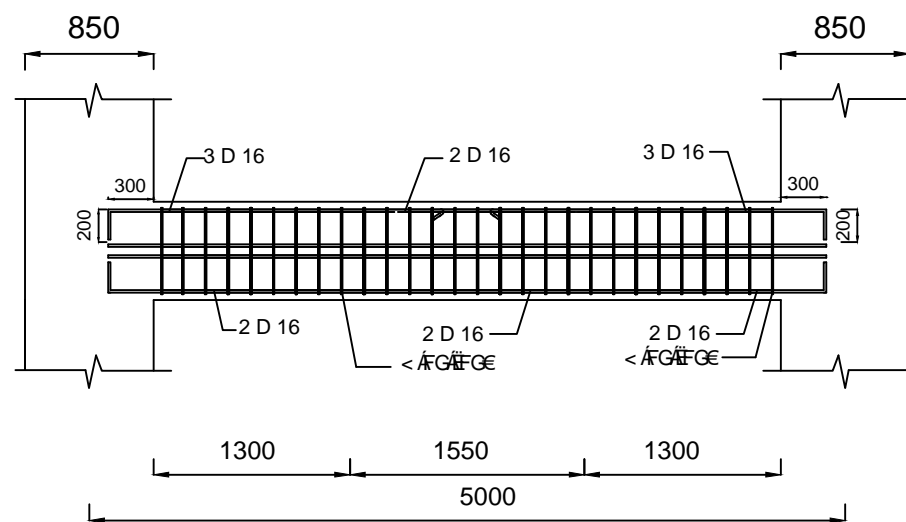
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK BORDES

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

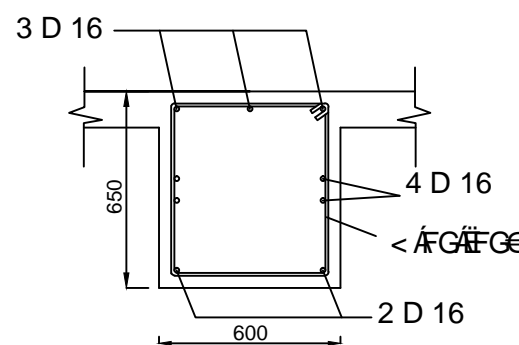
41

62

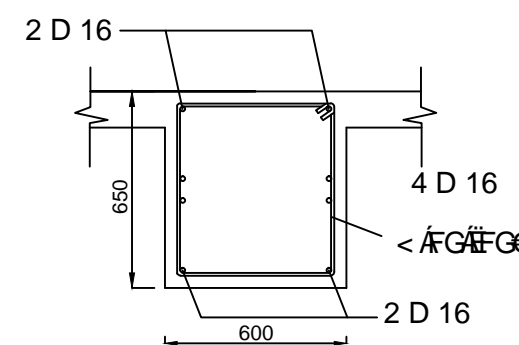


DETAIL PENULANGAN BALOK BORDES
 SKALA 1 : 50

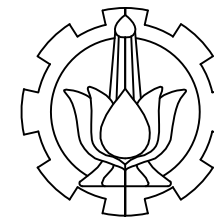
| Kode | B Bordes | |
|---------------|--|--|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Posisi | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 300 x 400 | 300 x 400 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 3 D 16 | 2 D 16 |
| Tul Samping | 4 D 16 | 4 D 16 |
| Tul Bawah | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Sengkang | | |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 25



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

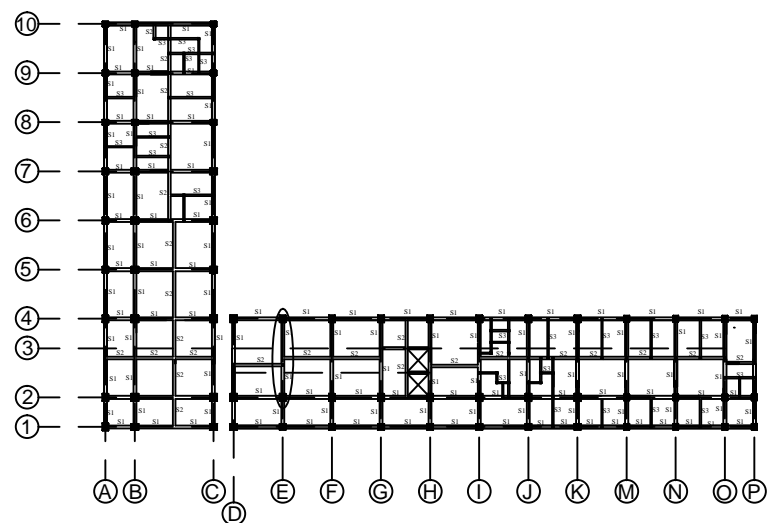
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

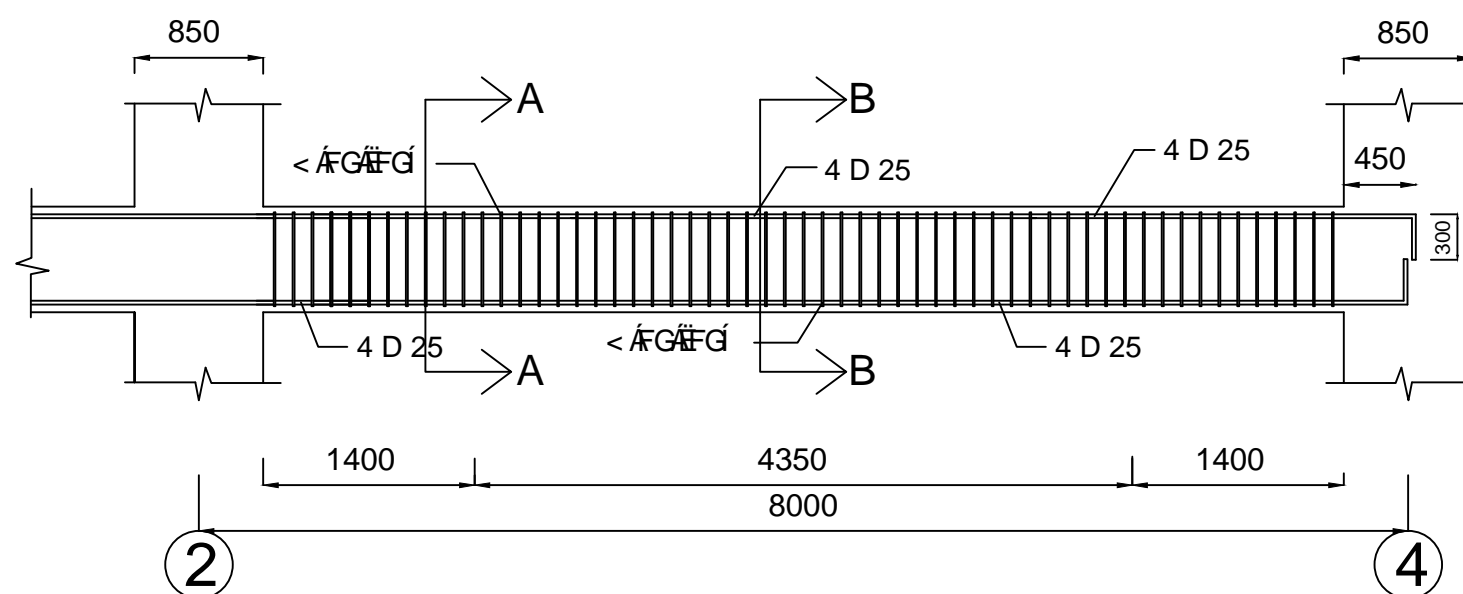
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S1

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 42 | 62 |

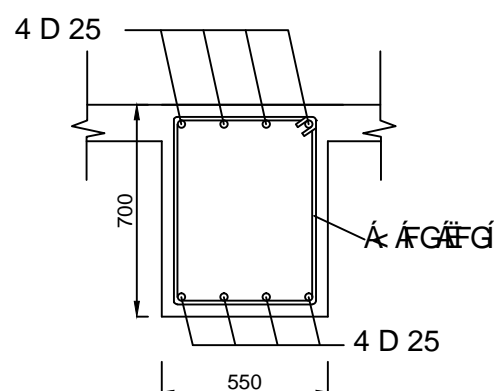


KEYPLAN SLOOF S1
 SKALA 1 : 800

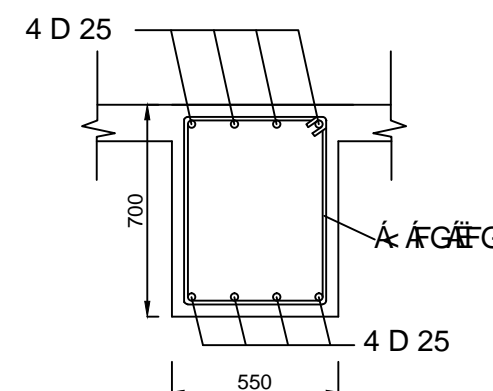


DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S1
 SKALA 1 : 50

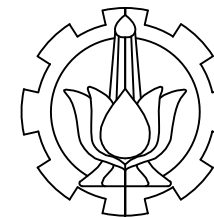
| Kode | S 1 | |
|---------------|---|---|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 550 x 700 | 550 x 700 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 4 D 25 | 4 D 25 |
| Tul Samping | - | - |
| Tul Bawah | 4 D 25 | 4 D 25 |
| Sengkang | $\text{GA} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}}$ | $\text{GA} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}}$ |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 25



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

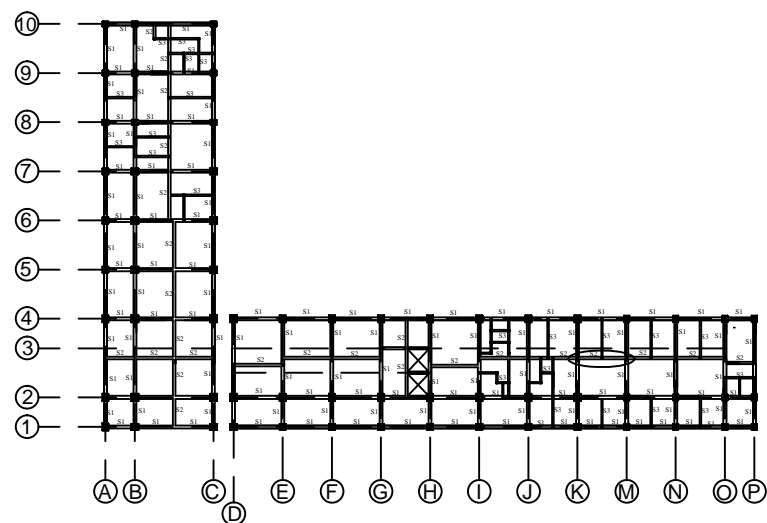
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

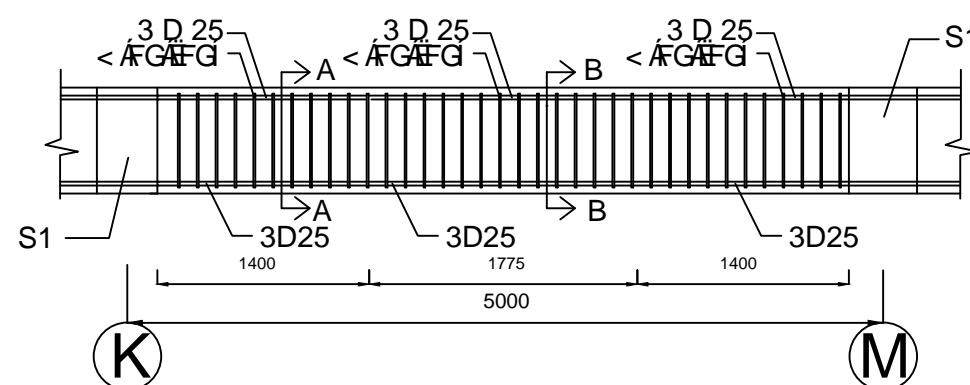
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S2

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 43 | 62 |

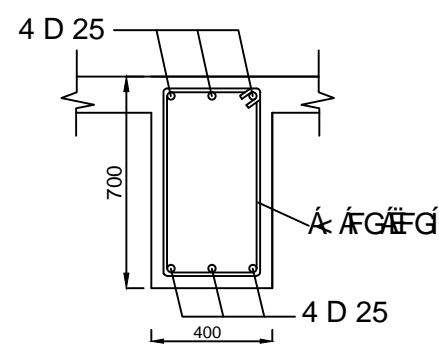


KEYPLAN SLOOF S2
 SKALA 1 : 800

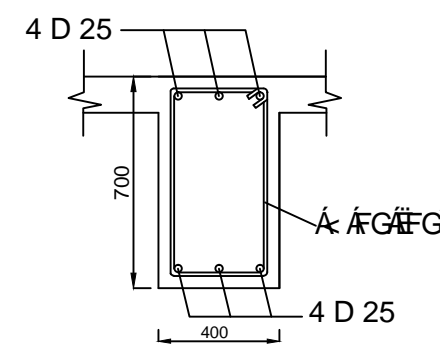


DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S2
 SKALA 1 : 50

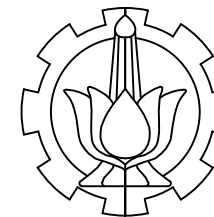
| Kode | S 2 | |
|---------------|---|---|
| | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 400 x 700 | 400 x 700 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 3 D 25 | 3 D 25 |
| Tul Samping | - | - |
| Tul Bawah | 3 D 25 | 3 D 25 |
| Sengkang | $\text{GA} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}}$ | $\text{GA} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}} \text{ } \overline{\text{A}} \text{ } \overline{\text{G}}$ |



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 25



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

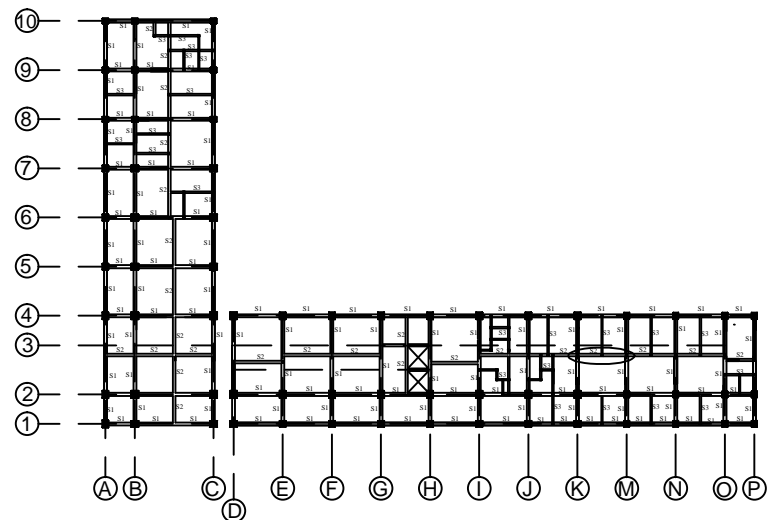
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

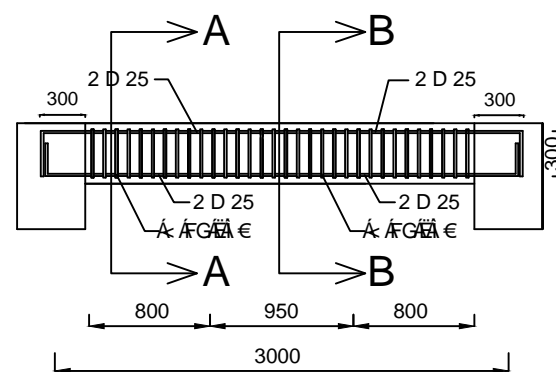
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S3

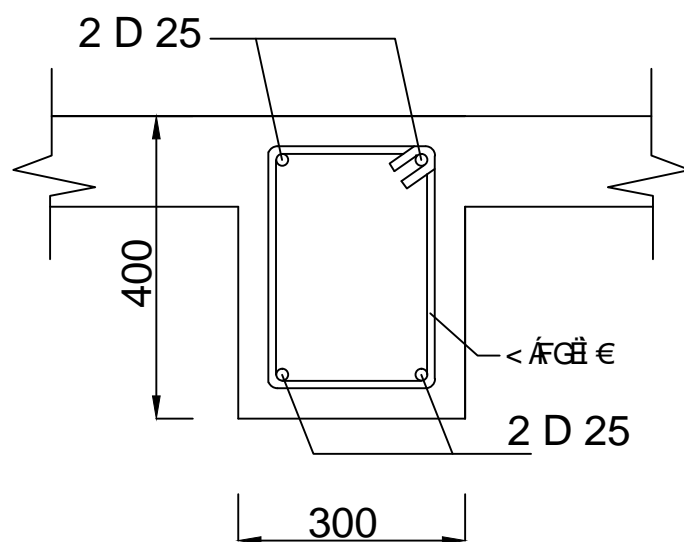
| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 44 | 62 |



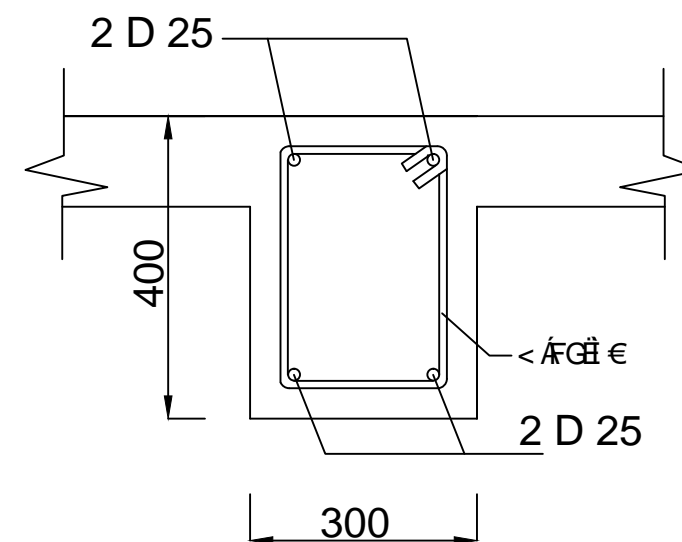
KEYPLAN SLOOF S2
 SKALA 1 : 800



DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S3
 SKALA 1 : 50

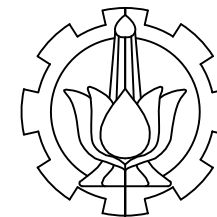


POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 10



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 10

| Kode | S 3 | |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Posisi | Tumpuan | Lapangan |
| Potongan | | |
| Dimensi (mm) | 300 x 400 | 300 x 400 |
| T. Pelat (mm) | 120 | 120 |
| Tul Atas | 2 D 25 | 2 D 25 |
| Tul Samping | - | - |
| Tul Bawah | 2 D 25 | 2 D 25 |
| Sengkang | Δ ∇ ∇ Δ € | Δ ∇ ∇ Δ € |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

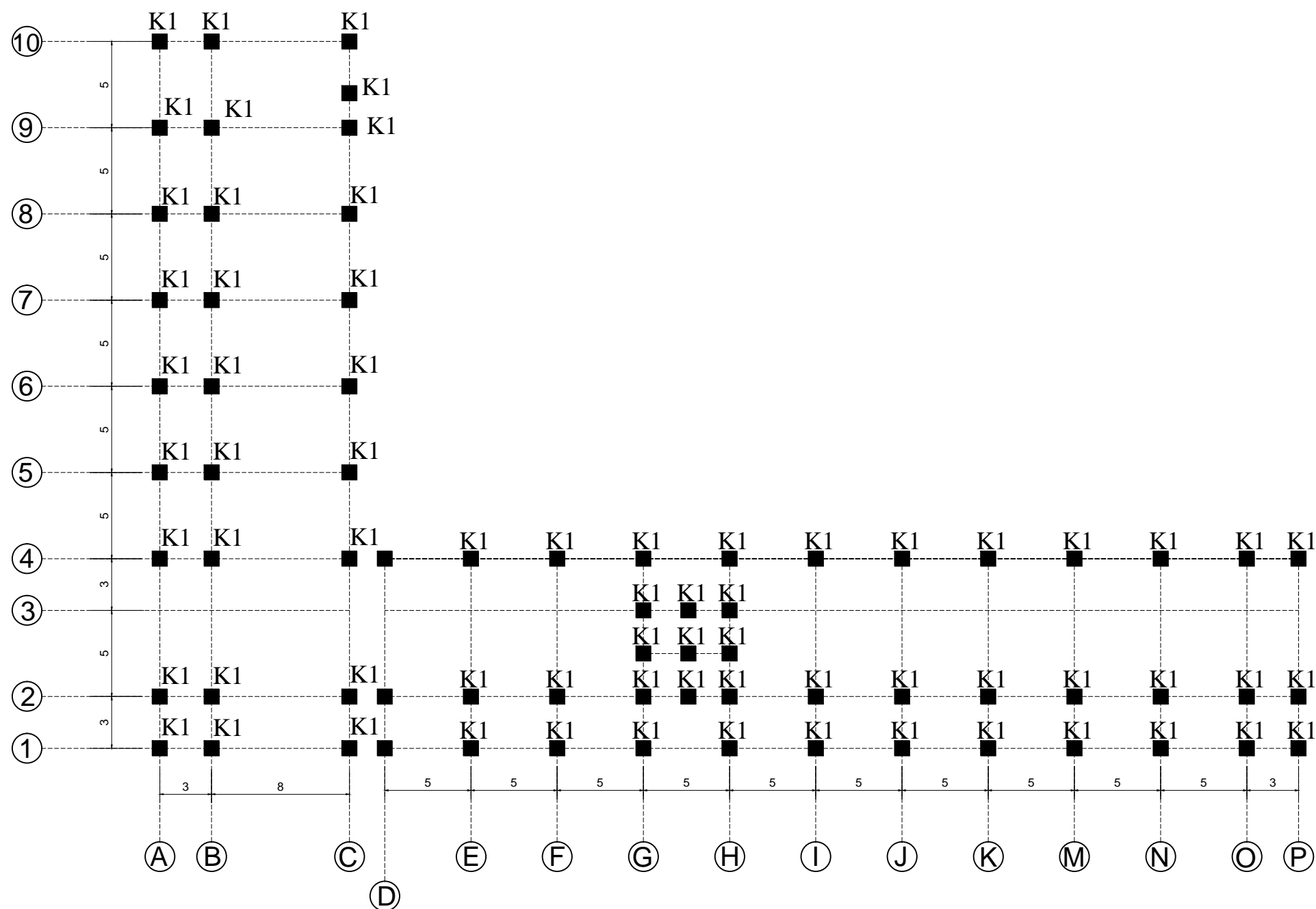
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

**DENAH KOLOM LANTAI
 1-5**

| | |
|-------------|---------------|
| KODE GAMBAR | SKALA |
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 45 | 62 |



DENAH KOLOM LANTAI 1-5
 SKALA 1 : 300

| |
|-------------------|
| KETERANGAN |
| K1 = 85/85 cm |
| K2 = 75/75 cm |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

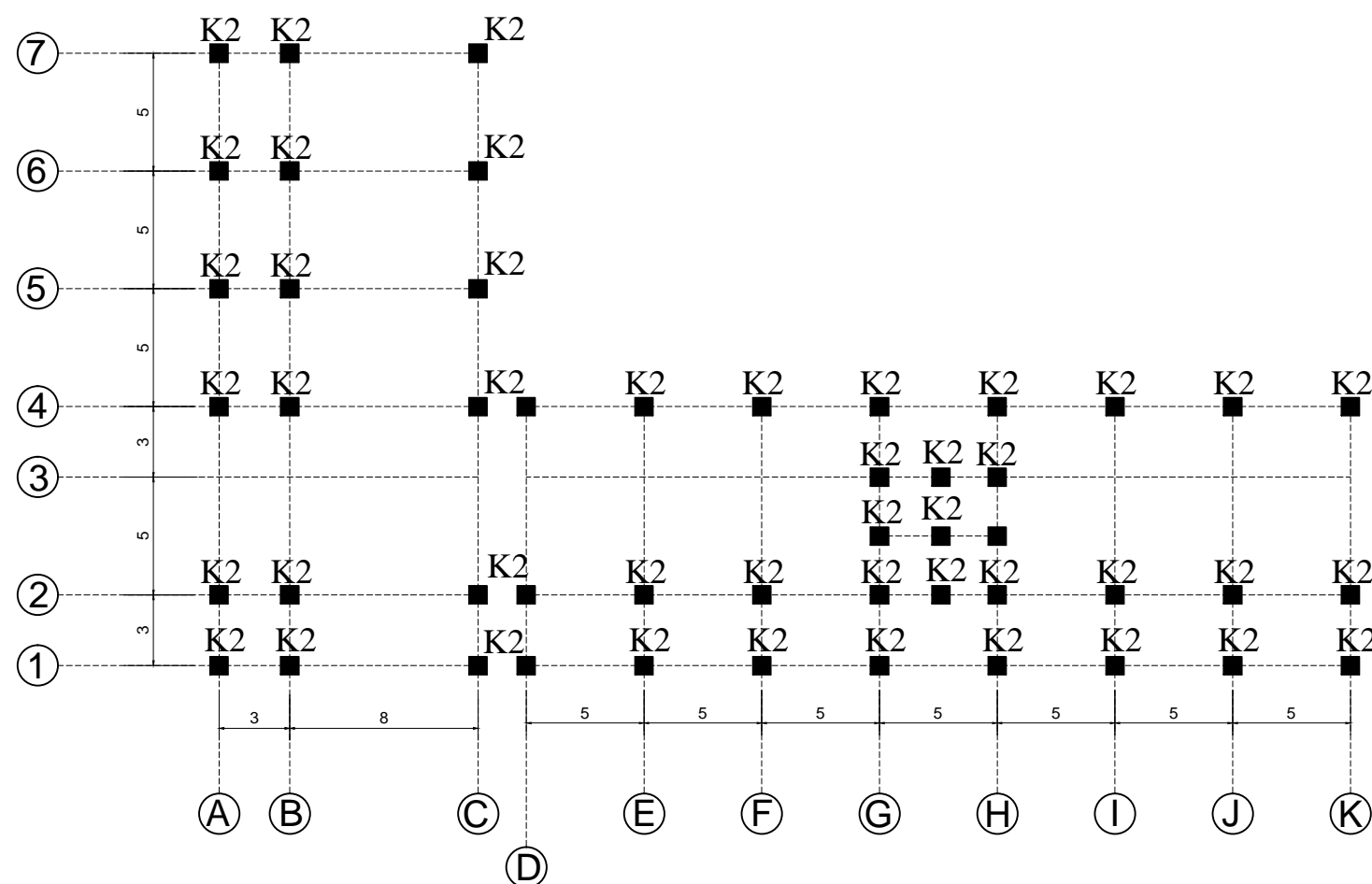
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

**DENAH KOLOM LANTAI
 6-8**

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 46 | 62 |



 **DENAH KOLOM LANTAI 6-8**
 SKALA 1 : 300

| KETERANGAN |
|---------------|
| K1 = 85/85 cm |
| K2 = 75/75 cm |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

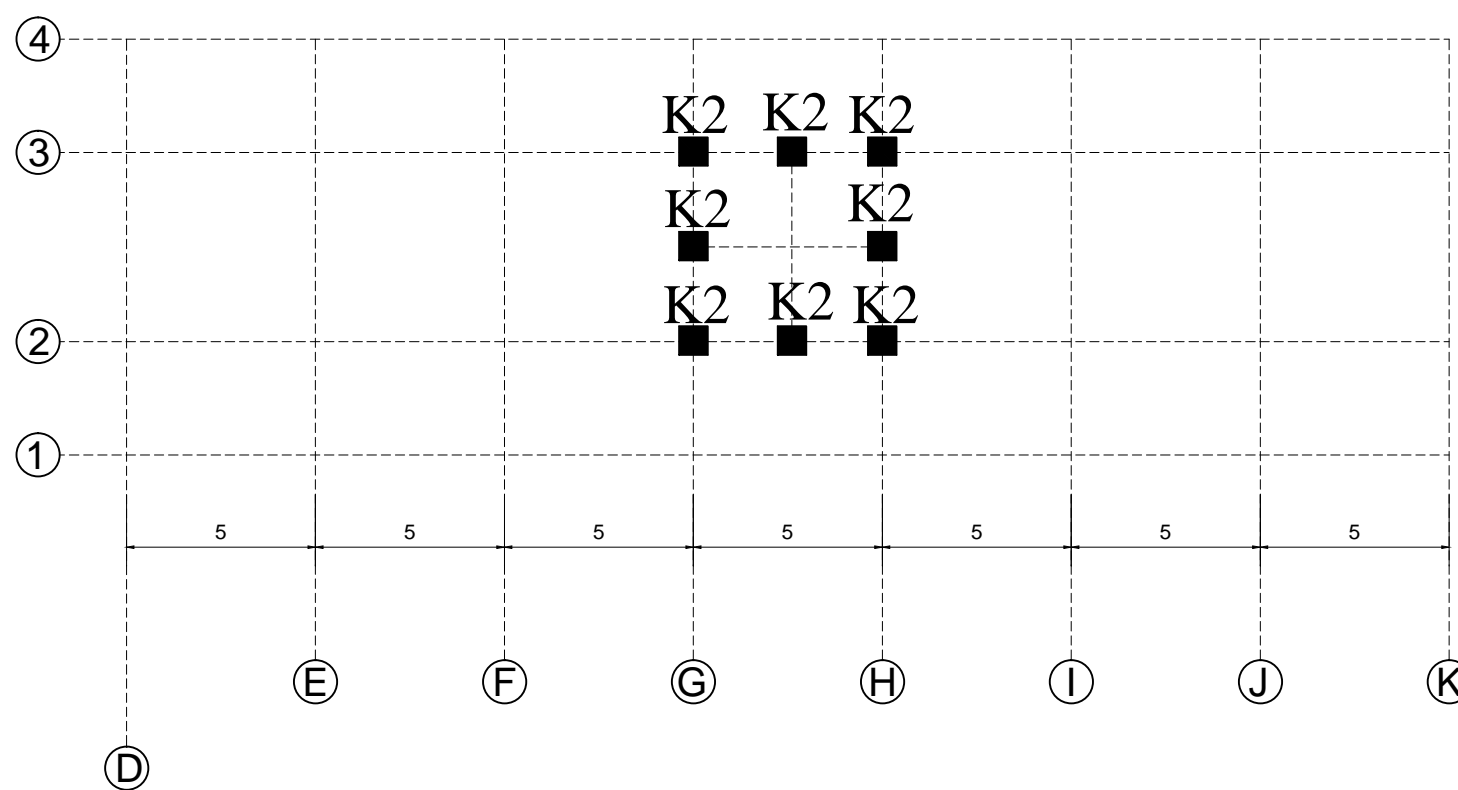
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

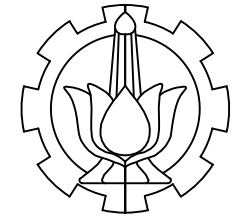
**DENAH KOLOM
 LANTAI 9**

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 200 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 47 | 62 |



DENAH KOLOM LANTAI 9
 SKALA 1 : 200

| KETERANGAN |
|---------------|
| K1 = 85/85 cm |
| K2 = 75/75 cm |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

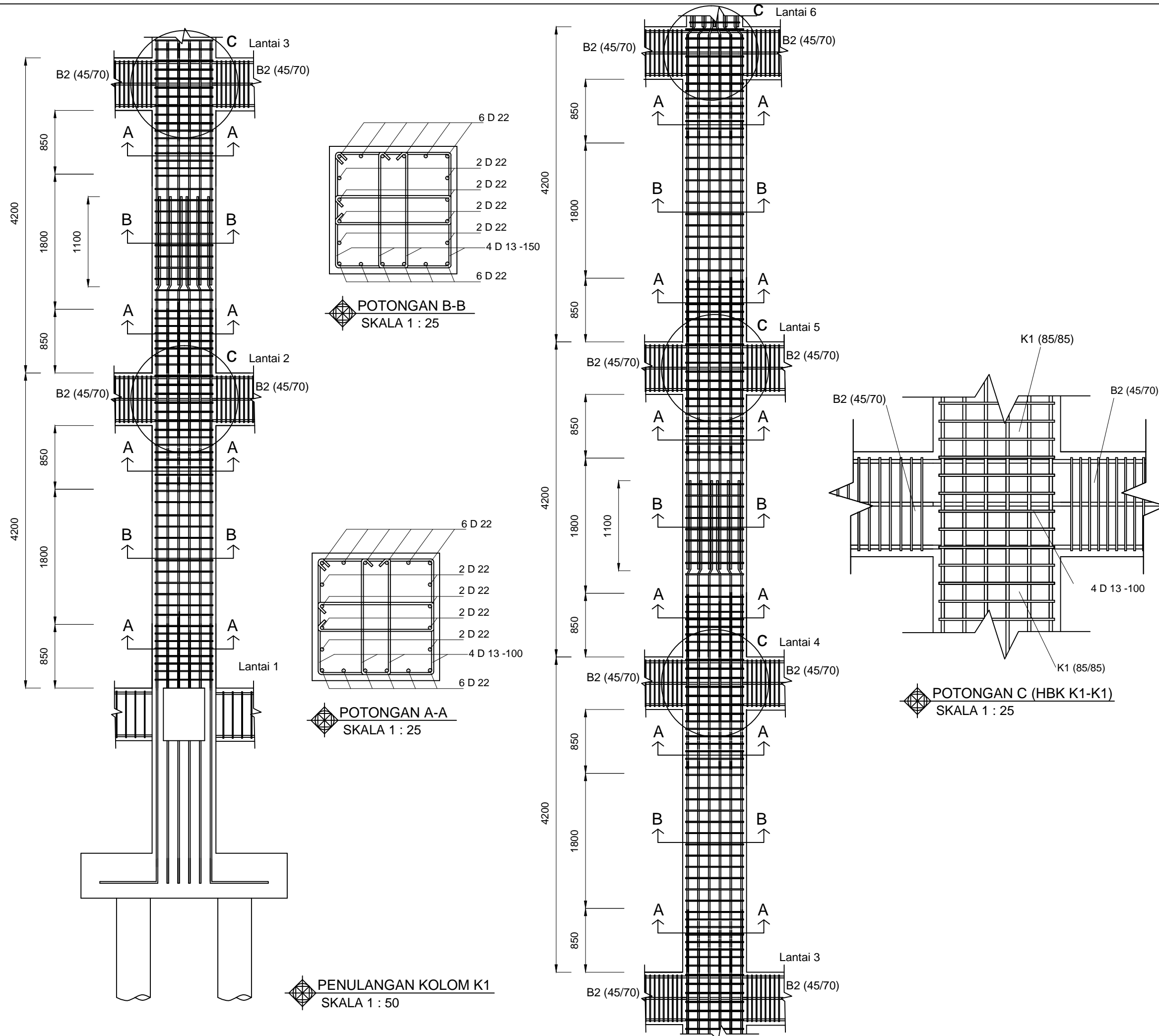
NAMA GAMBAR

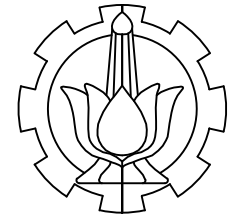
PENULANGAN KOLOM K1

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

48

62





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

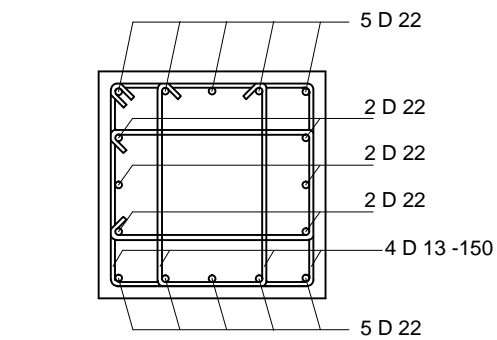
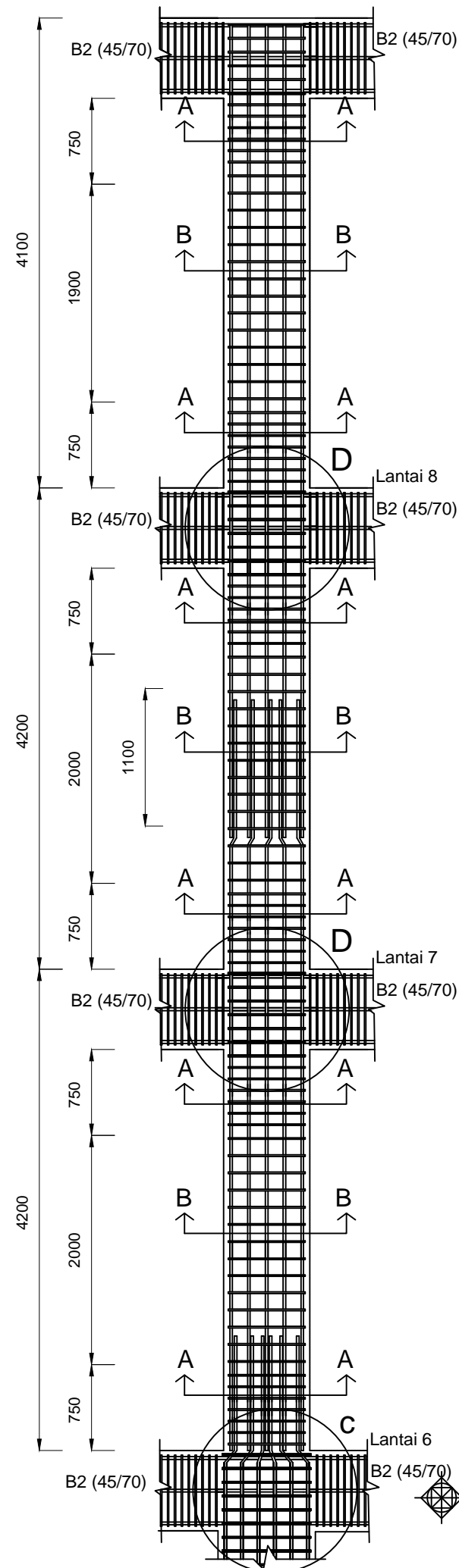
NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM K2

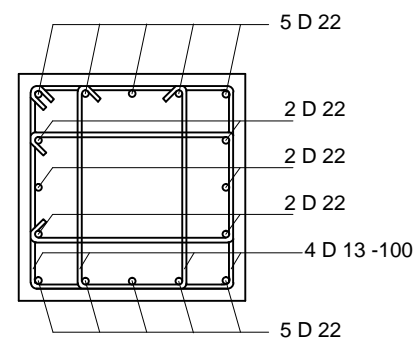
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

49

62

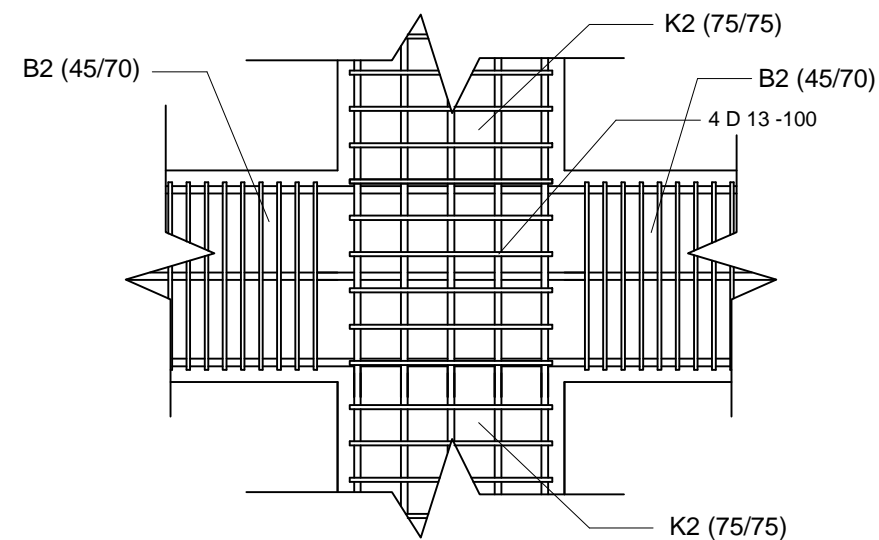


POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 25

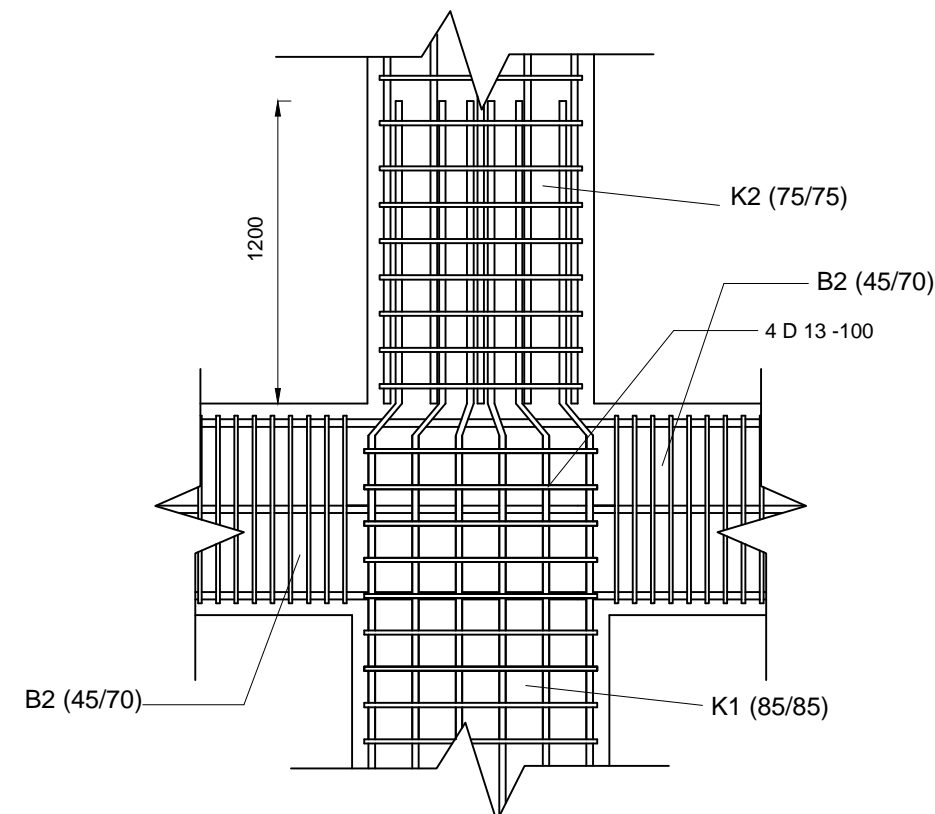


POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 25

PENULANGAN KOLOM K2
 SKALA 1 : 50



POTONGAN D (HBK K2-K2)
 SKALA 1 : 25



POTONGAN C (HBK K1-K2)
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

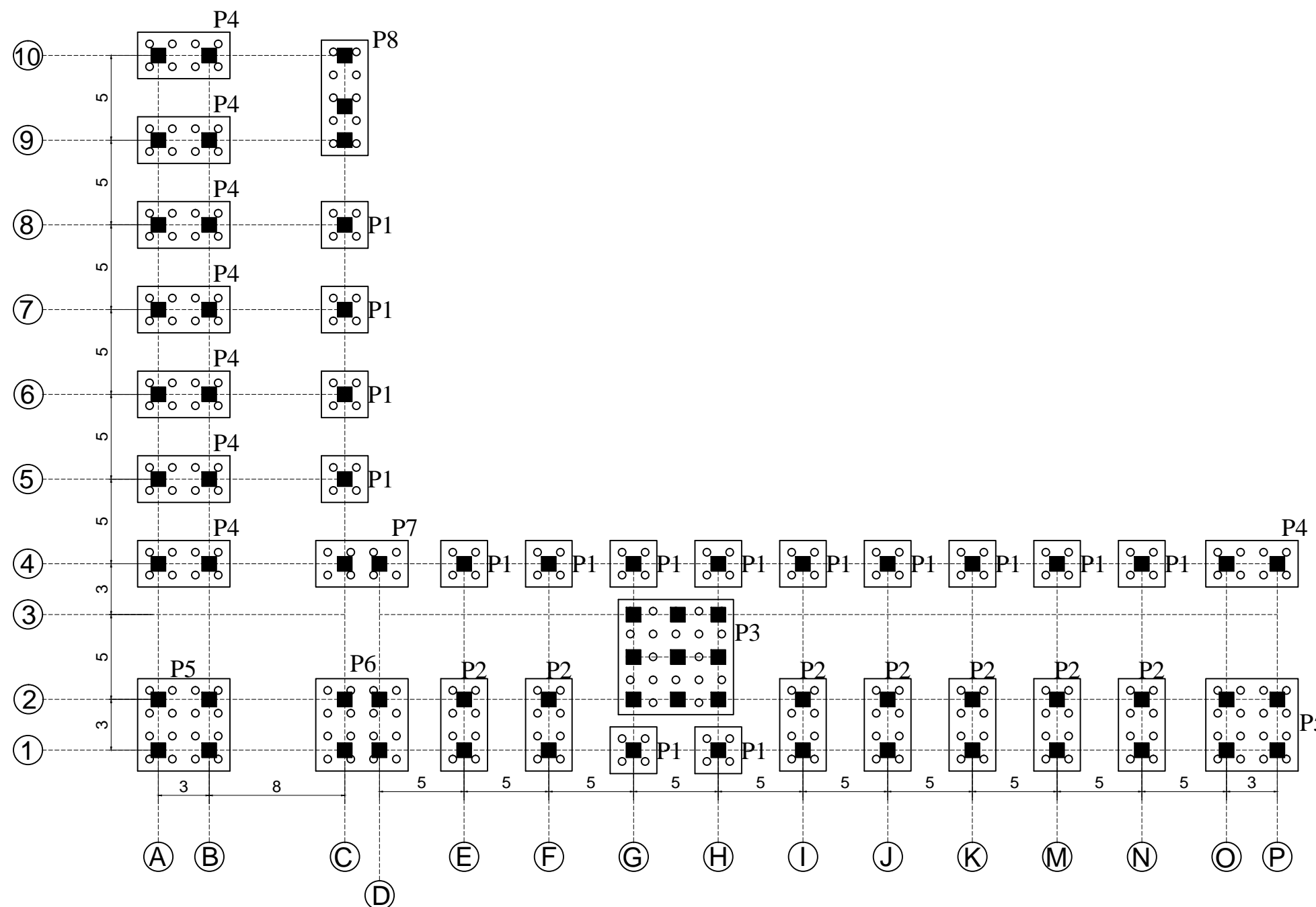
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA PONDASI

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 50 | 62 |



DENAH RENCANA PONDASI
 SKALA 1 : 300

| KETERANGAN | |
|----------------------|----------------------|
| P1 = 2,75 m x 2,75 m | P5 = 5,45 m x 5,45 m |
| P2 = 2,75 m x 5,45 m | P6 = 5,45 m x 5,45 m |
| P3 = 6,8 m x 6,8 m | P7 = 5,45 m x 2,75 m |
| P4 = 5,45 m x 2,75 m | P4 = 5,45 m x 2,75 m |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

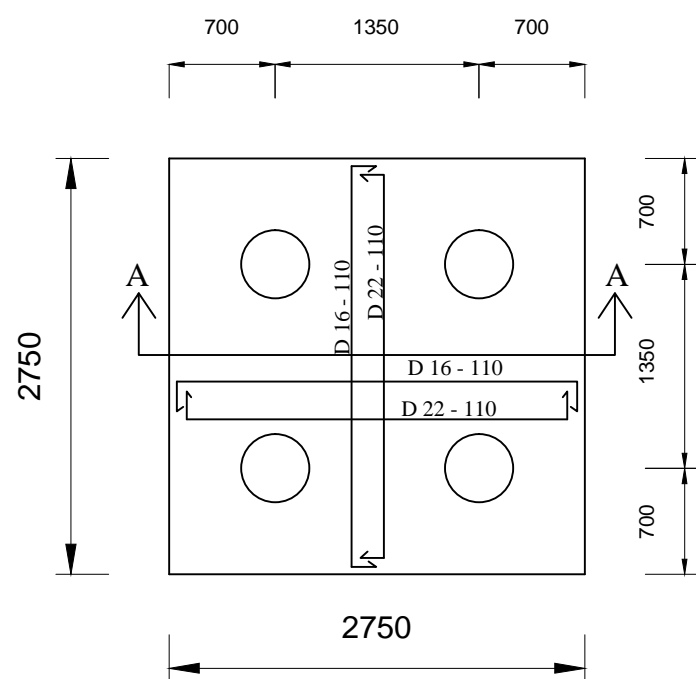
NAMA GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN
 PONDASI P1**

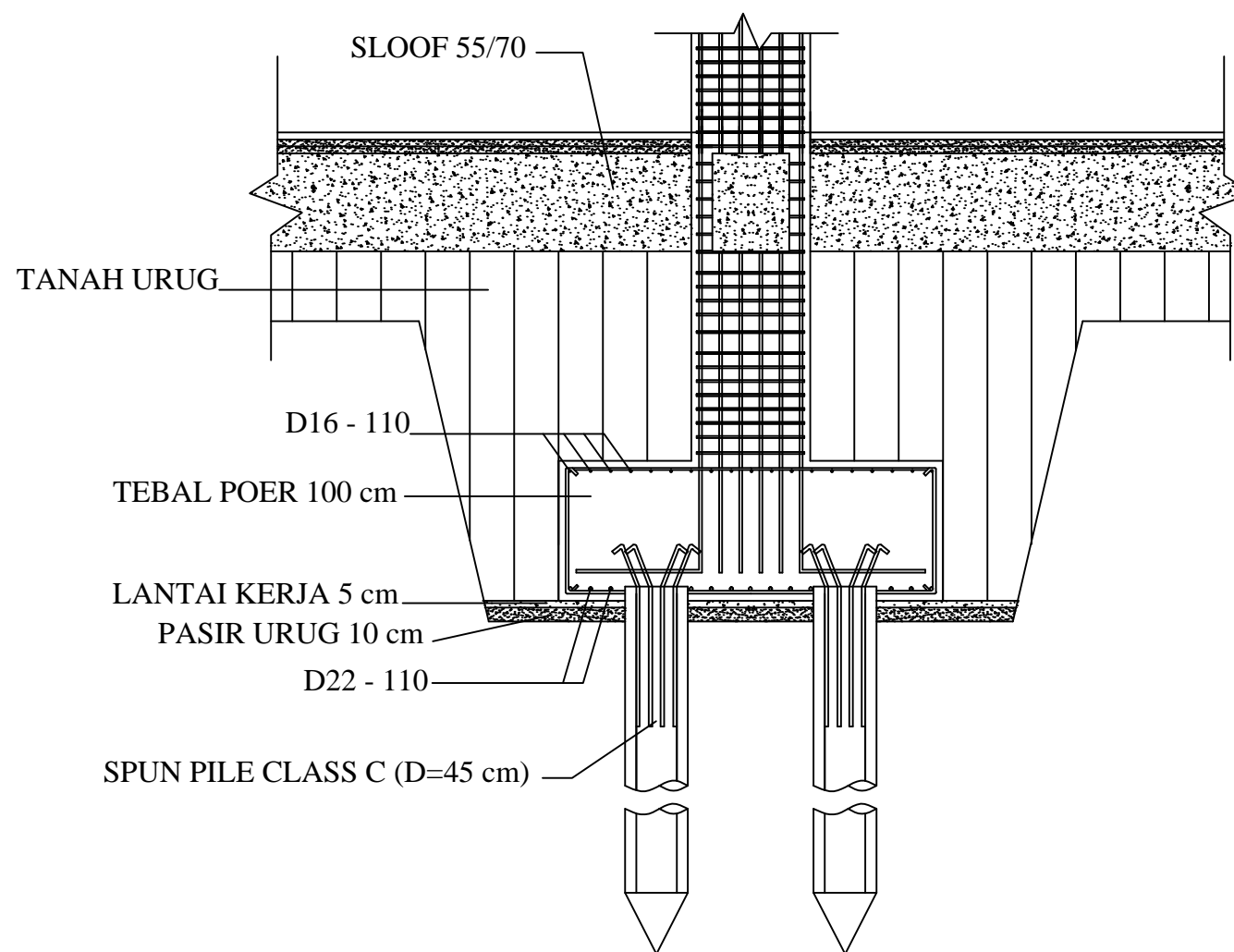
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

51

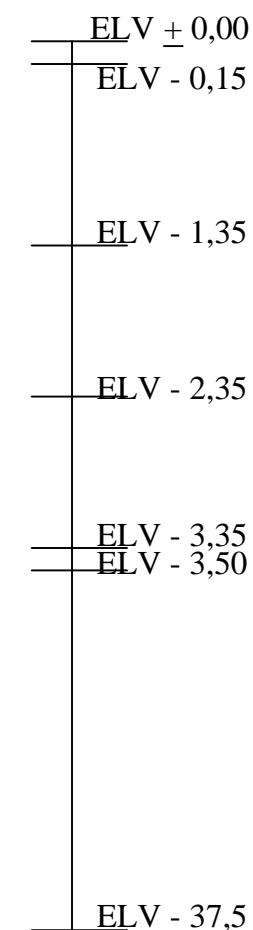
62



PENULANGAN PONDASI P1
 SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A PONDASI P1
 SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

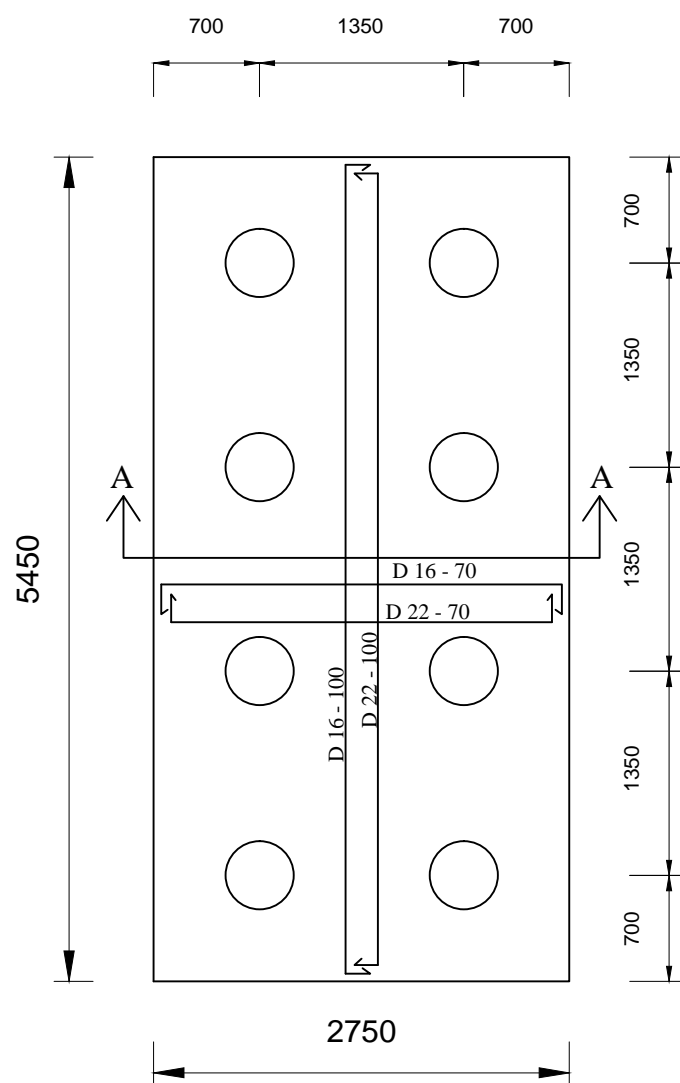
NAMA GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN
 PONDASI P2**

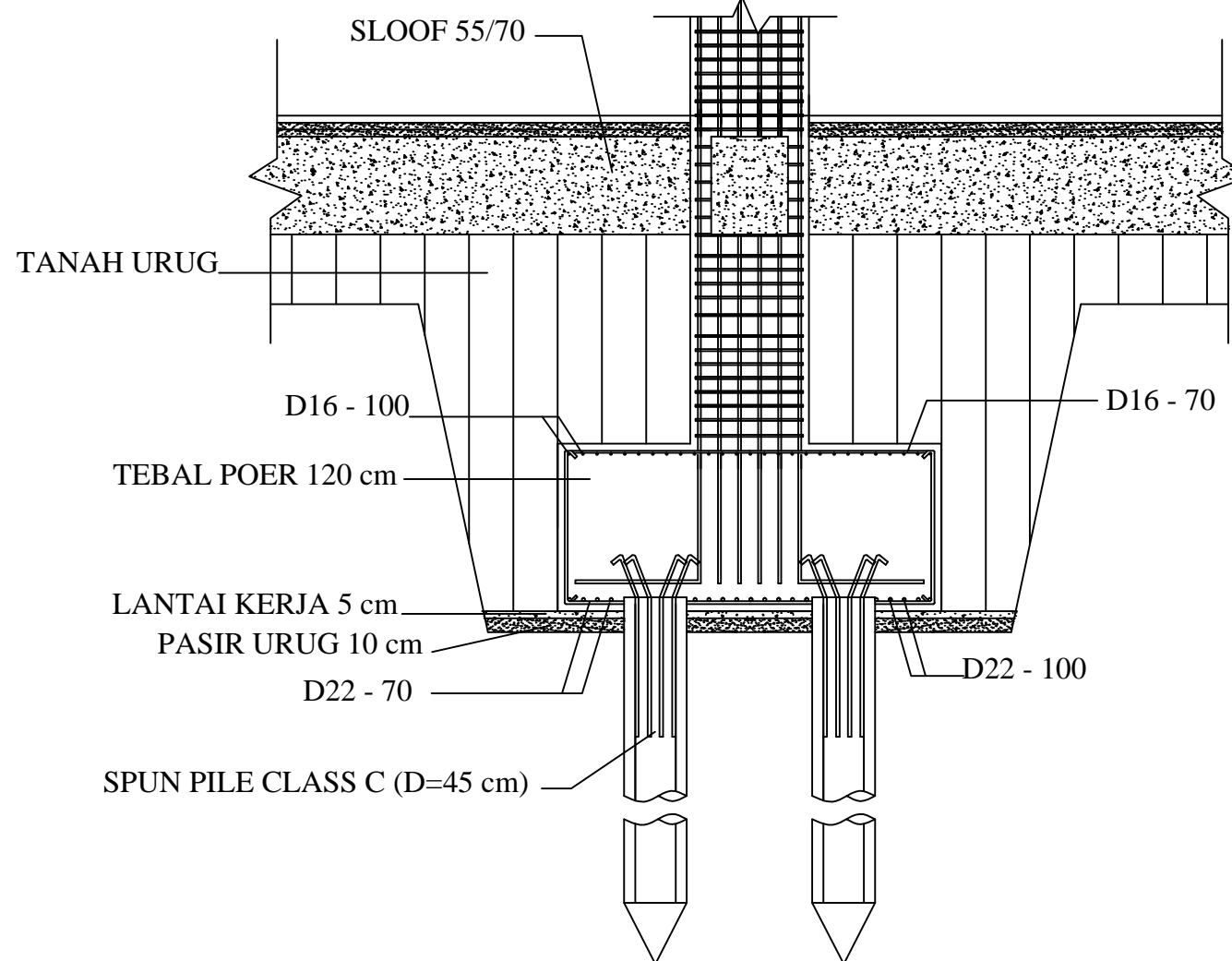
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

52

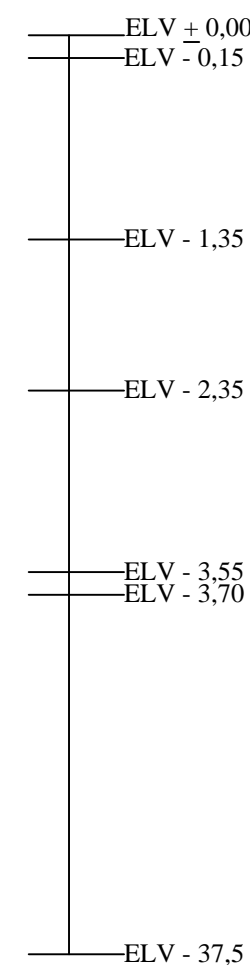
62

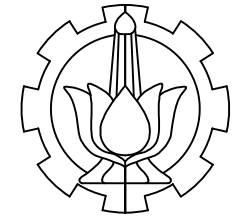


PENULANGAN PONDASI P2
 SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A PONDASI P2
 SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PONDASI P3
 DETAIL PENULANGAN PONDASI P4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

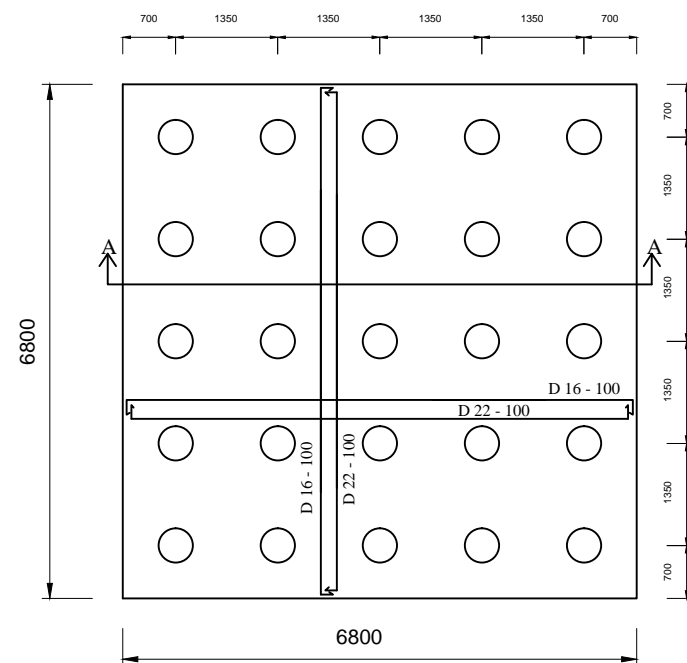
1 : 100

NO GAMBAR

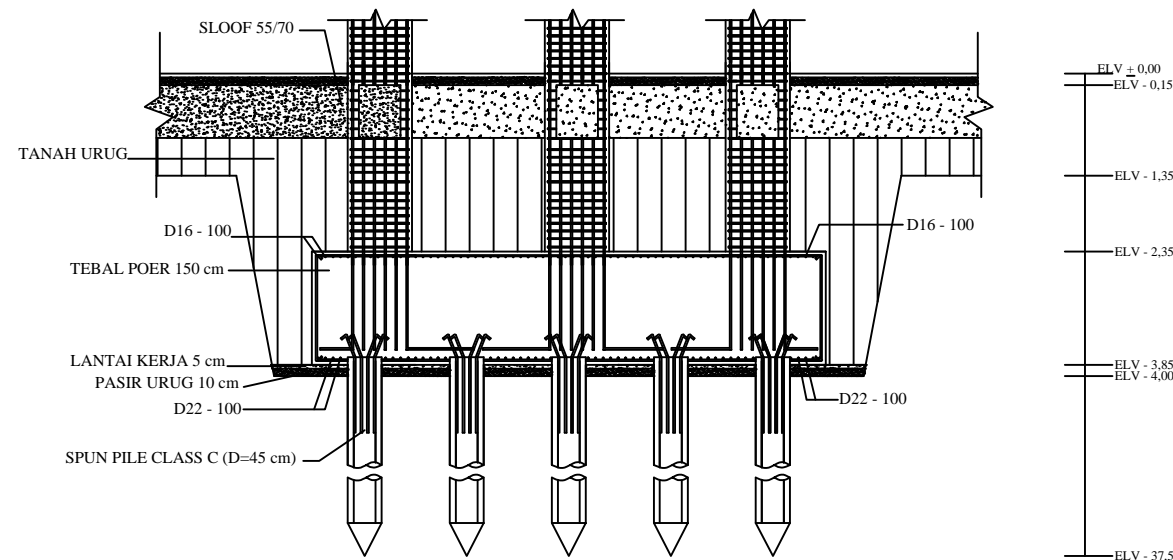
JUMLAH GAMBAR

53

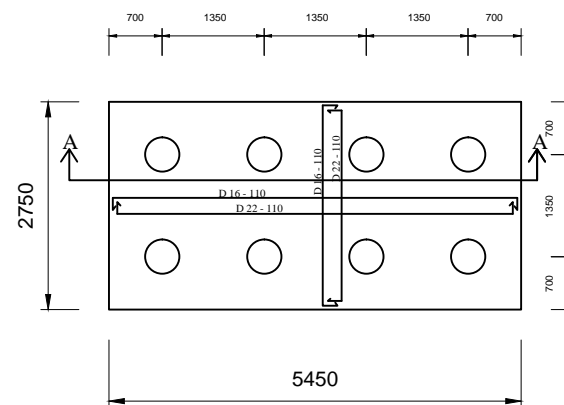
62



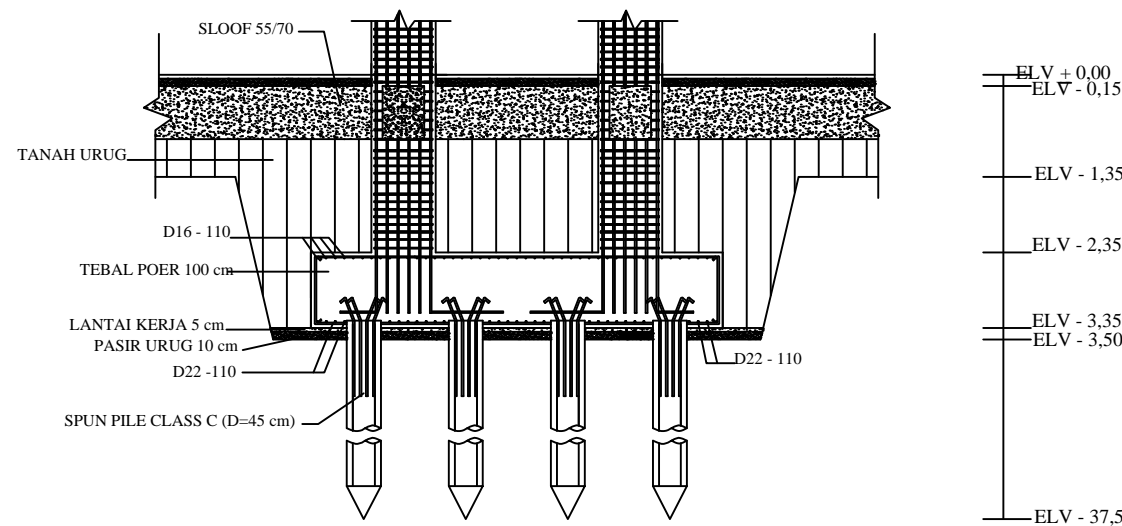
PENULANGAN PONDASI P3
 SKALA 1 : 100



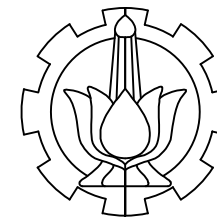
POTONGAN A-A PONDASI P3
 SKALA 1 : 100



PENULANGAN PONDASI P4
 SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A PONDASI P4
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PONDASI P5
 DETAIL PENULANGAN PONDASI P6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

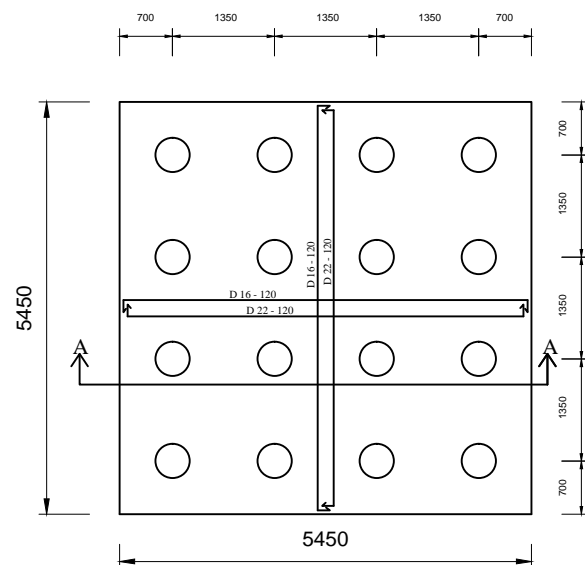
1 : 100

NO GAMBAR

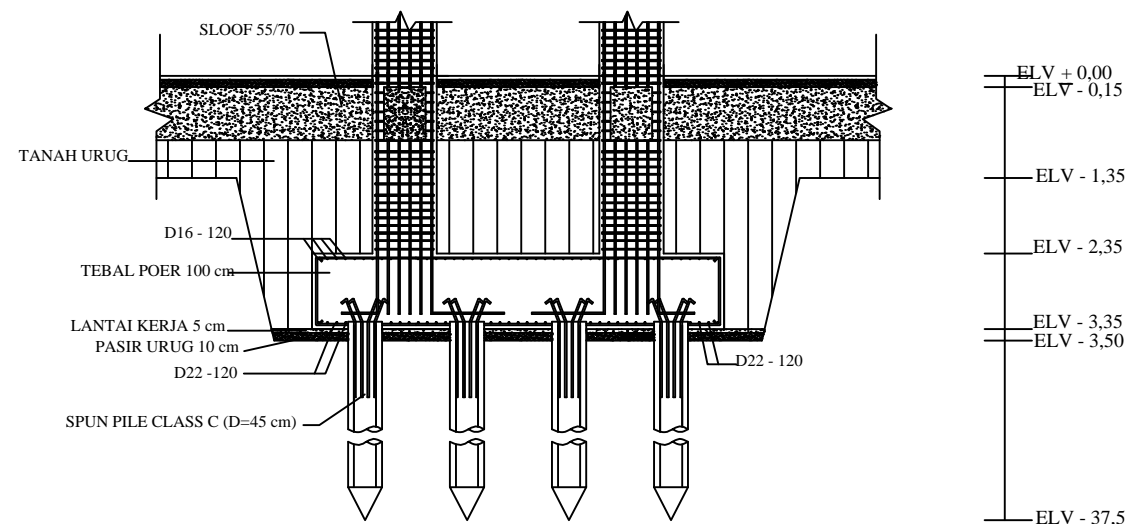
JUMLAH GAMBAR

54

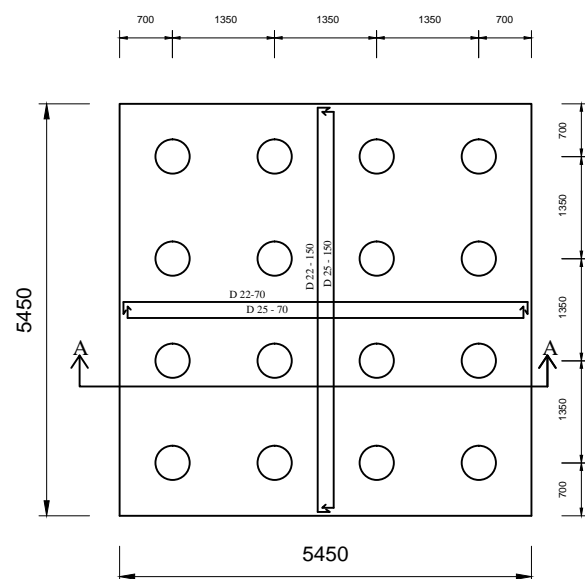
62



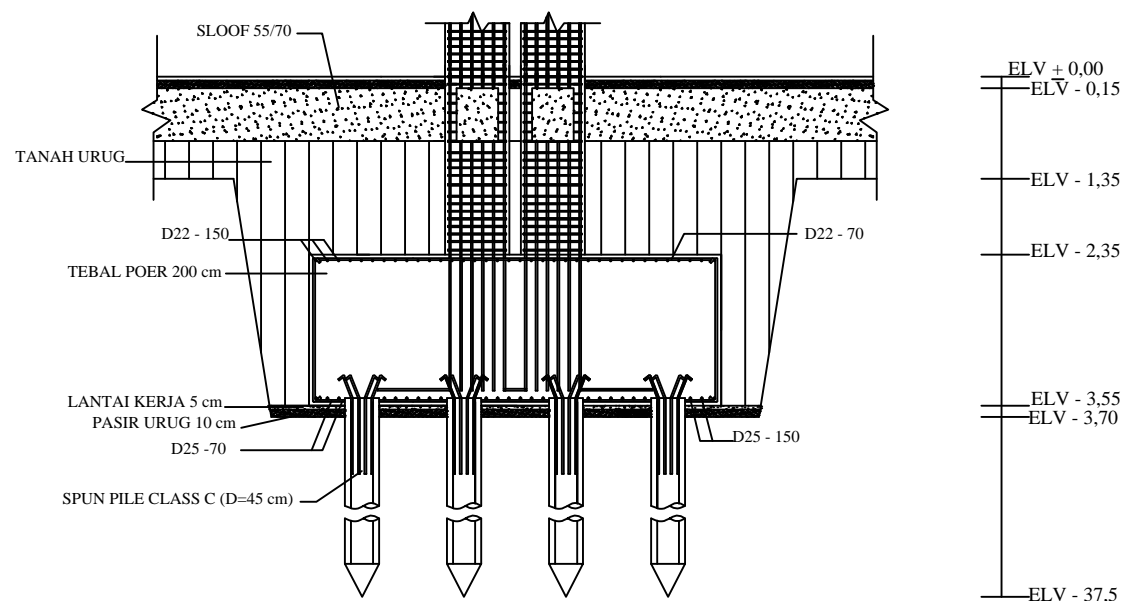
PENULANGAN PONDASI P5
 SKALA 1 : 100



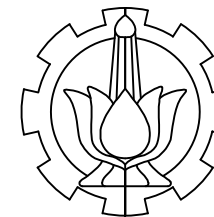
POTONGAN A-A PONDASI P5
 SKALA 1 : 100



PENULANGAN PONDASI P6
 SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A PONDASI P6
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PONDASI P7
 DETAIL PENULANGAN PONDASI P8

KODE GAMBAR

SKALA

STR

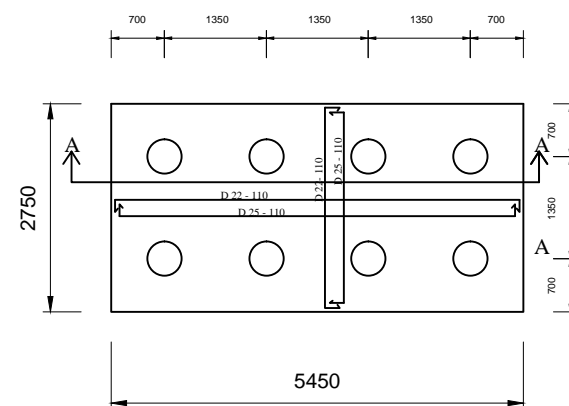
1 : 100

NO GAMBAR

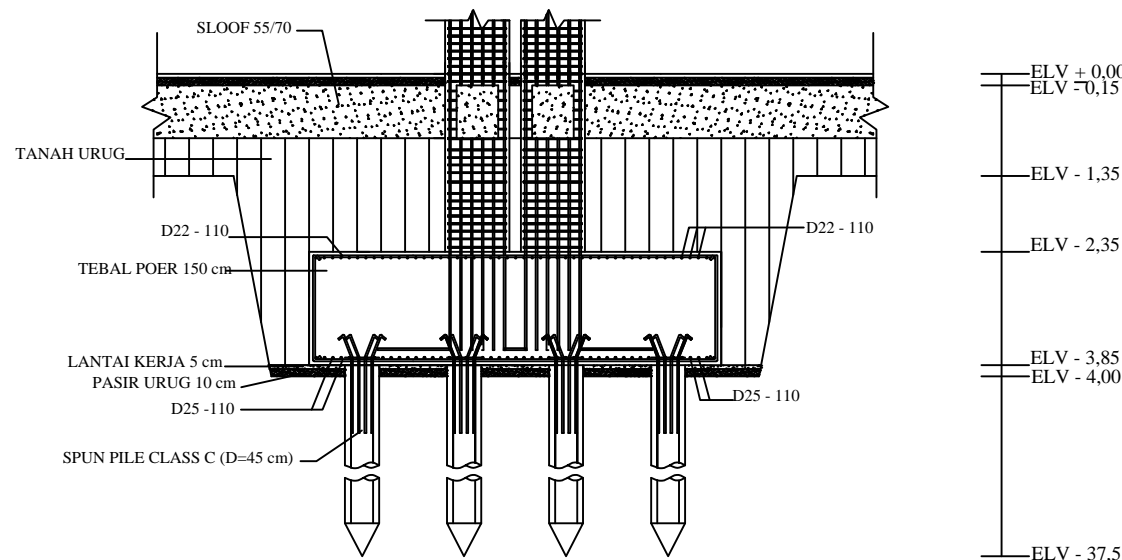
JUMLAH GAMBAR

55

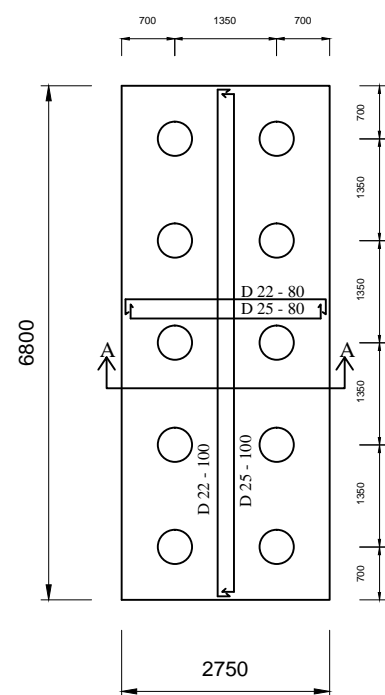
62



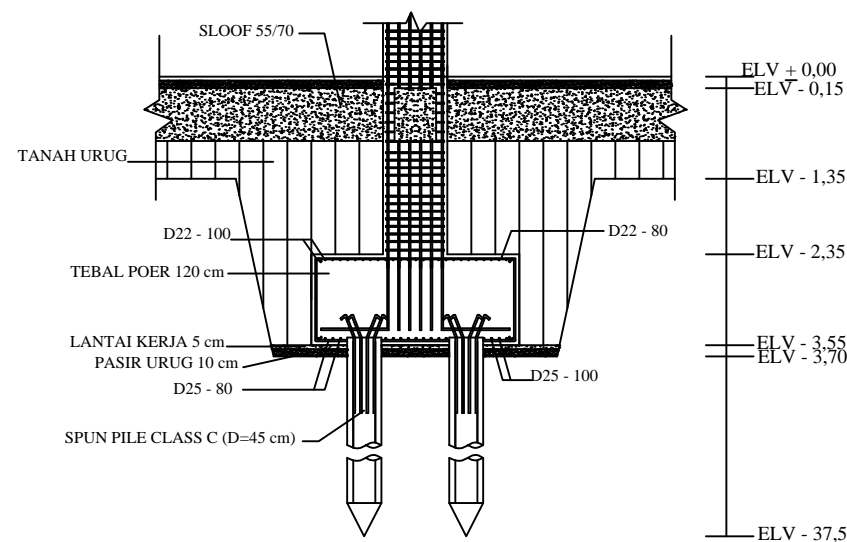
PENULANGAN PONDASI P7
 SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A PONDASI P7
 SKALA 1 : 100



PENULANGAN PONDASI P8
 SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A PONDASI P8
 SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

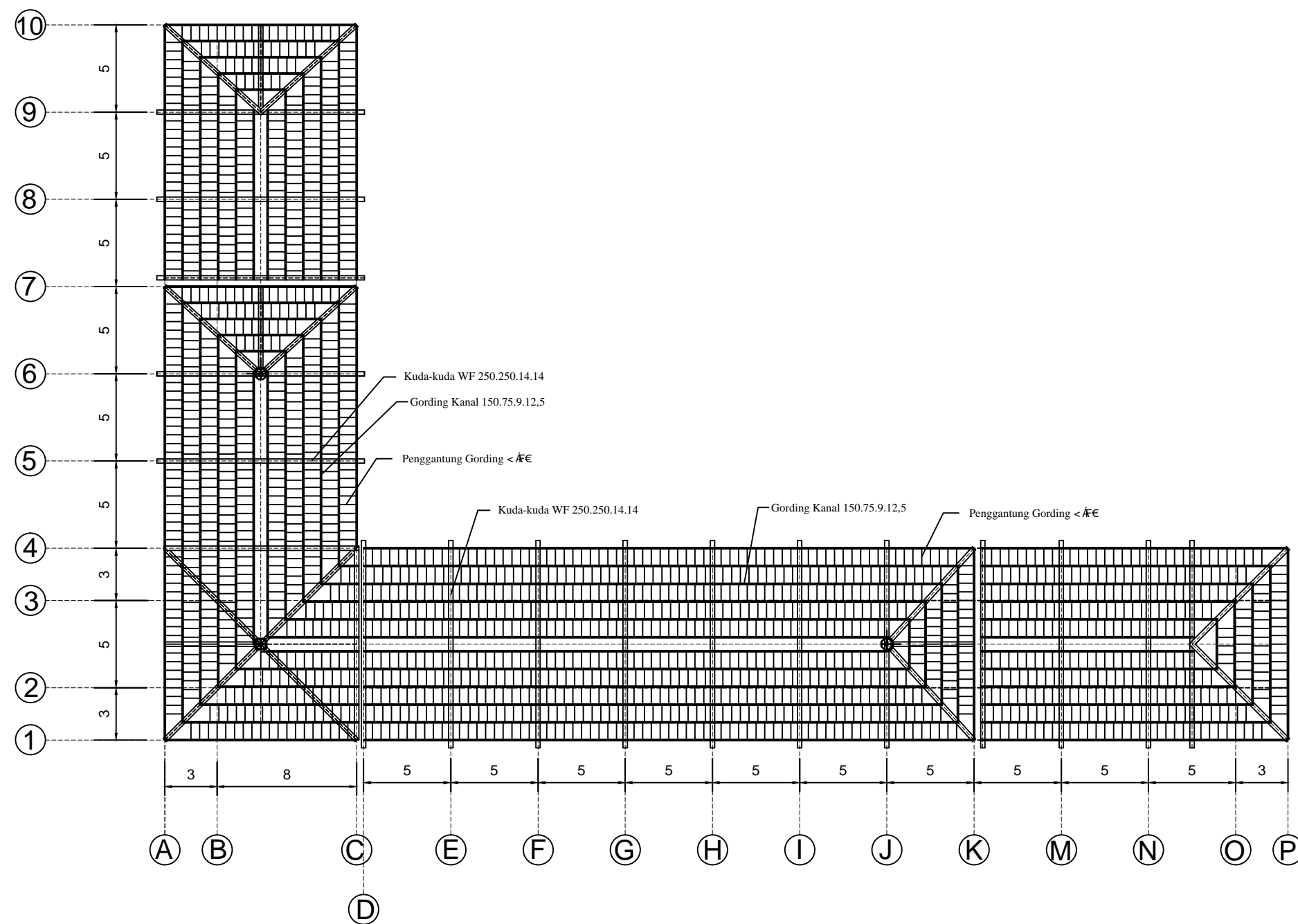
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA ATAP

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 56 | 62 |



 **DENAH RENCANA ATAP**
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

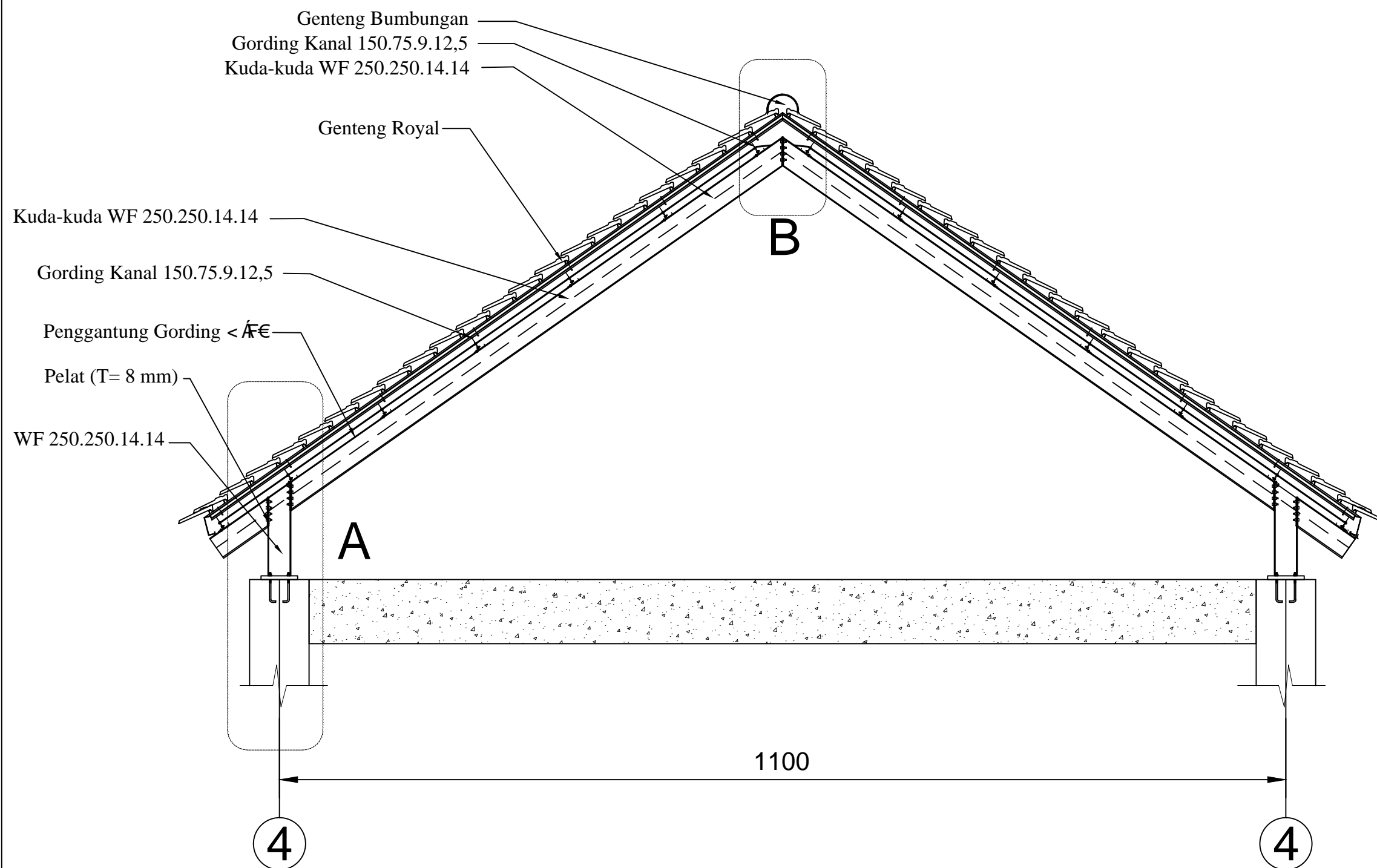
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

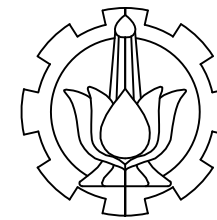
NAMA GAMBAR

DETAIL KUDA-KUDA

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 57 | 62 |



DETAIL KUDA-KUDA
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

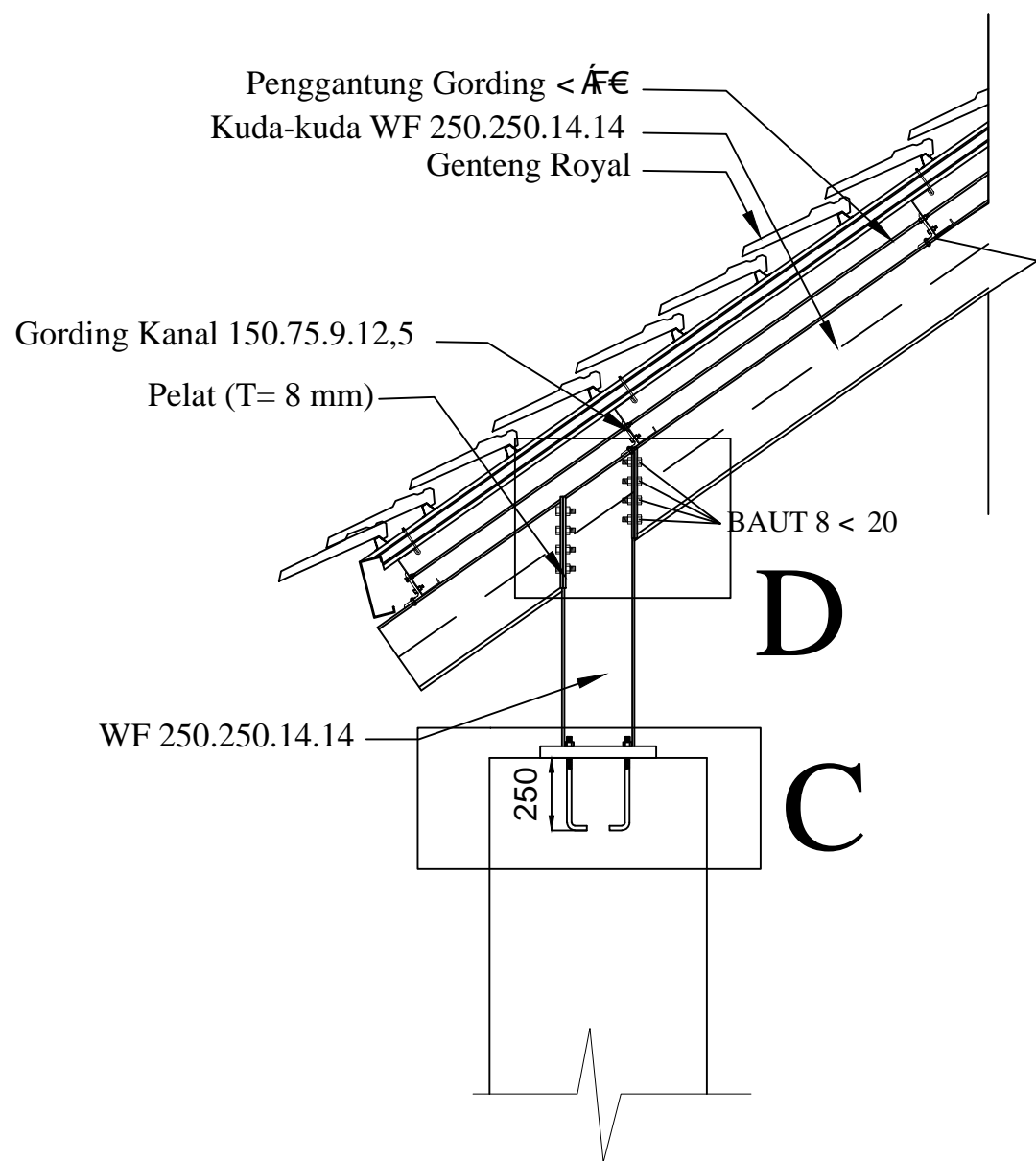
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

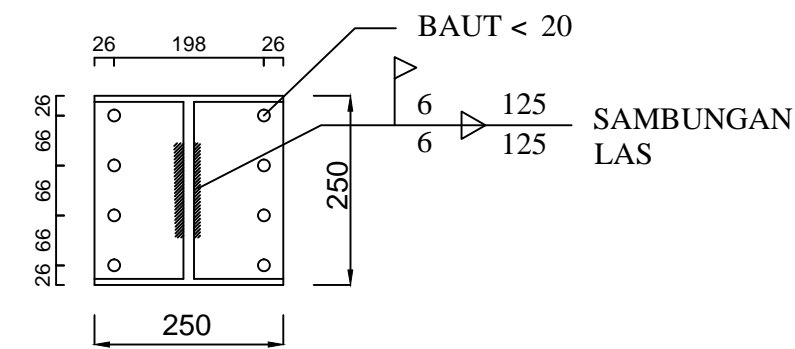
NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN A

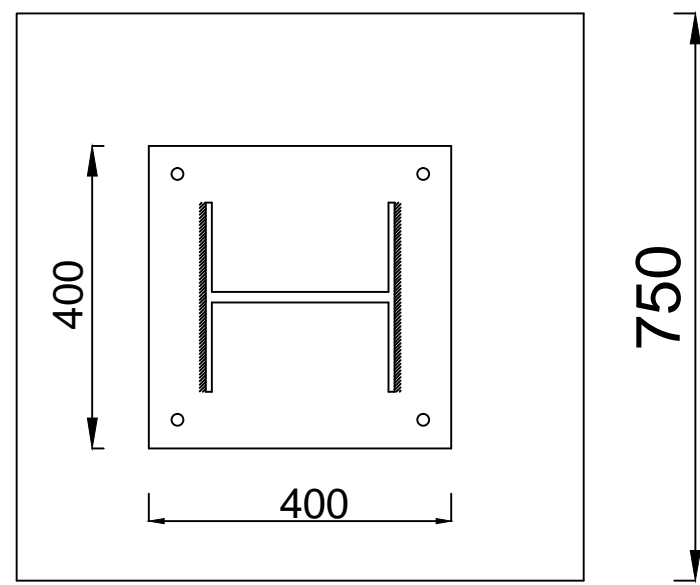
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 58 | 62 |



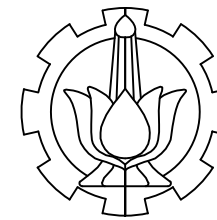
DETAIL SAMBUNGAN A
 SKALA 1 : 25



DETAIL BAUT D
 SKALA 1 : 10



DETAIL SAMBUNGAN C
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

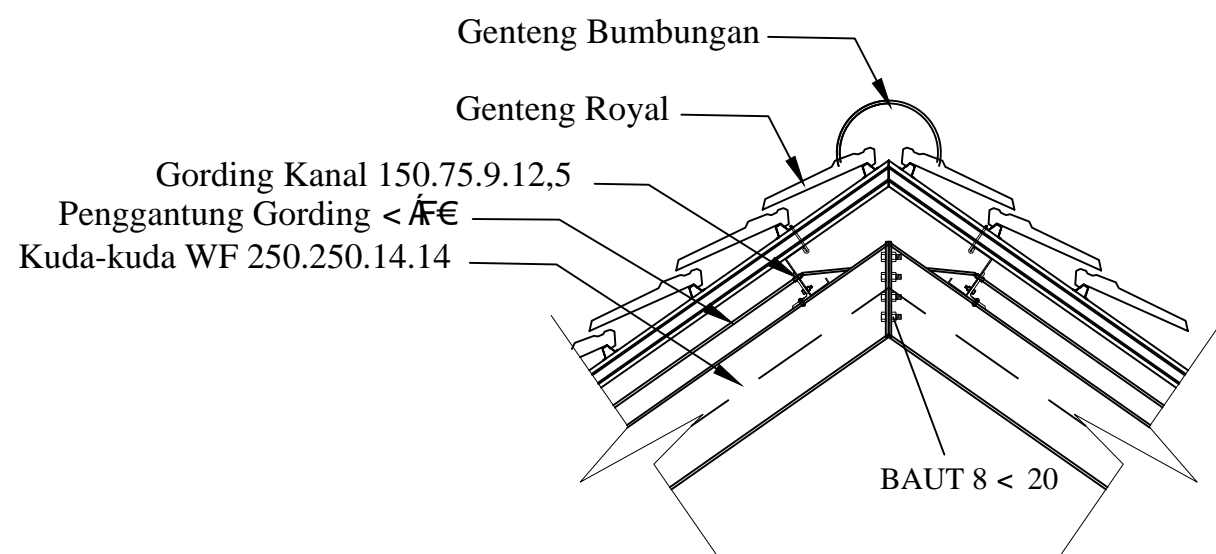
NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN B

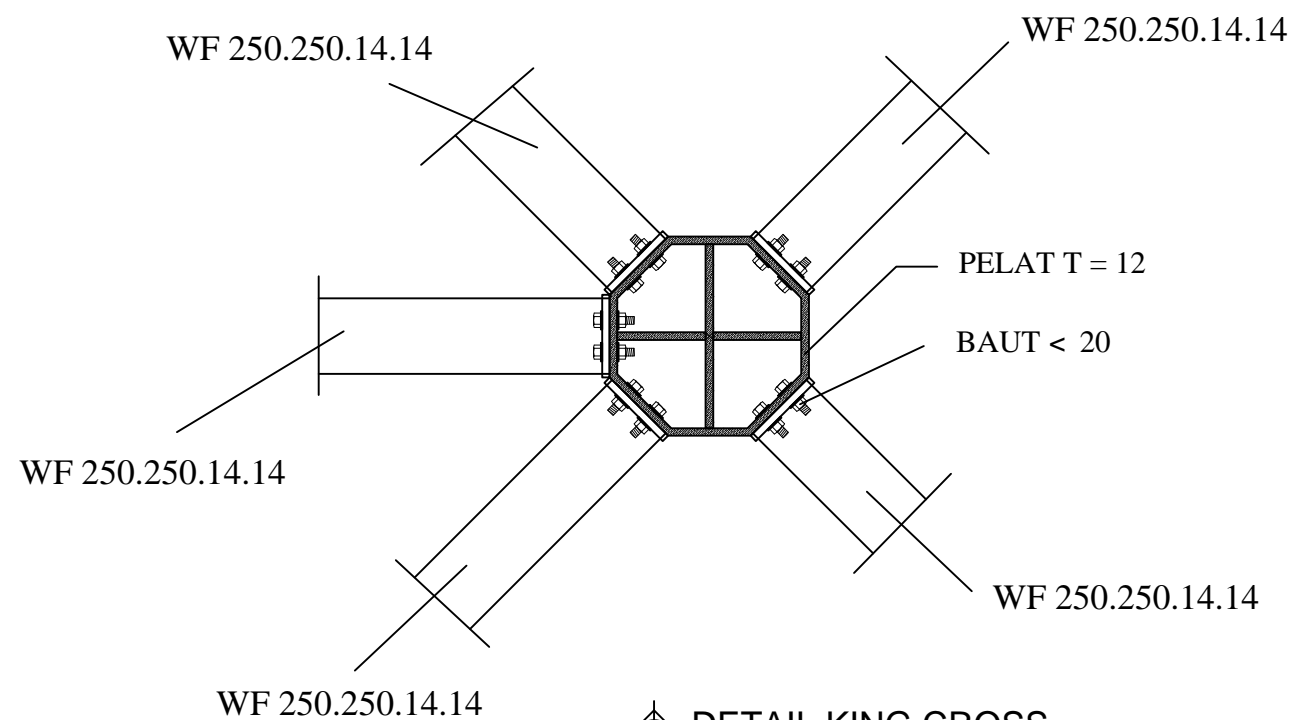
| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | - |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

59

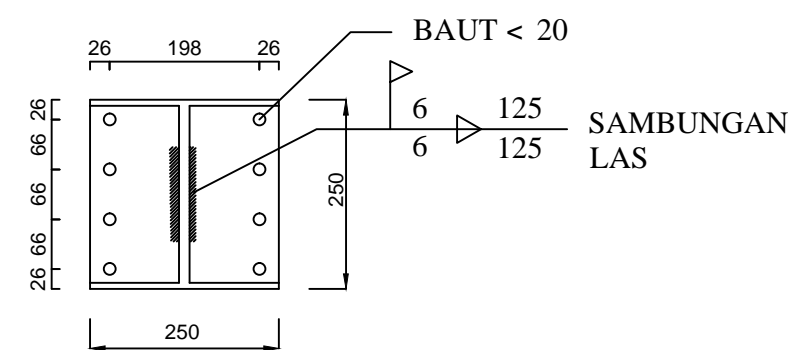
62



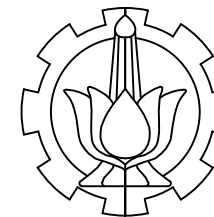
DETAIL SAMBUNGAN B
 SKALA 1 : 25



DETAIL KING CROSS
 SKALA 1 : 25



DETAIL BAUT
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 1011141000020

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

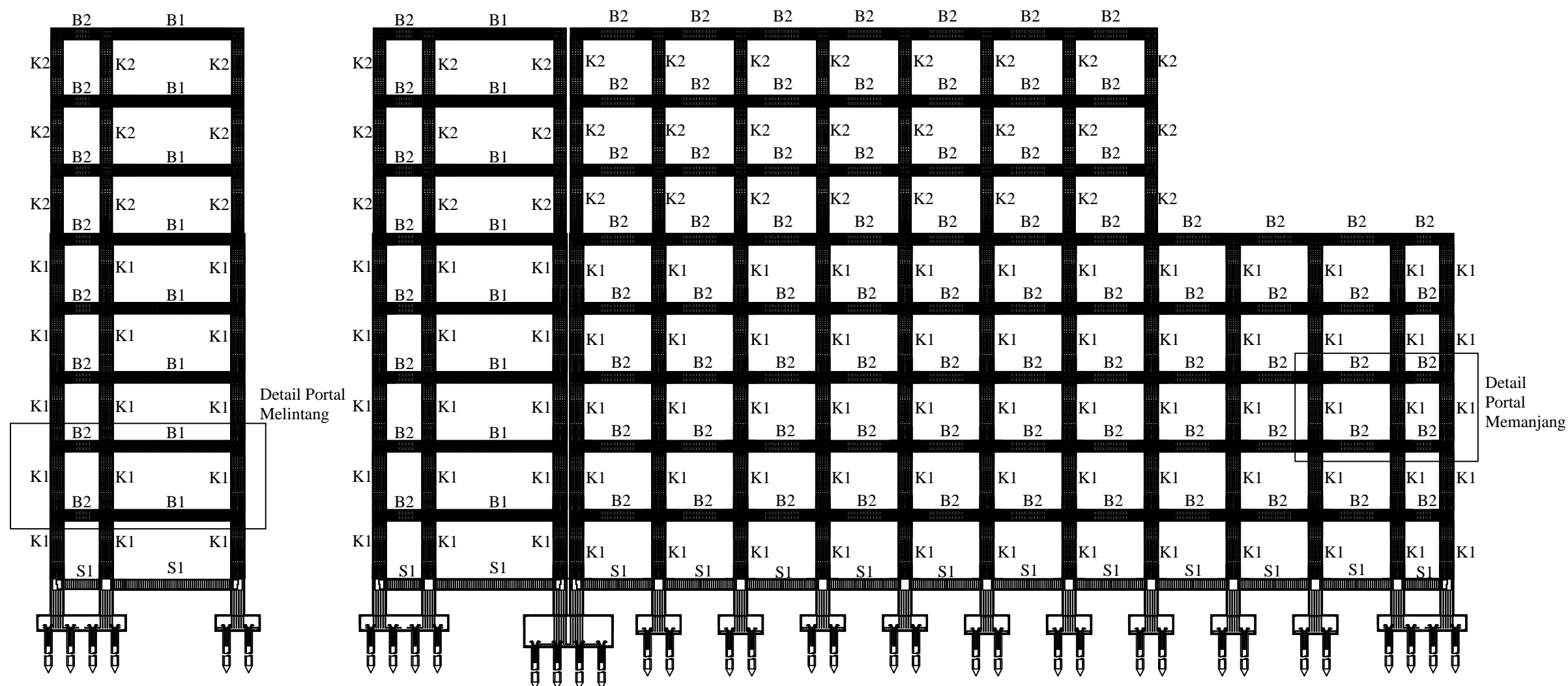
NAMA GAMBAR

PORTAL MEMANJANG AS 1
 PORTAL MELINTANG AS D

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 300 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |

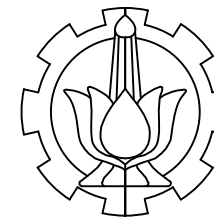
60

62



PORTAL MELINTANG AS D
 SKALA 1 : 300

PORTAL MEMANJANG AS 1
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
NRP. 10111410000020

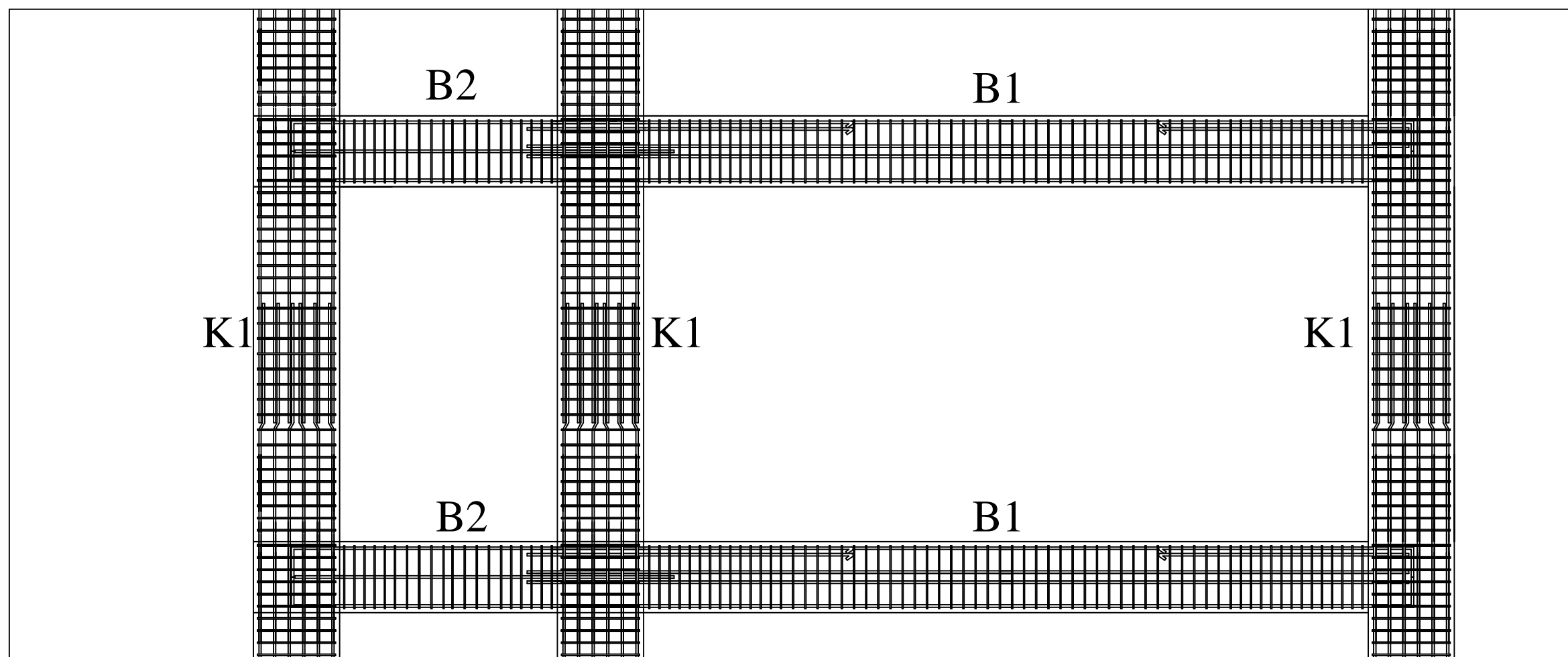
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 30 Mpa
MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL
MELINTANG

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 61 | 62 |



 **DETAIL PORTAL MELINTANG**
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
 DAN BISNIS ISLAM UIN SUNAN AMPEL SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
 KHUSUS DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK - PELAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES.
 NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

DEDY SETIA NANDA
 NRP. 10111410000020

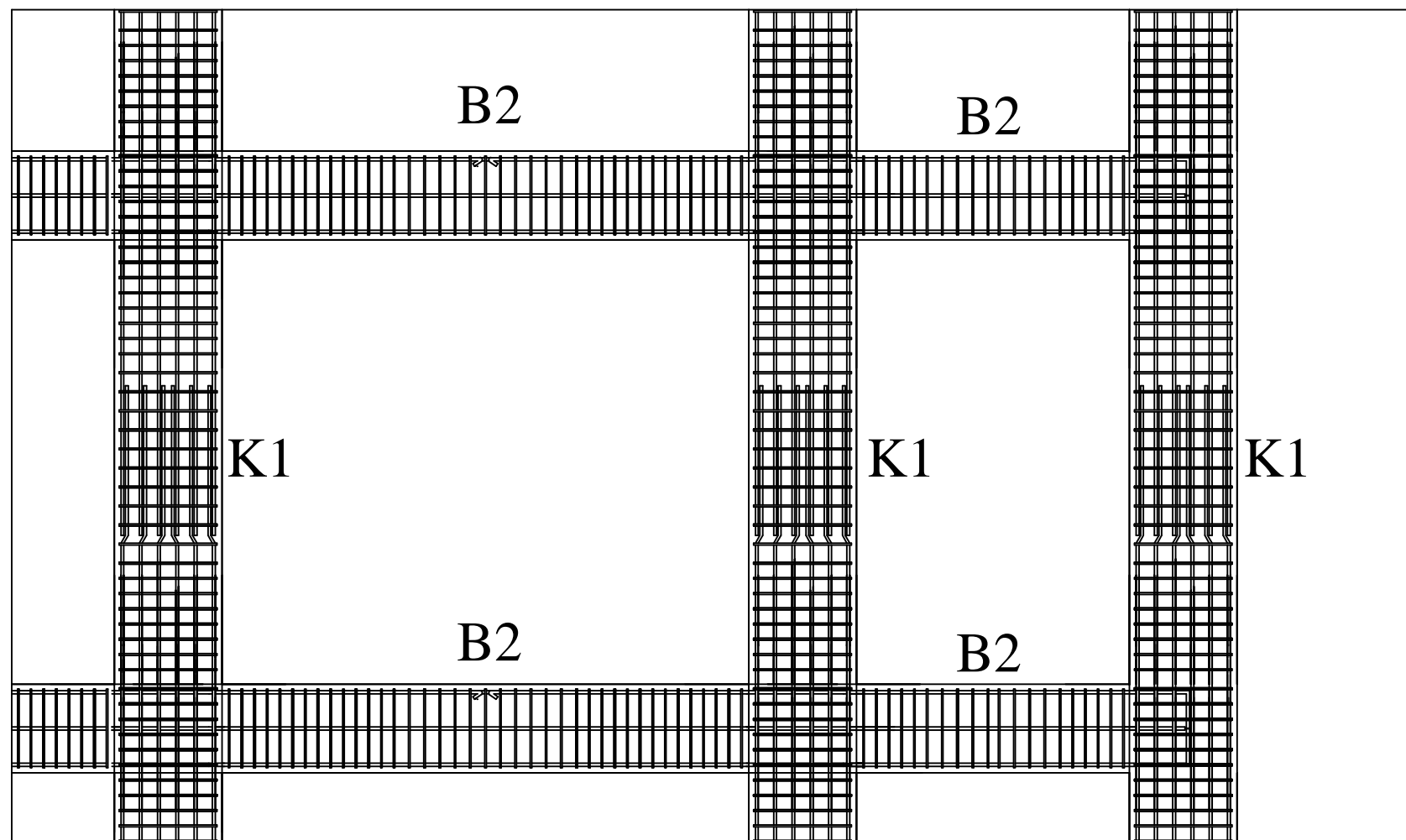
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 30 Mpa
 MUTU BAJA = 410 Mpa

NAMA GAMBAR

**DETAIL PORTAL
 MEMANJANG**

| KODE GAMBAR | SKALA |
|-------------|---------------|
| STR | 1 : 50 |
| NO GAMBAR | JUMLAH GAMBAR |
| 62 | 62 |



 **DETAIL PORTAL MEMANJANG**
 SKALA 1 : 50