

SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG DEKANAT UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT KAMPUS IV PAYAKUMBUH

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Sumatera Barat*



Disusun oleh:

MUHAMMAD IQBAL YUHANDA
181000222201091

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG DEKANAT
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
KAMPUS IV PAYAKUMBUH**

Oleh :

MUHAMMAD IOBAL YUHANDA
181006222201091

Dosen Pembimbing I



Deddy Kurniawan, ST.MT
NIDN. 1022018303

Dosen Pembimbing II



Elfania Bastian, S.T., M.T
NIDN. 1018118901

Dekan Fakultas Teknik

UM Sumatera Barat




MASRIL, ST.MT
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi

Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.PD.MT
NIDN. 1013098502

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini sudah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 18 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 18 Agustus 2022
Mahasiswa,



MUHAMMAD IQBAL YUHANDA
181000222201091

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal

1. Deddy Kurniawan, S.T., M.T

1.



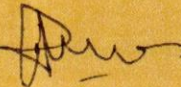
2. Elfania Bastian, S.T., MT.

2.



3. Ishak, ST., M.T.

3.

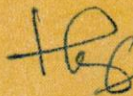


4. Helga Yermadona, S.Pd., M.T.

4.



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd., M.T
NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Yuhanda

NIM : 181000222201091

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Dekanat Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kampus IV Payakumbuh.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, naik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaa sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 18 Agustus 2022

Mahasiswa



MUHAMMAD IQBAL YUHANDA

18.10.002.22201.091

ABSTRAK

Gedung dekanat ini merupakan salah satu cabang dari kampus IV Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat yang berlokasi di daerah Payakumbuh yang bertujuan untuk meningkatkan sarana dan prasarana pendidikan. Untuk mewujudkan pembangunan yang aman perlu sekali diperhatikan perencanaan yang matang, sehingga saat bangunan itu selesai dan siap untuk dipergunakan bangunan tetap aman dan nyaman untuk dipergunakan. Hasil yang didapat material yang digunakan baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton $f_c' = 24,9$ MPa. Untuk penulangan pelat lantai dipakai tulangan untuk arah $x = \emptyset 10 - 150$, sedangkan arah $y = \emptyset 10 - 150$. Perencanaan kolom lantai 1 dan lantai 2 memakai mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton $f_c' = 24,9$ MPa dengan ukuran kolom 1 45cm x 45cm, dan kolom lantai 3 memakai mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton $f_c' = 20,75$ MPa dengan ukuran kolom 2 30cm x 30cm. Sedangkan perencanaan balok 1 dengan ukuran 35cm x 55cm menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton $f_c' = 24,9$ MPa, balok 2 dengan ukuran 25cm x 45cm menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton $f_c' = 20,75$ MPa, dan balok anak dengan ukuran 25cm x 40cm menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton $f_c' = 20,75$ MPa.

Kata Kunci : Struktur Gedung, Pendidikan, Penulangan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi penulis yang berjudul “ PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG DEKANAT UM SUMATERA BARAT KAMPUS IV PAYAKUMBUH” ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang.
2. Bapak Masril, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB
3. Ibu Helga Yermadona, S.P.d, M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil
4. Bapak Deddy Kurniawan, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Ibu Elfania Bastian, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
6. Bapak / Ibu dosen serta staf pengajar pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UMSB).
7. Senior, alumni, sahabat dan rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat atas semangat, kritikan, dan masukan – masukan yang membangun.
8. Semua Pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata,, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Bukittinggi, 16 Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR NOTASI..... x

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumus Masalah 1

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian 2

1.5. Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum..... 4

2.2. Struktur Atas..... 4

2.2.1 Kolom..... 5

2.2.1.1. Pengertian Kolom..... 5

2.2.1.2. Fungsi Kolom.....5

2.2.1.3. Jenis – jenis Kolom.....6

2.2.2 Balok..... 9

2.2.2.1. Pengertian Balok..... 9

2.2.2.2. Fungsi Balok..... 9

2.2.2.3. Jenis – Jenis Balok..... 10

2.2.2.4. Perencanaan tulangan pada balok 10

2.2.3	Pelat Lantai.....	13
2.2.3.1.	Pengertian Pelat Lantai.....	13
2.2.3.2.	Fungsi Pelat Lantai.....	14
2.2.3.3.	Jenis – Jenis Pelat Lantai.....	15
2.2.3.4.	Perencanaan Pelat Lantai	17
2.3.	Material.....	19
2.3.1.	Beton.....	19
2.3.2.	Sifat dan Karakteristik Beton.....	20
2.3.3.	Mutu Beton.....	21
2.3.4.	Baja Tulangan.....	21
2.3.4.1.	Sifat Fisik Baja Tulangan.....	21
2.3.4.2.	Tulangan Polos.....	23
2.3.4.3.	Tulangan Ulir.....	24
2.4.	Pembebanan.....	24
2.4.1.	Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	25
2.4.2.	Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	27
2.4.3.	Beban Gempa (<i>Earthquake</i>).....	28
2.4.3.1.	Waktu Getar Alami	29
2.4.3.2.	Faktor Respon Gempa	29
2.4.3.3.	Faktor Keutamaan Gedung.....	30
2.4.3.4.	Faktor Reduksi	31
2.5.	Kombinasi Pembebanan.....	32
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1.	Lokasi penelitian	34
3.2.	Data penelitian	35
3.2.1.	Jenis Dan Sumber Data.....	35
3.2.2.	Teknik Pengumpulan Data.....	35
3.3.	Metode Penelitian	35
3.4.	Bagan Alir Penelitian	37
BAB IV	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Preliminary Desain Penampang	38
4.1.1.	Balok.....	38

4.1.2.	Kolom.	47
4.1.3.	Plat Lantai	52
4.2.	Pembebanan	58
4.2.1.	Beban Mati	58
4.2.2.	Beban Hidup	61
4.2.3.	Beban Angin	61
4.2.4.	Beban Gempa	62
4.3.	Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP2000	69
4.3.1	Menggambar Grid	69
4.3.2	Mendefinisikan Penampang Dan Beban	69
4.3.3	Input Beban Hidup, Mati, Dan Gempa	71
4.3.4	Hasil Running SAP2000	73
4.4.	Perhitungan penulangan	75
4.4.1.	Balok	75
4.4.2.	Kolom	103
4.4.3.	Plat Lantai	113
4.5.	Rekap Penulangan Balok, Kolom Dan Plat Lantai	118
BAB V	PENUTUP	
5.1.	Kesimpulan.....	122
5.2.	Saran.....	123

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Mutu Beton	21
Tabel 2.2. Mutu baja	23
Tabel 2.3. Baja Tulangan Polos	24
Tabel 2.4. Baja Tulangan Ulir.....	24
Tabel 2.5. Berat bahan bangunan.....	25
Tabel 2.6 berat komponen bangunan.....	26
Tabel 2.7. Beban hidup pada lantai gedung.....	27
Tabel 2.8. Koefisien (ψ)	30
Tabel 2.9. Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0)	30
Tabel 2.10. Faktor Keutamaan Gedung (I)	31
Tabel 2.11. Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa.....	31
Tabel 4.1 Data Prelim Balok 35/55.....	38
Tabel 4.2 Tabel Minimum h	39
Tabel 4.3 Data Prelim Balok 25/45.....	41
Tabel 4.4 Tabel Minimum h	42
Tabel 4.5 Data Prelim Balok 25/40.....	44
Tabel 4.6 Tabel Minimum h	45
Tabel 4.7 Tabel Prelim Kolom Lantai Atap.....	47

Tabel 4.8 Tabel Prelim Kolom Lantai 3.....	48
Tabel 4.9 Tabel Prelim Kolom Lantai 2.....	50
Tabel 4.10 Tabel Prelim Kolom Lantai 1.....	51
Tabel 4.11 Grafik Respon Spektrum Untuk Kota Payakumbuh.....	64
Tabel 4.12 Tabel Beam Forces B.S (30x40cm).....	73
Tabel 4.13 Tabel Beam Forces B.1 (35x55cm).....	74
Tabel 4.14 Tabel Beam Forces B.2 (25x45cm).....	74
Tabel 4.15 Tabel Beam Forces B.A (25x40cm).....	74
Tabel 4.16 Tabel Column Forces K.1 (45x45cm).....	75
Tabel 4.17 Tabel Column Forces K.2 (30x30cm).....	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Macam kolom dan penulangannya	6
Gambar 2.2	Jenis plat berdasarkan tumpuan	15
Gambar 2.3	Jenis plat berdasarkan perletakannya	16
Gambar 2.4	Jenis plat berdasarkan penulangannya	17
Gambar 2.5	Bentang Teoritis Monolit	18
Gambar 2.6	Bentang Teoritis Tidak Monolit	18
Gambar 2.7	Zona gempa pada wilayah sumatera	28
Gambar 3.1	Peta Lokasi	34
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 4.1	Dimensi Balok	38
Gambar 4.2	Dimensi Balok	41
Gambar 4.3	Dimensi Balok	44
Gambar 4.4	Dimensi Pelat	52
Gambar 4.5	Dimensi Pelat Tepi Konstruksi	54
Gambar 4.6	Dimensi Pelat Lantai	55
Gambar 4.7	Grid Gedung	69
Gambar 4.8	Input Penampang	70
Gambar 4.9	Beban Pada Pelat Lantai	71
Gambar 4.10	Beban Pada Pelat Cor Dak	71
Gambar 4.11	Beban Pada Balok	72

Gambar 4.12 Beban Gempa	72
Gambar 4.13 Hasil Running SAP 2000	73
Gambar 4.14 Diagram Interaksi Kolom Pvs M kolom 1	106
Gambar 4.15 Diagram Interaksi Kolom Pvs M kolom 2	111
Gambar 4.16 Momen Pada Pelat	115
Gambar 4.17 Balok Sloof (B.S) 30 cm x 40 cm bentang 6m	118
Gambar 4.18 Balok Induk (B.1) 35 cm x 55 cm bentang 6m	118
Gambar 4.19 Balok Induk (B.2) 25 cm x 45 cm bentang 6m	119
Gambar 4.20 Balok Anak (B.A) 25 cm x 40 cm bentang 4m	119
Gambar 4.21 Kolom 1 45 cm x 45 cm	120
Gambar 4.22 Kolom 2 30 cm x 30 cm	120
Gambar 4.23 Pelat lantai tebal 12cm	121



DAFTAR NOTASI

A_m	=	Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa Maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
A_o	=	Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa rencana. A_p Luas penampang ujung tiang.
A_r	=	Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C
A_s	=	Luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
$A_{s_{min}}$	=	Luas minimum tulangan lentur, mm ²
A_{st}	=	Luas total tulangan longitudinal (batang tulangan atau baja profil), mm ²
A_s'	=	Luas tulangan tekan, mm ²
B	=	Lebar pondasi
b	=	Lebar muka tekan komponen struktur, mm
H	=	Tinggi Total Bangunan
H	=	Tinggi bangunan per lantai
DL	=	Dead Load (beban mati)
LL	=	Live Load (Beban Hidup)
E_c	=	Modulus elastisitas beton, MPa
f_c'	=	Kuat tekan beton, MPa
f_y	=	Kuat leleh baja, MPa
F_i	=	Beban gempa nominal statik ekuivalen.
FK	=	Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)

I	=	Faktor keutamaan gedung.
R	=	Faktor Reduksi gempa
Mu	=	Momen terfaktor pada penampang, N-mm
Pu	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan $\leq P_n$
qD	=	Quantitas Beban Mati
qL	=	Quantitas Beban Hidup
T	=	Waktu getar alami struktur.
V	=	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh gempa rencana.
Vu	=	Gaya geser terfaktor pada penampang, N
Wi	=	Berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup yang sesuai.
wu	=	Beban terfaktor per unit panjang dari balok atau per unit luas pelat
Wt	=	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung.
β	=	Faktor yang didefinisikan
ρ	=	Rasio tulangan tarik non-prategang
ρ'	=	Rasio tulangan tekan non-prategang
D	=	Diameter Tulangan ulir
\emptyset	=	Diameter tulangan
Ψ	=	Koefisien nilai untuk wilayah gempa
π	=	Nilai phi (3,14 atau 22/7)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) khususnya dalam bidang Teknik Sipil pembangunan gedung saat ini juga sangat berkembang pesat. Dalam pembangunan suatu gedung harus dihasilkan stuktur yang kokoh, serta efektif dan efisien dalam penggunaan anggaran biaya. Di Sumatera Barat sendiri kebutuhan akan tempat tinggal dan gedung perkantoran serta pembangunan sarana pendidikan saat ini telah mengalami perkembangan sangat pesat. Seperti halnya “Gedung Dekanat UM Sumatera Barat Kampus IV Payakumbuh”. Bertujuan untuk peningkatan sarana dan prasarana pendidikan. Dan untuk itu semua dibutuhkan perencanaan dan pengerjaan bangunan yang harus sesuai standar, aman serta efisien.

Untuk mewujudkan pembangunan yang aman perlu sekali diperhatikan perencanaan yang matang, sehingga saat bangunan itu selesai dan siap untuk dipergunakan bangunan tetap aman dan nyaman untuk digunakan. Karena itu penulis tertarik untuk menjadikan “Perencanaan Struktur Gedung Dekanat UM Sumatera Barat Kampus IV Payakumbuh” sebagai judul kripsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang dapat diambil rumusan masalah yang akan digunakan, yaitu :

- a. Gedung Dekanat UM Sumatera Barat Kampus IV Payakumbuh” Bertujuan untuk peningkatan sarana dan prasarana pendidikan. Dan untuk itu semua dibutuhkan perencanaan dan pengerjaan bangunan yang harus sesuai standar, aman serta efisien.
- b. Dikarenakan kota payakumbuh merupakan wilayah yang lumayan sering mengalami gempa maka diperlukan

perencanaan Gedung dengan struktur yang mampu bertahan terhadap gempa.

1.3 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini penulis membatasi masalah pada perencanaan perhitungan kolom, balok dan plat lantai.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin penulis capai pada skripsi ini adalah dapat memahami secara langsung sistem dan metoda analisa terhadap perhitungan dimensi kolom, balok dan plat lantai bangunan yang ideal, efektif, efisien dan sesuai umur rencana sehingga bangunan tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Tujuan pembahasan tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung pembebanan berupa beban mati, beban hidup dan beban gempa pada struktur yang akan ditinjau.
2. Merencanakan kekuatan struktur pada Gedung Dekanat UM Sumatera Barat Kampus IV Payakumbuh.
3. Karena Mahasiswa fakultas Kesehatan semakin bertambah banyak dan pihak kampus juga ada penambahan prodi baru yaitu kedokteran hewan sehingga menyebabkan kekurangan ruangan belajar dan ruangan labor, maka pihak dari kampus UM Sumatera Barat membangun gedung dekanat baru.

1.4.2 Manfaat Penelitian

- a. Menambah pengetahuan dibidang perencanaan struktur khususnya perencanaan struktur beton bertulang.
- b. Menjadi sarana bagi penulis untuk menuangkan ilmu yang telah didapat selama perkuliahan.

- c. Perencanaan ini dapat dipakai sebagai referensi perencanaan struktur Gedung tahan gempa terutama di daerah payakumbuh.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan berdasarkan tahapan–tahapan pembahasan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan di uraikan tentang tinjauan umum, pengertian kolom, balok, dan pengertian plat pada perencanaan gedung, dasar perhitungan serta beban yang bekerja.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan data - data proyek, *Flowchart* penyusunan tugas akhir.

BAB IV : HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi berbagai perhitungan perencanaan dan menampilkan hasil perencanaan serta pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini akan menyajikan uraian jawaban dari rumusan masalah dan memberikan saran bagi pihak tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan umum

Suatu gedung dengan struktur beton bertulang yang berlantai banyak sangat rawan terhadap keruntuhan jika tidak direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*Strength*), kenyamanan (*Serviceability*), keselamatan (*Safety*), dan umur rencana bangunan (*Durability*). Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*Lower structure*) dan struktur atas (*Upper structure*). Struktur bawah (*Lower structure*) yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas (*Upper structure*) adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, dan pelat. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur menurut Hariono(2016)

Sebuah konstruksi diharapkan mampu untuk menahan beban tertentu sesuai dengan umur rencana. Salah satu konstruksi yang paling sering digunakan adalah konstruksi menggunakan beton bertulang menurut Elfania Bastian(2018:6)

2.2 Struktur Atas

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri atas kolom, pelat, balok, dinding geser dan tangga, yang masing-masing mempunyai peran yang sangat penting. Gedung ini terdiri dari 3 lantai, dalam penulisan skripsi ini penulis hanya akan meninjau struktur atas saja, terdiri dari:

1. Kolom
2. Balok

3. Plat lantai

2.2.1 Kolom

2.2.1.1 Pengertian kolom

Kolom merupakan bagian vertikal dari suatu struktur rangka yang menerima beban tekan dan lentur. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi (Nawy,1998).

Keruntuhan pada kolom Struktural merupakan suatu hal yang harus diperhatikan baik secara ekonomis maupun dari segi keselamatan jiwa manusia. Karena itu, di dalam merencanakan kolom perlu lebih hati-hati dengan cara memberikan Faktor keamanan yang lebih besar daripada elemen struktur lainnya seperti balok dan pelat, terlebih lagi keruntuhan tekan yang terjadi pada kolom tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas.

2.2.1.2 Fungsi Kolom

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

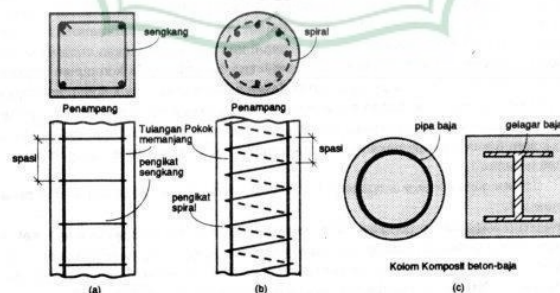
Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya.

Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Baja adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

2.2.1.3 Jenis – Jenis Kolom

Jenis kolom berdasarkan bentuk dan macam penulangannya dapat dibagi menjadi tiga kategori yang diperlihatkan pada gambar 2.1. yaitu :

- Kolom segi empat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
- Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan sengkang berbentuk spiral.
- Kolom komposit yaitu gabungan antara beton dan profil baja sebagai pengganti tulangan didalamnya.



Gambar 2.1. Macam kolom dan penulangannya

(Sumber: <https://cv-yufakaryamandiri.blogspot.com/2012/10/jenis-jenis-kolom-beton.html>)
(2012:10)

Kolom bersengkang merupakan jenis kolom yang paling banyak digunakan karena pengerjaan yang mudah dan murah dalam pembuatannya. Walaupun demikian kolom segi empat maupun kolom bundar dengan penulangan spiral kadang-kadang digunakan juga, terutama untuk kolom

yang memerlukan daktilitas cukup tinggi untuk daerah rawan gempa. Pembagian tulangan pada kolom berpenampang persegi dapat dilakukan dengan menggunakan dua cara, yaitu pertama tulangan dipasang simetris pada dua sisi penampang, tegak lurus terhadap arah lentur dan $A_s = A'_s = 0,5 A_{st}$, sedangkan cara keduanya tulangan dibagi sama rata pada sisi penampang dengan $A_s = A'_s = A_{st} = 0,25 A_{st}$.

Penggunaan grafik terutama disarankan untuk penulangan pada seluruh sisi kolom dengan eksentrisitas yang pendek, berarti beban aksial relatif besar dan momen relatif kecil.

Pada sumbu vertikal dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\frac{P_U}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c} \quad (2.1)$$

Keterangan:

P_U	=	Gaya Aksial terfaktor kolom
A_g	=	Luas bruto penampang
r	=	Besaran kedua sumbu
ϕ	=	Faktor reduksi kekuatan
f_c	=	Kuat tekan beton (MPa)

Pada sumbu horizontal dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\frac{P_U}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c} \left(\frac{e_t}{h} \right) \quad (2.2)$$

Keterangan:

e_t	=	Eksentrisitas gaya terhadap sumbu
h	=	Tebal atau tinggi total komponen

Dalam et telah diperhitungkan eksentrisitas yang dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$e = \frac{M_u}{h} \quad (2.3)$$

Keterangan:

- e = Eksentrisitas
 M_u = Momen terfaktor
 h = Tebal atau tinggi total komponen

Besaran pada kedua sumbu dapat dihitung dan ditentukan, kemudian nilai suatu r dapat dibaca. Penulangan yang diperlukan adalah β . r, dengan β bergantung pada mutu beton. Untuk kolom diperkenankan menganggap faktor reduksi kekuatan $\phi = 0,65$ sedangkan untuk harga dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$P_u < 0,10 A_g r f_c \quad (2.4)$$

Untuk kolom dengan sengkang sebagai pengikatnya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\phi = 0,80 - \frac{0,20\phi P_n}{0,1f'_c A_g} = 0,65 \quad (2.5)$$

Keterangan:

- P_n = Gaya aksial nominal
 ϕ = Faktor reduksi kekuatan

$$P_n = \frac{A_s f_y}{(d - d')} + 0,5 \frac{b h f_c}{d^2} + 1,18 \quad (2.6)$$

Keterangan:

- A_s = Luas tulangan persisi
 f_y = Mutu Baja

d	=	Tinggi kolom dikurangi asumsi selimut beton
d'	=	Asumsi selimut beton
$b = h$	=	Lebar dan tinggi kolom

Dengan menggunakan baja tulangan yang sudah ditentukan, jarak sengkang ditentukan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut ini:

1. 16 kali diameter tulangan pokok memanjang
2. 48 kali diameter tulangan sengkang
3. Dimensi terkecil kolom

2.2.2 Balok

2.2.2.1 Pengertian Balok

Balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser.

2.2.2.2 Fungsi Balok

Fungsi balok antara lain :

- 1) Meneruskan beban dinding ke kolom
- 2) Sebagai pengikat kolom
- 3) Menambah kekuatan lentur plat
- 4) Menambah kekuatan horizontal pada struktur

2.2.2.3 Jenis – jenis Balok

Beberapa jenis balok antara lain:

1. Balok sederhana bertumpu pada kolom di ujung-ujungnya, dengan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan. Seperti struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan momen untuk balok sederhana adalah tidak tergantung bentuk penampang dan materialnya.

2. Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap.
3. Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya.
4. Balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) menahan translasi dan rotasi.
5. Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teritisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.
6. Balok kontinu memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

2.2.2.4 Perencanaan Tulangan pada Balok

1. Momen

Perhitungan momen dan gaya aksial pada balok dan kolom diselesaikan menggunakan Program SAP 2000.

2. Luas Tulangan (As)

- a. Mengubah beban atau momen yang bekerja menjadi beban rencana (W_u) atau momen rencana (M_u) termasuk berat sendiri.
- b. Berdasarkan h yang diketahui, maka diperkirakan d dengan menggunakan hubungan $d=h-80 \text{ mm}$, dan kemudian hitunglah k yang diperlukan memakai persamaan berikut ini:

$$K = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.7)$$

Keterangan:

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

M_u = Momen terfaktor

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

b = Lebar (m)
 d = Tinggi efektif (m)

- c. Menentukan rasio penulangan berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja.
- d. Menghitung A_s yang diperlukan dengan persamaan berikut ini:

$$A_s = p b d \quad (2.8)$$

Keterangan:

A_s = Luas tulangan persisi
 p = Selimut beton
 b = lebar balok
 d = Tinggi efektif penampang balok

3. Merencanakan dimensi penampang dan A_s

- a. Memilih rasio penulangan yang diperlukan berdasarkan tabel, kecuali bila dimensi balok terlalu kecil atau memang dikehendaki pengurangan penulangannya yang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P_{min} \leq p \leq P_{max} \quad (2.9)$$

Keterangan:

P_{min} = Rasio tulangan minimum
 P_{max} = Rasio tulangan maksimum

- b. Memperkirakan b dan kemudian menghitung d yang diperlukan menggunakan persamaan berikut ini:

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{M_u}{\phi b k}} \quad (2.10)$$

Keterangan:

d = Tinggi efektif penampang balok
 M_u = Momen terfaktor
 ϕ = Faktor reduksi kekuatan

4. Perencanaan tulangan geser

- a. Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur, persamaan 13.3-1 SK SNI 03-2847-2002 memberikan kapasitas kemampuan beton untuk menahan gaya geser adalah V_c yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_c = \left(\sqrt{\frac{f_u}{6}} \right) b_w d \quad (2.11)$$

Keterangan:

V_c = Kuat geser nominal

F_u = Tegangan tarik

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} \quad (2.12)$$

Keterangan:

V_s = Kuat geser nominal

V_u = Gaya geser terfaktor

- b. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.3 koefisien reduksi (ϕ) = 0,75 dengan M_u adalah momen terfaktor yang terjadi bersamaan dengan gaya geser terfaktor maksimum V_u pada penampang kritis, sedangkan batas atas faktor pengali dan V_c yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$\frac{V_u}{M_u} \leq 1,0 \quad (2.13)$$

Keterangan:

V_u = Gaya geser terfaktor

M_u = Momen terfaktor

$$V_c \leq \left(0,30 \sqrt{f'c} \right) b_w d \quad (2.14)$$

Keterangan:

V_c = Gaya geser nominal

$F'c$ = Kuat tekan beton

- c. Untuk sengkang yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur maka dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$A_s = \frac{A_s f_y d}{s} \quad (2.15)$$

Keterangan:

- A_s = Luas tulangan tarik
 F_y = Tegangan leleh baja
 S = Spasi tulangan geser

2.2.3 Pelat lantai

2.2.3.1 Pengertian Pelat Lantai

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh :

- Besar lendutan yang diinginkan.
- Lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung.
- Bahan material konstruksi dan pelat lantai.

Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan waterpass (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), pelat lantai dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh : beban yang harus didukung, besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung, bahan konstruksi dari pelat lantai.

Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat bisa saja dimodelkan dengan elemen 3 dimensi yang mempunyai tebal h , panjang b , dan lebar a . Adapun fungsi dari pelat lantai

adalah untuk menerima beban yang akan disalurkan ke struktur lainnya.

Pada pelat lantai merupakan beton bertulang yang diberi tulangan baja dengan posisi melintang dan memanjang yang diikat menggunakan kawat bendrat, serta tidak menempel pada permukaan pelat baik bagian bawah maupun atas. Adapun ukuran diameter, jarak antar tulangan, posisi tulangan tambahan bergantung pada bentuk pelat, kemampuan yang diinginkan untuk pelat menerima lendutan yang diijinkan.

2.2.3.2 Fungsi Pelat Lantai

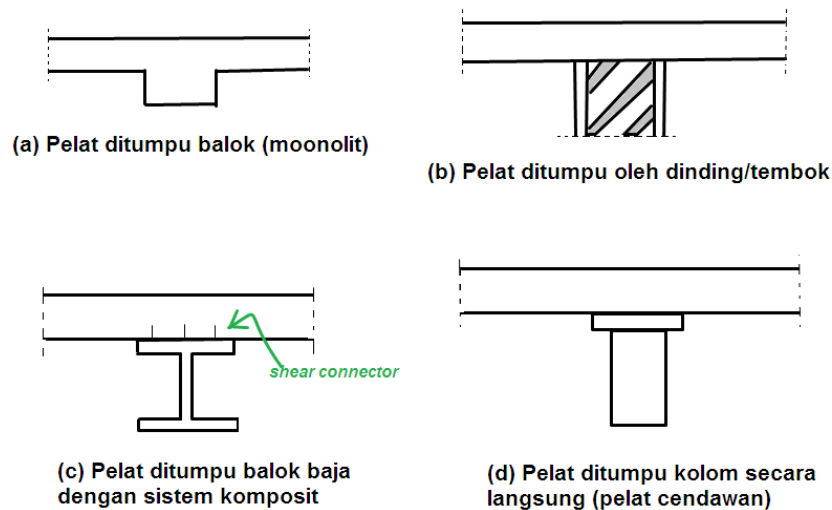
Adapun fungsi pelat lantai adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai pemisah ruang bawah dan ruang atas.
- b. Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas.
- c. Untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
- d. Meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah.
- e. Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal.

2.2.3.3 Jenis – jenis Pelat Lantai

Ada berbagai jenis plat lantai berdasarkan tumpuannya, peletakannya dan system penulangannya. Jenis – jenis plat lantai berdasarkan tumpuannya adalah:

1. Monolit, yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
2. Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
3. Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
4. Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.



(Gambar 2.2 jenis pelat berdasarkan tumpuan)
 (Sumber: BagasHermawan1/beton-bertulang)

Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan perletakannya adalah:

1. Terletak bebas

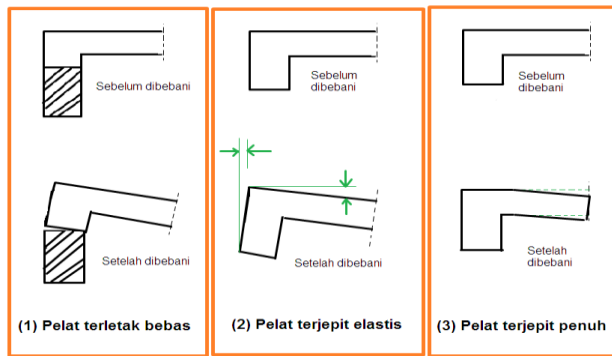
Jika pelat diletakan begitu saja diatas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.

2. Terjepit elastis

Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi.

3. Terjepit penuh

Jika plat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi plat.



(Gambar 2.3 jenis pelat berdasarkan perletakannya)
 (Sumber: BagasHermawan1/beton-bertulang)

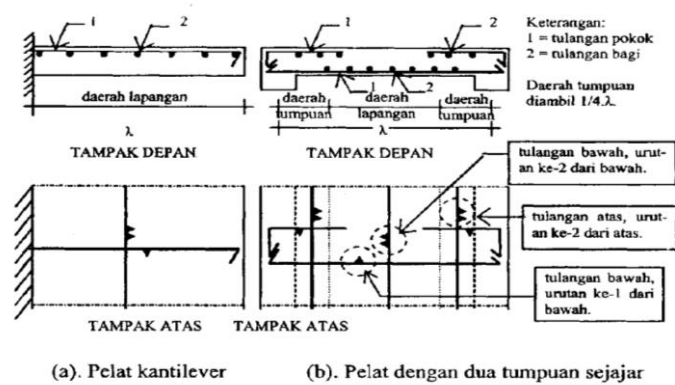
Jenis – jenis plat lantai berdasarkan system penulangannya adalah:

1. Penulangan pelat satu arah (*one way slab*)

Konstruksi pelat satu arah dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika plat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat Kantilever (Luifel) dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar.

2. Penulangan pelat dua arah (*two way slab*)

Konstruksi pelat dua arah dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Pada tinjauan plat lantai ini sistem penulangan plat yang dipakai adalah pelat dua arah ini. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar seperti pada proyek Pembangunan Gedung badan pemberdayaan manusia dan nagari kabupaten pasaman barat.



(Gambar 2.4 Jenis pelat berdasarkan penulangannya)
 (Sumber: BagasHermawan1/beton-bertulang)

2.2.3.4 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat lantai direncanakan berdasarkan persyaratan ketebalan minimum dengan bantuan tebal minimum h dan ditambah dengan hasil dari faktor pengali bila memakai beton yang lain dari $f_y = 400$ MPa (Vis-Kusuma, 1993) yaitu sesuai dengan persamaan berikut:

$$0,4 + \frac{f_y}{700} \quad (2.16)$$

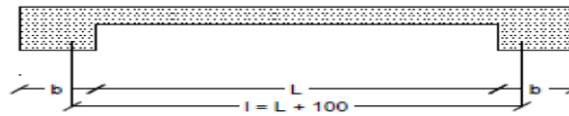
Dalam perhitungan perencanaan pelat beton bertulang digunakan pengertian bentang teoritis yang dinyatakan dengan l . Nilai ini dianggap sama dengan bentang bersih L antara kedua bidang permukaan tumpuan ditambah dengan setengah panjang perletakan a pada setiap ujung. Bila lebar balok lebih dari dua kali tebal keseluruhan pelat, dianggap $l = L + 100$ (seperti Gambar 2.5). Jika perletakan pelat beton bertulang dibuat dari bahan yang lain dengan beton bertulang, sesuai ketentuan untuk bentang $l = l + h$, dengan L adalah bentang bersih dan h tebal total pelat. Apabila $(L+h)$ lebih besar dari jarak pusat ke pusat tumpuan, maka l boleh diambil jarak ke pusat tersebut seperti tampak pada Gambar (2.6). Dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$l = L + \left(2 \times \frac{1}{2} b \right) \quad (2.17)$$

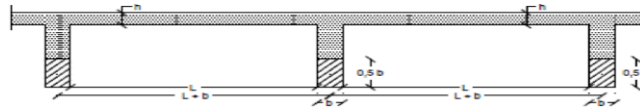
Keterangan:

L = Panjang bentang

B = Lebar daerah komponen



Gambar 2.5 Bentang teoritis monolit
Sumber: (Vis-Kusuma, 1993)



Gambar 2.6 Bentang teoritis tidak monolit
Sumber: (Vis-Kusuma, 1993)

Dengan memperkirakan batang tulangan yang akan dipakai sebagai tulangan tarik pokok dan selimut beton berdasarkan tebal minimum penutup beton pada tulangan terluar dalam mm (Vis-Kusuma, 1993) maka nilai d dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi p \quad (2.18)$$

Keterangan:

- d = Tebal selimut beton
- h = Tinggi pelat
- p = Beban terpusat
- ϕ = Faktor reduksi kekuatan

Perencanaan menggunakan $M_u = M_R$ sebagai limit (batas) dengan $M_R = \phi b d^2 k$, maka dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.19)$$

Keterangan:

- K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan
- M_u = Momen (kNmm)
- ϕ = 0,8

Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat dihitung rasio baja ρ yang diperlukan, dan dengan demikian dapat dihitung pula A_s yang diperlukan yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_s = \rho_{min} b d \cdot 10^6 \quad (2.20)$$

Keterangan:

- A_s = Rasio tulangan
 ρ_{min} = Rasio tulangan minimum
 b = Lebar (mm)

2.3 Material

Pada umumnya pada saat sekarang ini terutama untuk gedung, material yang dipakai dalam konstruksi gedung hanya terdiri dari beton dan baja saja.

2.3.1 Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen *Portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Bahan –bahan dasar beton, yaitu :

1. Air
2. Semen – *Portland*
3. Agregat (pasir dan kerikil)

yang setelah dicampur merata (warnanya seragam) menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat dituang ke dalam cetakan, untuk membentuknya menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi keras / padat (Tjokrodinuljo,1992).

2.3.2 Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakteristik beton antara lain sebagai berikut:

1. Beton mempunyai tegangan tekan yang tinggi.
2. Sayangnya, tegangan tarik yang dimiliki oleh beton sangat rendah.

3. Beton juga tidak bisa diterapkan pada konstruksi yang menahan momen lengkung.
4. Jika dipaksakan memikul gaya tarik, beton akan mengalami keretakan.
5. Kekuatan beton dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang dipakai.
6. Beton akan mencapai kekuatan penuh setelah berumur 28 hari.
7. Beton merupakan material murah yang bisa dimanfaatkan untuk menahan beban tekan.
8. Beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.
9. Beton mempunyai daya ketahanan yang baik terhadap api.
10. Beton tidak terlalu membutuhkan perawatan yang intensif.
11. Seiring berjalannya waktu, beton akan mengalami pengurangan volume akibat susut dan rangkai.
12. Beton adalah bahan bangunan yang memiliki bobot termasuk sangat berat.
13. Struktur yang terbuat dari beton mampu bertahan hingga mencapai lebih dari 50 tahun.
14. Pada masa perkerasan, beton rentan sekali mengalami keretakan.
15. Tulangan baja yang ditanamkan dalam beton akan meningkatkan kekuatan tariknya.

2.3.3 Mutu Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton menurut sni adalah:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan: f'_c = kuat tekan beton (MPa)

A = luas bidang dasar benda uji (mm^2)

P = beban tekan (N)

Tabel 2.1. Mutu Beton

Mutu Beton	f'_c	$f'_c(\text{kg/cm}^2)$
15	15	150
20	20	200
25	25	250
30	30	300
35	35	350

(Sumber : PBI 1971 N.I.-2 ke SNI 03-2847-2002 Satuan dan Benda Uji Beton)

2.3.4. Baja Tulangan

Baja tulangan merupakan baja yang dipakai dalam konstruksi beton atau yang lebih dikenal konstruksi beton bertulang. Beton kuat terhadap tekan, tetapi lemah terhadap tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan baja yang terhadap tarik.

2.3.4.1 Sifat Fisik Baja Tulangan

Sifat fisik batang tulangan baja yang penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Tegangan leleh baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84. Tegangan leleh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan, tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Modulus elastisitas baja ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan – regangan di daerah elastis. Ketentuan SNI 03-2846-2002 menetapkan nilai $E_s = 200.000$ MPa.

Baja tulangan untuk konstruksi beton bertulang ada bermacam macam jenis dan mutu tergantung dari pabrik yang membuatnya. Ada dua jenis baja tulangan , tulangan polos (*Plain bar*) dan tulangan ulir (*Deformed bar*). Sebagian besar baja tulangan yang ada di Indonesia berupa tulangan polos untuk baja lunak dan tulangan ulir untuk baja keras. Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami keretakan. Oleh karena itu, agar

beton dapat bekerja dengan baik dalam sistem struktur, beton perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang berfungsi menahan gaya tarik.

Penulangan beton menggunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis yang kuat menahan gaya tarik. Baja beton yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran atau kawat rangkai las (*wire mesh*) yang berupa batang-batang baja yang dianyam dengan teknik pengelasan. Baja beton dikodekan berurutan dengan: huruf BJ, TP dan TD.

BJ berarti Baja

TP berarti Tulangan Polos

TD berarti Tulangan Deformasi (Ulir)

Angka yang terdapat pada kode tulangan menyatakan batas leleh karakteristik yang dijamin. Baja beton BJTP 24 dipasok sebagai baja beton polos, dan bentuk dari baja beton BJTD 40 adalah deformasi atau dipuntir. Baja beton yang dipakai dalam bangunan harus memenuhi norma persyaratan terhadap metode pengujian dan pemeriksaan untuk bermacam macam mutu baja beton menurut Tabel.

Tabel 2.2. Mutu baja

Simbol mutu	Tegangan leleh Minimum (kN/ cm ²)	Kekuatan tarik Minimum (kN/ cm ²)	Perpanjangan Minimum (%)
BJTP – 24	24	39	18
BJTP – 30	30	49	14
BJTD – 30	30	49	14
BJTD – 35	35	50	18
BJTD – 40	40	57	16

(Sumber : SNI Baja Tulangan Beton tahun 2012)

SNI menggunakan simbol BJTP (Baja Tulangan Polos) dan BJTD (Baja Tulangan Ulir). Baja tulangan polos yang tersedia mulai dari mutu BJTP -24 hingga BJTP – 30, dan baja tulangan ulir umumnya dari BJTD – 30 hingga BJTD 40. Angka yang mengikuti simbol ini menyatakan tegangan leleh karakteristik

materialnya. Sebagai contoh BJTP – 24 menyatakan baja tulangan polos dengan tegangan leleh material 2400kg/cm^2 (240 MPa)

Secara umum berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir. Baja polos diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon. Di samping mutu baja beton BJTP 24 dan BJTD 40 seperti yang ditabelkan itu, mutu baja yang lain dapat juga spesial dipesan (misalnya BJTP 30). Tetapi perlu juga diingat, bahwa waktu didapatnya lebih lama dan harganya jauh lebih mahal. Guna menghindari kesalahan pada saat pemasangan, lokasi penyimpanan baja yang spesial dipesan itu perlu dipisahkan dari baja Bj.Tp 24 dan Bj.Td 40 yang umum dipakai. Sifat-sifat fisik baja beton dapat ditentukan melalui pengujian tarik. Sifat fisik tersebut adalah: kuat tarik (f_y), batas luluh/leleh, regangan pada beban maksimal, modulus elastisitas (konstanta material), (E_s)

2.3.4.2 Tulangan Polos

Baja tulangan ini tersedia dalam beberapa diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, maka pemakaiannya terbatas. Saat ini tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga diameter 16 mm, dengan panjang 12 m.

Tabel 2.3. Baja Tulangan Polos

Diameter (mm)	Berat (kg / m)	Luas penampang (cm^2)
6	0,222	0,28
8	0,395	0,50
10	0,617	0,79
12	0,888	1,13
16	1,578	2,01

(Sumber : SNI Baja Tulangan Beton tahun 2012)

2.3.4.3 Tulangan Ulir

Tabel 2.4. Baja Tulangan Ulir

Diameter(mm)	Berat (kg / m)	Keliling (cm)	L.penampang(cm ²)
10	0,617	3,14	0,785
13	1,04	4,08	1,33
16	1,58	5,02	2,01
19	2,23	5,96	2,84
22	2,98	6,91	3,80
25	3,85	7,85	4,91
32	6,31	10,05	8,04
36	7,99	11,30	10,20
40	9,87	12,56	12,60

(Sumber : SNI Baja Tulangan Beton tahun 2012)

Berdasarkan SNI, baja tulangan ulir lebih diutamakan pemakaiannya untuk batang tulangan struktur beton. Hal ini dimaksudkan agar struktur beton bertulang tersebut memiliki keandalan terhadap efek gempa, karena akan terdapat ikatan yang lebih baik antara beton dan tulangnya.

2.4 Pembebanan

Pembebanan dapat terjadi dari beban konstruksi itu sendiri yang disebut dengan beban mati, dan juga beban orang atau benda benda yang dapat dipindahkan yang bersifat tidak permanen disebut beban hidup, sedangkan yang terjadi akibat gempa disebut beban gempa. Apabila beban beban tersebut terjadi secara bersamaan maka akan ditemukan kombinasi pembebanan nya.

2.4.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Menurut sni 2013 Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan gedung yang harus ditinjau dalam menentukan beban mati suatu gedung harus diambil dari tabel berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan PPPURG 1987

Tabel 2.5. Berat bahan bangunan

Bahan Bangunan	Kg/m ³
Baja	7850
Batu alam	2600
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500
Batu karang	700
Batu pecah	1450
Besi tuang	7250
Beton	2200
Beton bertulang	2400
Kayu	1000
Kerikil, Koral	1650
Pasangan bata merah	1700
Pasangan batu belah	2200
Pasangan batu cetak	2200
Pasangan batu karang	1450
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
Pasir (jenuh air)	1800
Pasir kerikil, koral	1850
Tanah, lempung, lanau (kering udara sampai lembab)	1700
Tanah, lempung, lanau (basah)	2000
Timah hitam	11400

(Sumber : PPPURG 1987)

Tabel 2.6 berat komponen bangunan

Komponen Gedung	Kg/m ²
Adukan per cm tebal:	
- dari semen	21
- dari kapur semen merah atau tras	17
Aspal per cm tebal	14
Dinding pasangan bata merah	
- satu batu	450
- setengah batu	250
Dinding pasangan batako	
Berlubang:	
- 20cm	200
- 10cm	120
Tanpa lubang	
- 15	300
- 10	200
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
- semen asbes	11
- kaca 3-5mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu tanpa langit-langit bentang maksimum 5m beban hidup 200kg/m ²	40
Penggantung langit-langit dari kayu	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk	50
Penutup atas sirap	40
Penutup atap seng gelombang	10
Penutup lantai dari ubin	24
Semen asbes gelombang	11

(Sumber : PPPURG 1987)

2.4.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin dan beban gempa.

Tabel 2.7. Beban hidup pada lantai gedung

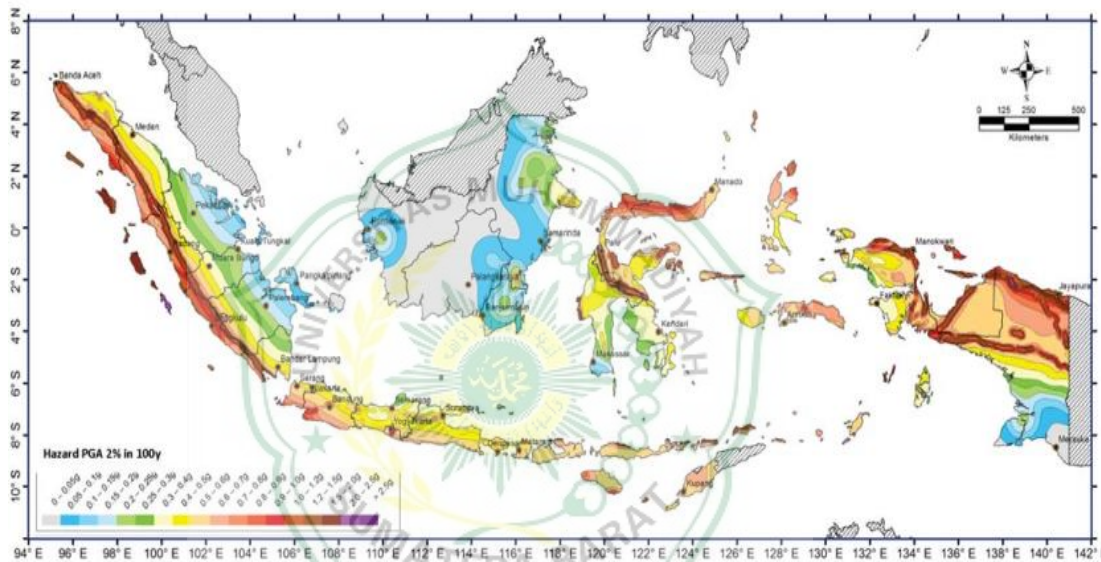
Jenis	Kg/m ²
Lantai dan tangga rumah tinggal kecuali yang disebut dalam beban mati pada bangunan	200
Lantai dan tangga sederhana rumah tinggal dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel	125
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit	250
Lantai ruang olahraga	400
Lantai ruang dansa	500
Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain, daripada yang disebut dalam a sampai e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton	400
Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,g	500
Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400
Lantai gedung parkir bertingkat	
- untuk lantai bawah	800
- untuk lantai tingkat lainnya	400
Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

(Sumber : PPPURG 1987)

2.4.3 Beban Gempa (*Earthquake*)

Beban gempa adalah semua beban *statis ekuivalen* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa (*PPIUG 1983*).

Peta percepatan puncak di batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 100 tahun



(Gambar 2.7 Zona gempa pada wilayah sumatera)

(Sumber : Peta sumber dan bahaya gempa 2017)

2.4.3.1 Waktu Getar Alami

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental dari struktur gedung harus dibatasi yang bergantung pada koefisien (ζ) untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya (n) menurut persamaan:

$$T = 0,06 \times (H)^{3/4}$$

Dimana:

H = Jumlah tingkat gedung

2.4.3.2 Faktor Respon Gempa

Untuk menentukan harga Faktor Respon Gempa (C), dapat dihitung menurut persamaan :

$$C = \psi \times A_0 \times I$$

Dimana :

C = Faktor Respon Gempa

ψ = Koefisien ψ untuk menghitung faktor respons gempa vertikal C

A_0 = nilai dari Percepatan Puncak Muka Tanah

I = Faktor Keutamaan gedung

Koefisien ψ bergantung pada wilayah gempa tempat struktur gedung itu berada dan ditetapkan menurut peta wilayah gempa Indonesia, dan A_0 adalah percepatan puncak muka tanah yang dapat dilihat menggunakan tabel, sedangkan I adalah faktor keutamaan gedung juga menggunakan tabel yang berlandaskan kepada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung SNI – 1726 – 2012, dan jenis tanah tempat struktur bangunan itu berdiri.

Untuk menentukan jenis tanah menggunakan Tabel Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0) untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia.

Tabel 2.8. Koefisien (ψ)

Wilayah Gempa	Koefisien (ψ)
1	0,5
2	0,5
3	0,5
4	0,6
5	0,7
6	0,8

(Sumber : SNI 1726-2012)

Tabel 2.9. Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0)

Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Batuan Dasar	Percepatan Puncak Muka Tanah A_0			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan Ekuivalen Khusus di Setiap Lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

(Sumber : SNI 1726-2012)

2.4.3.3 Faktor Keutamaan Gedung

Faktor untuk berbagai jenis gedung harus diambil berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2.10. Faktor Keutamaan Gedung (I)

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I_3
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Bangunan penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

(Sumber : SNI 1726-2012)

2.4.3.4 Faktor Reduksi

Dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 diatur mengenai nilai Faktor Reduksi (R) beban hidup yang digunakan sebagai Sumber Massa Gempa dapat ditentukan melalui tabel sebagai berikut:

Tabel 2.11. Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa

Penggunaan Gedung	Koefisien	
	Perencanaan Portal	Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunan: - Rumah tempat tinggal - Asrama - Hotel - Rumah Sakit	0,75	0,3
Pendidikan: - Sekolah - Ruang Kuliah	0,90	0,5
Pendidikan: - Kantor - Bank	0,60	0,30
Perdagangan: - Toko - Toserba - Pasar	0,80	0,80
Penyimpanan: - Gudang - Perpustakaan - Ruang Arsip	0,80	0,80
Industri: - Pabrik - Bengkel	1,00	0,90
Tempat Kendaraan: - Garasi - Gedung Parkir	0,90	0,50
Gang dan Tangga: - Perumahan / Penghunan - Pendidikan, Kantor - Pertemuan umum Perdagangan Penyimpanan Industri Tempat kendaraan	0,75 0,75 0,90	0,30 0,30 0,50

(Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983)

2.5 Kombinasi Pembebanan

Struktur dapat dijamin keamanannya dengan cara memberikan kapasitas kekuatan atau kuat rencana yang lebih besar dari kuat perlu. Kekuatan suatu komponen struktur yang diperlukan untuk muatan beban terfaktor dengan berbagai kombinasi pembebanan efek beban disebut dengan kuat perlu. (Wahyudi dan Rahim, 1999)

Kuat perlu (U) dari suatu struktur harus dihitung dengan beberapa kombinasi beban yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Menurut pasal 3.2.2 SK-SNI-T-15-2012-03.

1. Kuat perlu U yang menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D, L, W berikut harus dipilih untuk menentukan nilai U sebesar

$$U = 0,75 (1,2 + 1,6 + 1,6)$$

Dengan beban hidup yang kosong turut pula diperhitungkan untuk mengantisipasi kondisi yang paling berbahaya, sehingga

$$U = 0,9 D + 1,3 W$$

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E turut pula diperhitungkan

$$U = 1,05 (D + L_r \pm E)$$

Dimana :

L_r = beban hidup yang telah direduksi atau

$$U = 0,9 (D \pm E)$$

4. Bila tekanan horizontal tanah H turut diperhitungkan, kuat perlu minimum U harus sama dengan,

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H$$

Untuk keadaan yang berpengaruh D dan L mengurangi efek dari H, nilai maximum U ditentukan sebagai,

$$U = 0,9 D + 1,6 H$$

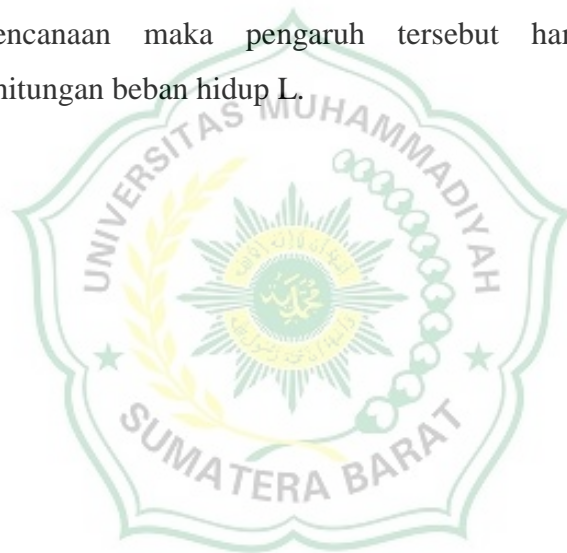
5. Bila pengaruh strukt ural T seperti akibat beban penurunan, rangkak, susut, atau pembebanan suhu yang cukup menentukan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U minimum harus sama dengan :

$$U = 0,75 (1,2 D + 1.6 T + 1,6 L)$$

Dengan nilai U harus lebih besar dari,

$$U = 1,2 (D + T)$$

6. Bila ketahanan terhadap pengaruh kejut diperhitungkan dalam perencanaan maka pengaruh tersebut harus disertakan pada perhitungan beban hidup L.

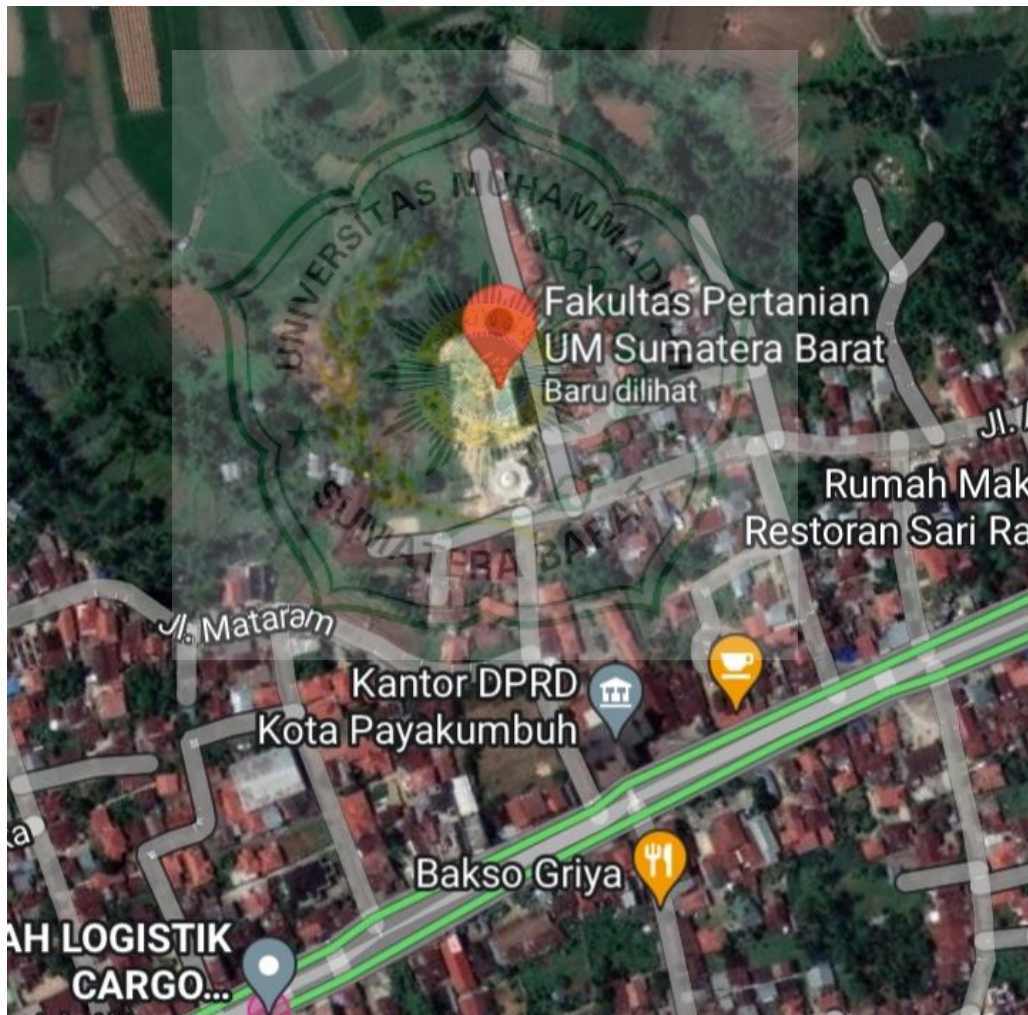


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Jl. Soekarno Hatta, Koto Nak Ampek, Tj. Gadang, Kec. Payakumbuh Bar., Kota Payakumbuh, Sumatera Barat. Penulis memilih lokasi ini dengan kemudahan dalam mencari informasi, pengumpulan data, dan hemat biaya.



Gambar 3.1 Peta Lokasi
Sumber : goole earth

3.2 Data Penelitian

3.2.1 Jenis Dan Sumber Data

Jenis data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Untuk merencanakan pembangunan gedung ini maka dilakukan penelitian dengan cara menganalisis data yang diperoleh pengamatan langsung ke objek.

2. Data Sekunder

Data ini berbentuk naskah tertulis yang diperoleh penelusuran dokumen yang relevan dengan masalah sehingga dapat mendukung penelitian ini.

3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

1. Teknik Observasi

Teknik ini digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengamati secara langsung objek dan kondisi yang ada di lokasi penelitian sesuai dengan permasalahan-permasalahan penelitian.

2. Studi Dokumen.

Teknik ini digunakan untuk memperoleh data kuantitatif secara langsung dari sumbernya, sehingga diperoleh informasi seluas-luasnya.

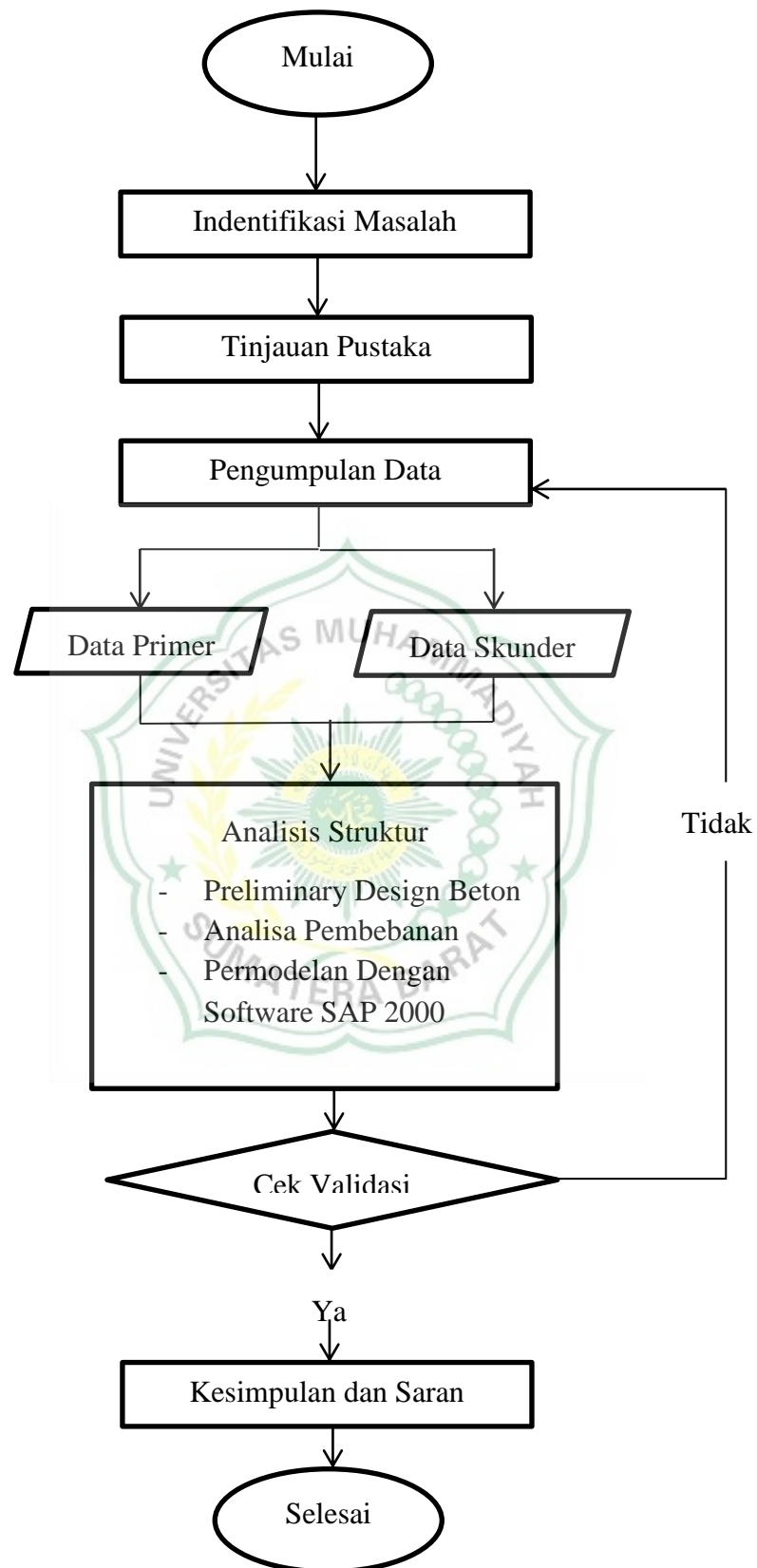
3.3 Metode Analisis Data

Metode yang penulis gunakan untuk penelitian ini adalah kuantitatif untuk memperoleh data yang diperlukan serta kualitatif untuk mendapatkan informasi yang lebih luas tentang penelitian ini. Setelah data sudah lengkap barulah penulis mulai merencanakan Gedung Dekanat UM Sumatera Barat kampus IV payakumbuh dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menghitung preliminary design beton
2. Menganalisis beban
3. Menghitung momen dengan bantuan aplikasi SAP 2000
4. Mendesain tulangan pada struktur
5. Menghitung beban



3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Preliminary Desain Penampang

4.1.1. Balok

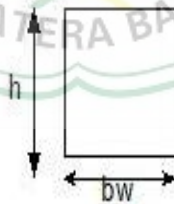
1. Balok Induk 1 35/55

Data – data:

Tabel 4. 1 Data Prelim Balok

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	6000	mm
		L2	4000	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	6000	mm
	Balok Terpendek	Lpd	4000	mm
2	Tinggi Kolom	H1	4000	MPa
3	Mutu Beton	fc'	24,9	MPa
4	Mutu Baja	fy	420	MPa

(Sumber: Data Prelim)



Gambar 4.1 Dimensi Balok
(Sumber : google Image :Balok)

a. Tinggi Balok (h)

Berdasarkan SNI (2847;2019) Tabel 9.3.1.1- Tinggi minimum balok non-prategang, halaman 180 untuk balok dengan perekatan sederhana, tinggi balok (h) adalah:

Tabel 4.2 Tabel Minimum h

Tabel 9.3.1.1 – Tinggi minimum balok nonprategang

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

^[1] Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420. Untuk kasus lain, minimum h harus dimodifikasi sesuai dengan 9.3.1.1.1 hingga 9.3.1.1.3, sebagaimana mestinya.

(Sumber: SNI (2847:2019))

- Balok Induk

$$h \geq L_{PJ} / 16$$

$$h \geq 6000/16 \text{ mm}$$

$$h \geq 375 \text{ mm}$$

Untuk F_y selain 420 Mpa, maka :

$$h \geq L_{pj} / 16(0,4 + f_y/700)$$

$$h \geq 6000/16 (0,4 + 420/700) \text{ mm}$$

$$h \geq 375 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $h = 550 \text{ mm}$

b. Lebar Badan Balok (bw)

- Balok Induk :

Untuk menentukan nilai bw maka digunakan pers balok.

$$1/2 \leq bw \leq 2/3 h$$

Dimana, $1/2 h = 275 \text{ mm}$

$$2/3 h = 366,666667 \text{ mm}$$

$$270 \text{ mm} \leq bw \leq 366,666667 \text{ mm}$$

Maka, $bw = 350 \text{ mm}$

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen lentur (Struktur Pemikul Momen Khusus / SRPMK) SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1

Untuk memenuhi persyaratan di atas maka ditentukan sebagai berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi $A_g.F_c'/10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif.

$$\begin{aligned}
 L_n &\geq 4d \\
 L_{pj} - b_w &\geq 4 \times (550 - 40) \text{ mm} \\
 6000 - 350 \text{ mm} &\geq 4 \times 510 \text{ mm} \\
 5650 \text{ mm} &\geq 2040 \text{ mm} \quad \text{..... ok !!}
 \end{aligned}$$

3. Lebar penampang b_w tidak boleh kurang dari lebih kecil dari $0,3h$ dan 250mm

$$\begin{aligned}
 \text{a. } b_w &\geq 0,3h \\
 350 \text{ mm} &\geq 165 \text{ mm} \quad \text{..... ok !!} \\
 \text{b. } b_w &\geq 250 \text{ mm} \\
 350 \text{ mm} &\geq 250 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}
 \end{aligned}$$

4. Lebar struktur b_w , tidak boleh melebihi lebar struktur penumpu, c_2 , ditambah jarak pada tersendiri sisi struktur penumpu yang sama dengan lebih kecil dari a dan b:

a. Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

b. 0,75 kali dimensi keseluruhan struktur penumpu, c_1

$$\begin{aligned}
 1. \quad b_w &\leq 2.c_2 \\
 350 \text{ mm} &\leq 800 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad b_w &\leq c_2 + 3/4 c_1 \\
 350 \text{ mm} &\leq 700 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi balok yang digunakan adalah : balok 350 x 550 mm.

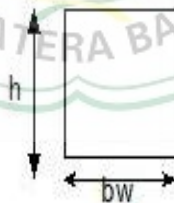
2. Balok Induk 2 25/45

Data- data:

Tabel 4.3 Data Prelim Balok

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	6000	mm
		L2	4000	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	6000	mm
	Balok Terpendek	Lpd	4000	mm
2	Tinggi Kolom	H1	4000	mm
3	Mutu Beton	fc'	20,75	MPa
4	Mutu Baja	Fy	420	MPa

(Sumber: Data Prelim)



Gambar 4.2 Dimensi Balok
(Sumber : google Image :Balok)

a. Tinggi Balok (h)

Berdasarkan SNI (2847;2019) Tabel 9.3.1.1- Tinggi minimum balok non-prategang, halaman 180 untuk balok dengan perekatan sederhana, tinggi balok (h) adalah:

Tabel 4.4 Tabel Minimum h

Tabel 9.3.1.1 – Tinggi minimum balok nonprategang

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

^[1] Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420. Untuk kasus lain, minimum h harus dimodifikasi sesuai dengan 9.3.1.1.1 hingga 9.3.1.1.3, sebagaimana mestinya.

(Sumber: SNI (2847:2019))

- Tinggi Balok (h)

Untuk menentukan nilai h di gunakan pers tinggi balok

$$h \geq L_{pj} / 16$$

$$h \geq 6000/16 \text{ mm}$$

$$h \geq 375 \text{ mm}$$

untuk F_y selain 420 Mpa, maka :

$$h \geq L_{pj} / 16 (0,4 + f_y / 700)$$

$$h \geq 6000/16 (0,4 + 420/700) \text{ mm}$$

$$h \geq 375 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $h = 450 \text{ mm}$

b. Lebar Badan Balok (bw)

- Balok Induk :

Untuk menentukan nilai bw maka digunakan pers lebar balok

$$1/2 h \leq bw \leq 2/3h$$

Dimana, $1/2h = 225 \text{ mm}$

$2/3h = 300 \text{ mm}$

$$225 \leq bw \leq 300$$

Maka, $bw = 250 \text{ mm}$

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen lentur (Struktur Pemikul Momen Khusus / SRPMK) SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1

Untuk memenuhi persyaratan di atas maka ditentukan sebagai berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi $A_g.F_c'/10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif.

$$L_n \geq 4d$$

$$L_{pj} - bw \geq 4 \times (450 - 40) \text{ mm}$$

$$6000 - 250 \text{ mm} \geq 4 \times 410 \text{ mm}$$

$$5750 \text{ mm} \geq 1640 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

3. Lebar penampang bw tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0,3h dan 250mm

$$\text{a. } bw \geq 0,3h$$

$$250 \text{ mm} \geq 135 \text{ mm} \quad \text{..... ok !!}$$

$$\text{b. } bw \geq 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} = 250 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

4. Lebar struktur bw, tidak boleh melebihi lebar struktur penumpu, c2, ditambah jarak pada tersendiri sisi struktur penumpu yang sama dengan lebih kecil dari a dan b:

a. Lebar komponen struktur penumpu c2, dan

b. 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c1

1. $b_w \leq 2.c_2$
 $250 \text{ mm} \leq 800 \text{ mm} \quad \dots\text{ok !!}$
2. $b_w \leq c_2 + \frac{3}{4} c_1$
 $250 \text{ mm} \leq 700 \text{ mm} \quad \dots\text{ok !!}$

Maka dimensi balok yang digunakan adalah : balok 250 x 450 mm

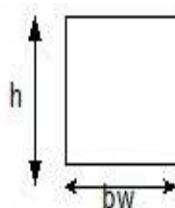
3. Balok Anak 25/40

Data-data:

Tabel 4.5 Data Prelim Balok

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	3000	mm
		L2	2000	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	3000	mm
	Balok Terpendek	Lpd	2000	mm
2	Tinggi Kolom	H1	4000	mm
3	Mutu Beton	fc'	20,75	MPa
4	Mutu Baja	Fy	420	MPa

(Sumber: Data Prelim)



Gambar 4.3 Dimensi Balok

(Sumber : google Image :Balok)

a. Tinggi Balok (h)

Berdasarkan SNI (2847;2019) Tabel 9.3.1.1- Tinggi minimum balok non-prategang, halaman 180 untuk balok dengan perlekatan sederhana, tinggi balok (h) adalah:

Tabel 4.6 Tabel Minimum h

Tabel 9.3.1.1 – Tinggi minimum balok nonprategang

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

^[1] Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420. Untuk kasus lain, minimum h harus dimodifikasi sesuai dengan 9.3.1.1.1 hingga 9.3.1.1.3, sebagaimana mestinya.

(Sumber: SNI (2847:2019))

• Tinggi Balok (h)

Untuk menentukan nilai h di gunakan pers tinggi balok

$$h \geq L_{pj} / 16$$

$$h \geq 3000/16 \text{ mm}$$

$$h \geq 187,5 \text{ mm}$$

untuk F_y selain 420 Mpa, maka :

$$h \geq L_{pj} / 16 (0,4 + f_y / 700)$$

$$h \geq 3000/16 (0,4 + 420/700) \text{ mm}$$

$$h \geq 182,1428571 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $h = 400 \text{ mm}$

b. Lebar Badan Balok (bw)

• Balok Induk :

Untuk menentukan nilai bw maka digunakan pers lebar balok

$$1/2 h \leq bw \leq 2/3h$$

Dimana, $1/2h = 200 \text{ mm}$

$$2/3h = 266,6666667 \text{ mm}$$

$$200 \leq bw \geq 266,6666667$$

Maka, $bw = 250 \text{ mm}$

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen lentur (Struktur Pemikul Momen Khusus / SRPMK) SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1

Untuk memenuhi persyaratan di atas maka ditentukan sebagai berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi $A_g \cdot F_c' / 10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif.

Ln	\geq	4d	
Lpj – bw	\geq	4 x (400 - 40) mm	
3000 – 250 mm	\geq	4 x 310 mm	
2750 mm	\geq	1440 mmok !!

3. Lebar penampang bw tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0,3h dan 250mm

a. Bw	\geq	0,3h	
250 mm	\geq	120 mm ok !!
b. bw	\geq	250 mm	
250 mm	=	250 mmok !!

4. Lebar struktur bw, tidak boleh melebihi lebar struktur penumpu, c2, ditambah jarak pada tersendiri sisi struktur penumpu yang sama dengan lebih kecil dari a dan b:

- a. Lebar komponen struktur penumpu c2, dan
- b. 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c1

1. $bw \leq 2.c2$
 $250 \text{ mm} \leq 800 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$
2. $bw \leq c2 + 3/4 c1$
 $250 \text{ mm} \leq 700 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$

Maka dimensi balok yang digunakan adalah : balok 250 x 400 m

4.1.2. Kolom

1. Kolom Lantai Atap

Keterangan :

Luas Pelat = $9,00 \text{ m}^2$

Dimensi Balok = $0,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$

Panjang Balok = 6 m

Dimensi Kolom = $0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$

Tinggi Kolom = $1,5 \text{ m}$

Tabel 4.7 Tabel Prelim Kolom Lantai Atap

●MATI									
a. Beban RB		0,2	0,15	6	2400			432,00	
b. Atap Genteng Metal					9,00	2,5		22,50	
c. Beban Spesi	0,2				9,00		21	189,00	
e. MEP					9,00		30	270,00	
d. Plafon					9,00		20	180,00	
									1312,2
●HIDUP									
a. Beban hidup pekerja					9,00		100	900,00	
b. beban hidup orang					9,00		250	2250,00	
b. Beban hujan					9,00		20	180,00	
									5328
TOTAL								4423,50	6640,2
LUAS KOLOM RENCANA								0,04	0,04

(Sumber: Prelim Kolom Lantai Atap)

$$\text{Berat (W)} = 6413,4 \text{ Kg}$$

$$\text{Luas Rencana Kolom (A)} = 40.000 \text{ mm}^2$$

$$f_c' \quad \text{K} = 175 \text{ Kg / cm}^2$$

$$\text{K} = 1,75 \text{ Kg / mm}^2$$

$$\text{K} = 1,75 \times 0,83 = 1,453 \text{ Kg / mm}^2$$

Gaya Berat / Luas :

$$W / A \leq 0,3 f_c'$$

$$6413,4 / 40.000 \leq 0,3 \times 1,453 \text{ Kg / mm}^2$$

$$0,1603 \text{ Kg / mm}^2 \leq 0,4358 \text{ Kg / mm}^2 \quad \text{.....ok !!}$$

2. Kolom Lantai 3

Keterangan :

$$\text{Tebal Pelat} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Luas Pelat} = 24,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Dimensi Balok} = 0,45 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Balok} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Kolom} = 4 \text{ m}$$

Tabel 4.8 Tabel Prelim Kolom Lantai 3

●MATI										
a. Beban Pelat	0,12				24	2400			6912,00	
b. Beban B2		0,45	0,25	10		2400			2700,00	
c. Beban BA		0,4	0,25	10		2400			2400,00	
d. Beban Kolom		1,5	0,2	0,2		2400			144,00	
e. Beban Spesi	0,2				24		21		100,80	
f. Plafon					24		20		480,00	
g. Beban Dinding		1,3		10			250		3250,00	
h. MEP					24,00		30		720,00	
i. Berat Granit					24		24		576,00	
										20739,36
●HIDUP										
a. Beban Orang					24		250		6000,00	
										9600
TOTAL									23282,8	30339,36
LUAS KOLOM RENCANA									0,09	0,09

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 3)

$$\begin{aligned}\text{Berat (W)} &= 30339,36 + 6413,4 \text{ Kg} \\ &= 36752,76 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Luas Rencana Kolom (A)} = 90.000 \text{ mm}^2$$

$$f_c' \quad \text{K} = 250 \text{ Kg / cm}^2$$

$$\text{K} = 2,5 \text{ Kg / mm}^2$$

$$\text{K} = 2,5 \times 0,83 = 2,075 \text{ Kg / mm}^2$$

Gaya Berat / Luas :

$$W / A \leq 0,3 f_c'$$

$$36752,76 / 90.000 \leq 0,3 \times 2,075 \text{ Kg / mm}^2$$

$$0,4084 \text{ Kg / mm}^2 \leq 0,6225 \text{ Kg / mm}^2 \quad \text{.....ok !!}$$

3. Kolom Lantai 2

Keterangan :

$$\text{Tebal Pelat} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Luas Pelat} = 24,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Dimensi Balok} = 0,55 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Balok} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 0,45 \text{ m} \times 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Kolom} = 4 \text{ m}$$

Tabel 4.9 Tabel Prelim Kolom Lantai 2

•MATI											
a. Beban Pelat	0,12				24	2400				6912,00	
b. Beban B1		0,55	0,35	10		2400				4620,00	
c. Beban BA		0,4	0,25	10		2400				2400,00	
d. Beban Kolom		4	0,3	0,3		2400				864,00	
e. Beban Spesi	0,2				24		21			100,80	
f. Plafon					24		20			480,00	
g. Beban Dinding		3,55		10			250			8875,00	
h. MEP					24,00		30			720,00	
i. Berat Granit					24		24			576,00	
										30657,36	
•HIDUP											
a. Beban Orang					24		250			6000,00	
										9600	
									TOTAL	31547,8	40257,36
									LUAS KOLOM RENCANA	0,2025	0,2025

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 2)

$$\text{Berat (W)} = 40257,36 + 36752,76 \text{ Kg}$$

$$= 77010,12 \text{ Kg}$$

$$\text{Luas Rencana Kolom (A)} = 202.500 \text{ mm}^2$$

$$f_c' \quad K = 300 \text{ Kg / cm}^2$$

$$K = 3 \text{ Kg / mm}^2$$

$$K = 3 \times 0,83 = 2,49 \text{ Kg / mm}^2$$

Gaya Berat / Luas :

$$W / A \leq 0,3 f_c'$$

$$77010,12 / 202.500 \leq 0,3 \times 2,49 \text{ Kg / mm}^2$$

$$0,3803 \text{ Kg / mm}^2 \leq 0,747 \text{ Kg / mm}^2 \quad \text{.....ok !!}$$

4. Kolom Lantai 1

Keterangan :

$$\text{Tebal Pelat} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Luas Pelat} = 24,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Dimensi Balok} = 0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Balok} = 10 \text{ m}$$

Dimensi Kolom = 0,45 m x 0,45 m

Tinggi Kolom = 4 m

Tabel 4.10 Tabel Prelim Kolom Lantai 1

•MATI											
a. Beban Pelat	0,12				24	2400			6912,00		
b. Beban B1		0,55	0,35	10		2400			4620,00		
c. Beban BA		0,4	0,25	10		2400			2400,00		
d. Beban Kolom		4	0,45	0,45		2400			1944,00		
e. Beban Spesi	0,2				24		21		100,80		
g. Plafon					24		20		480,00		
h. MEP					24,00		30		720,00		
i. Berat Granit					24		24		576,00		
										21303,36	
•HIDUP											
a. Beban Orang					24		250		6000,00		
										9600	
									TOTAL	23752,8	30903,36
									LUAS KOLOM RENCANA	0,2025	0,2025

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 1)

$$\text{Berat (W)} = 30903,36 + 77010,12 \text{ Kg}$$

$$= 107913,48 \text{ Kg}$$

$$\text{Luas Rencana Kolom (A)} = 202.500 \text{ mm}^2$$

$$f_c' = 300 \text{ Kg / cm}^2$$

$$K = 3 \text{ Kg / mm}^2$$

$$K = 3 \times 0,83 = 2,49 \text{ Kg / mm}^2$$

Gaya Berat / Luas :

$$W / A \leq 0,3 f_c'$$

$$107913,48 / 202.500 \leq 0,3 \times 2,49 \text{ Kg / mm}^2$$

$$0,5329 \text{ Kg / mm}^2 \leq 0,747 \text{ Kg / mm}^2 \quad \text{.....ok !!}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh ukuran dimensi kolom perkuatan sebagai berikut :

1. Kolom lantai 1 = 45 x 45 cm K - 300
2. Kolom lantai 2 = 45 x 45 cm K - 300
3. Kolom lantai 3 = 30 x 30 cm K - 250
4. Kolom lantai atap = 20 x 20 cm K - 175

4.1.3. Pelat Lantai

Pelat direncanakan monolit dengan asumsi balok sebagai balok tunggal dengan memanfaatkan bentuk T, untuk menambahkan luas tekan yang dianalisis, berdasarkan SNI 2847 : 2019 (BETON) ayat 9.2.4.1 halaman 179, dengan demikian tebal flens balok pelat = tebal pelat.

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Balok} = L_1 = 6.000 \text{ mm}$$

$$L_2 = 4.000 \text{ mm}$$

$$L_{pj} = 6.000 \text{ mm}$$

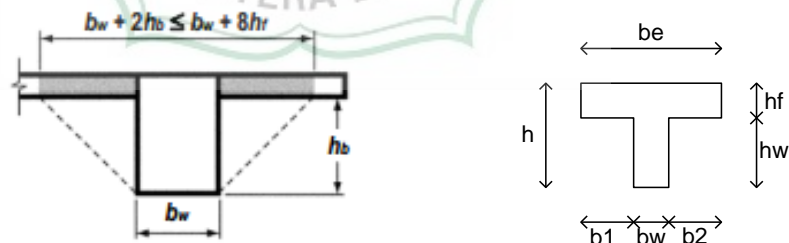
$$L_{pd} = 4.000 \text{ mm}$$

Diambil, $h_f = 120 \text{ mm}$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

1. Perencanaan Dimensi Pelat Balok

- a. Untuk balok yang berada di tengah konstruksi



Gambar 4.4 Dimensi Pelat
(Sumber : google Image Pelat)

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 (BETON) ayat 9.2.4.4 hal 179 butir (a)

Lebar sayap ; $be = bw + b1 + b2$

- Untuk $hw < 4hf$, maka $b1 = b2 = hw$
- Untuk $hw > 4 hf$, maka $b1 = b2 = 4 hf$

- $hw = h - hf$
 $= 550 - 120 \text{ mm}$
 $= 430 \text{ mm}$
- $b1 = hw ; b1 = 430 \text{ mm}$
- $b2 = b1 ; b2 = 430 \text{ mm}$
- $be = bw + b1 + b2$
 $be = 1210 \text{ mm}$

Cek :

- Panjang bentang bersih balok adalah :

$$\begin{aligned} L_n &= L_{\text{balok}} - bw \\ L_n &= 6000 - 350 \\ L_n &= 5650 \text{ mm} \\ L_n &= 5,65 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 butir 6.3.2.1 halaman 97

- $b1, b2 \leq \frac{1}{8} L_{pj} ; \frac{1}{8} L_{pj} = 750 \text{ mm}$
 $430 \leq 750 \text{ mm} \quad \dots \text{ok !!}$
- $b1, b2 \leq 8 hf ; 8 hf = 960 \text{ mm}$
 $430 \leq 960 \text{ mm} \quad \dots \text{ok !!}$
- $b1, b2 \leq \frac{1}{2} L_n ; \frac{1}{2} L_n = 2825 \text{ mm}$
 $430 \leq 2825 \text{ mm} \quad \dots \text{ok !!}$

b. Untuk balok yang berada ditepi konstruksi



Gambar 4.5 Plat Tepi Konstruksi
(Sumber : google Image Plat)

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 butir 6.3.2.1 halaman 97

- $be1 = bw + b1 = 780 \text{ mm}$
- $hw = h - hf = 430 \text{ mm}$

Cek :

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 butir 6.3.2.1 halaman 97

- $b1, b2 \leq 1/12 L_{pj} ; 1/12 L_{pj} = 500,00 \text{ mm}$
380 $\leq 500,00 \text{ mm}$ ok !!
- $b1, b2 \leq 6 hf ; 6 hf = 720 \text{ mm}$
380 $\leq 720 \text{ mm}$ ok !!
- $b1, b2 \leq 1/2 Ln ; 1/2 Ln = 2825 \text{ mm}$
380 $\leq 2825 \text{ mm}$ ok !!

1. Cek Tebal Pelat

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 (BETON) hal 134 untuk panel yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar dari 2, penggunaan persamaan (b) dan (d) pada tabel 8.3.1.2, dengan perbandingan bentang terpanjang, dapat memberikan hasil yang tidak masuk akal. Untuk panel tersebut diharuskan menggunakan aturan baru yang berlaku untuk konstruksi satu arah di 7.3.1

$$hf = \frac{ln \cdot (0.8 + (fy: 1400))}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (cm - 0.2)}$$

Jika, $\alpha m < 2$, maka ; $hf \geq 125 \text{ mm}$

$$hf = \frac{ln \cdot (0.8 + (fy: 1400))}{36 + 9 \cdot \beta}$$

Jika, $\alpha_m > 2$, maka ; $hf \geq 90 \text{ mm}$

Keterangan :

Ln = Panjang bentang (mm), untuk sisi plat dan balok, Ln adalah jarak dari sisi ke sisi balok

hf = Bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok

β = Perbandingan antara bentang bersih dari sisi terpanjang dengan bentang bersih terpendek

α_m = nilai rata-rata dari kekakuan balok

α = l_{bp}/l_p ; dimana : l_{bp} = inersia balok

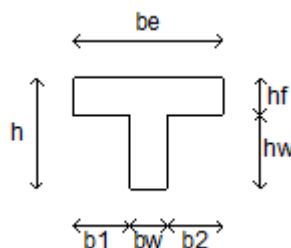
l_p = inersia pelat

α kekakuan pelat pembagian nilainya berdasarkan panjang bentang balok

a. Menentukan momen inersia balok pelat (l_{bp})

Untuk balok yang berada ditengah konstruksi

- b_e = 1,21 m
- b_e = 1210 mm
- h_f = 0,12 m
- h_f = 120 mm
- h_w = 0,43 m
- h_w = 430 mm



Gambar 4.6 Dimensi Plat Lantai
(Sumber : google Image Plat Lantai)

- $A1 = hw \cdot bw = 150.500 \text{ mm}^2$
- $A2 = hf \cdot be = 145.200 \text{ mm}^2$

Titik Berat

titik berat

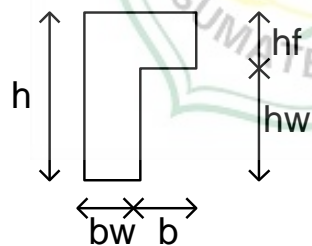
$$y := \frac{\left(A1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw \right) + \left[A2 \cdot \left(\frac{hf}{2} + hw \right) \right]}{(A1) + (A2)}$$

- $A1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw = 32.357.500$ a
- $A2 (hf/2+hw) = 71.148.000$ b
- $A1 + A2 = 295.700$ c
- Jadi, $y = (a+b)/c = 350,0355 \text{ mm}$
- $= 0,35004 \text{ m}$

- $Ix1 = (1/12 \cdot bw \cdot hw^3) = 1.656.395.833 \text{ mm}^4$
- $Y1 = 1/2 \cdot hw = 215 \text{ mm}$
- $Ix2 = (1/12 \cdot be \cdot hf^3) = 174.240.000 \text{ mm}^4$
- $Y2 = (1/2 \cdot hf) + hw = 490 \text{ mm}$
- $Ibp1 = Ix1 + (A1 \cdot (y - y1)^2) + Ix2 + (A2 \cdot (y2 - y)^2)$
- $= 7.419.417.960 \text{ mm}^4$

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

Be1 = 680 mm



- $A1 = hw \cdot bw = 150.500 \text{ mm}^2$
- $A2 = hf \cdot be1 = 93.600 \text{ mm}^2$

Titik Berat

- $A1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw = 32.357.500$ a
- $A2 (hf/2 + hw) = 45.864.000$ b
- $A1 + A2 = 244.100$ c
- Jadi, $y = (a+b)/c = 320,4486 \text{ mm}$
- $= 0,32045 \text{ m}$
- $Ix1 = (1/12 \cdot bw \cdot hw^3) = 1.656.395.833 \text{ mm}^4$
- $y1 = 1/2 \cdot hw = 215 \text{ mm}$

- $I_{x2} = (1/12 \cdot b \cdot e \cdot h_f^3) = 112.320.000 \text{ mm}^4$
 $y_2 = (1/2 \cdot h_f) + h_w = 490 \text{ mm}$
- $I_{bp2} = I_{x1} + (A_1 \cdot (y - y_1)^2) + I_{x2} + (A_2 \cdot (y_2 - y)^2)$
 $= 6.132.969.213 \text{ mm}^4$

b. Menentukan Inersia Pelat

Untuk balok yang berada ditepi konstruksi

- $I_{p1} = 1/12 (b_w/2 + L_1/2) \cdot h_f^3 = 457.200.000 \text{ mm}^4$
 $\alpha_1 = I_{bp2}/I_{p1} = 13,4141934$
- $I_{p2} = 1/12 (b_w/2 + L_1/2) \cdot h_f^3 = 313.200.000 \text{ mm}^4$
 $\alpha_2 = I_{bp2}/I_{p2} = 19,5816386$

untuk balok yang berada di tengah kostruksi

- $I_{p3} = 1/12 (b_w/2 + L_1/2) \cdot h_f^3 = 864.000.000 \text{ mm}^4$
 $\alpha_3 = I_{bp1}/I_{p3} = 8,58728931$
- $I_{p4} = 1/12 (b_w/2 + L_1/2) \cdot h_f^3 = 576.000.000 \text{ mm}^4$
 $\alpha_4 = I_{bp1}/I_{p4} = 12,880934$
- $\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4 = 13,6160138$
- $\beta = (L_{pj} - b_w) / (L_{pd} - b_w) = 1,54794521$
- $60,29294 \text{ mm} \leq h_f = 120 \text{ mm}$

Maka tebal pelat yang digunakan dalam permodelan adalah $h_f = 120 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847: 2019 hal 134, Untuk pelat non prategang dengan balok membentang di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan pelat keseluruhan h harus memenuhi batasan pada tabel 8.3.1.2, kecuali batas lendutan yang dihitung dengan 8.3.2 dipenuhi

Untuk α lebih besar dari 2.0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h_f = \frac{l_n \cdot (0.8 + (f_y : 1400))}{36 + 9 \cdot \beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$79,57028 \text{ mm} < hf = 120 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

4.2. Analisa Pembebanan

4.2.1. Beban Mati

1. Beban pada lantai

• Atap		Tebal	$qu \text{ (Kg / m}^2 \text{)}$	
BV Genteng metal	=	2,5 Kg/m ²	1 Kg/m ²	2,5 Kg/m ²
BV Plafon	=	20 Kg/m ²	1 Kg/m ²	20 Kg/m ²
BV MEP	=	25 Kg/m ²	0 Kg/m ²	25 Kg/m ²
Total	=			47,5 Kg/m ²
• Lantai dak beton		Tebal	$qu \text{ (Kg / m}^2 \text{)}$	
BV Spesi	=	21 Kg/m ²	2 Kg/m ²	42 Kg/m ²
BV Plafon	=	20 Kg/m ²	1 Kg/m ²	20 Kg/m ²
BV MEP	=	25 Kg/m ²	0 Kg/m ²	25 Kg/m ²
Total	=			87 Kg/m ²
• Lantai dinding di atas plat 3		Tebal	$qu \text{ (Kg / m}^2 \text{)}$	
BV Spesi	=	21 Kg/m ²	2 Kg/m ²	42 Kg/m ²
BV Plafon	=	20 Kg/m ²	1 Kg/m ²	20 Kg/m ²
BV MEP	=	25 Kg/m ²	0 Kg/m ²	25 Kg/m ²
BV pas 1/2 bata	=	250 Kg/m ²	1 Kg/m ²	250 Kg/m ²
BV Keramik	=	24 Kg/m ²	1 Kg/m ²	24 Kg/m ²
Total	=			361 Kg/m ²

• Lantai 3		Tebal	qu (Kg / m ²)
BV Spesi	=	21 Kg/m ²	42 Kg/m ²
BV Plafon	=	20 Kg/m ²	20 Kg/m ²
BV MEP	=	25 Kg/m ²	25 Kg/m ²
BV Keramik	=	24 Kg/m ²	24 Kg/m ²
Total	=		111 Kg/m ²

• Lantai dinding di atas plat 2		Tebal	qu (Kg / m ²)
BV Spesi	=	21 Kg/m ²	42 Kg/m ²
BV Plafon	=	20 Kg/m ²	20 Kg/m ²
BV MEP	=	25 Kg/m ²	25 Kg/m ²
BV pas 1/2 bata	=	250 Kg/m ²	250 Kg/m ²
BV Keramik	=	24 Kg/m ²	24 Kg/m ²
Total	=		361 Kg/m ²

• Lantai 2		Tebal	qu (Kg / m ²)
BV Spesi	=	21 Kg/m ²	42 Kg/m ²
BV Plafon	=	20 Kg/m ²	20 Kg/m ²
BV MEP	=	25 Kg/m ²	25 Kg/m ²
BV Keramik	=	24 Kg/m ²	24 Kg/m ²
Total	=		111 Kg/m ²

• Lantai 1		Tebal	qu (Kg / m ²)
BV Spesi	=	21 Kg/m ²	42 Kg/m ²
BV Keramik	=	24 Kg/m ²	24 Kg/m ²
Total	=		66 Kg/m ²

2. Beban pada balok

- Balok 55 x 35

$$\begin{aligned}\text{Tinggi gedung (H)} &= 4 \text{ m} \\ \text{Tinggi Dinding (T)} &= 4 - 0,55 = 3,45 \text{ m} \\ \text{BV Dinding} &= 250 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat dinding} &= 3,45 \times 250 = 862,5 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

- Balok 45 x 25

$$\begin{aligned}\text{Tinggi gedung (H)} &= 4 \text{ m} \\ \text{Tinggi Dinding (T)} &= 4 - 0,45 = 3,55 \text{ m} \\ \text{BV Dinding} &= 250 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat dinding} &= 3,55 \times 250 = 887,5 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

- Balok anak 40 x 25

$$\begin{aligned}\text{Tinggi gedung (H)} &= 4 \text{ m} \\ \text{Tinggi Dinding (T)} &= 4 - 0,40 = 3,6 \text{ m} \\ \text{BV Dinding} &= 250 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat dinding} &= 3,6 \times 250 = 900 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

- Ring Balok 20 x 15

$$\begin{aligned}\text{Tinggi gedung (H)} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Tinggi Dinding (T)} &= 1,5 - 0,2 = 1,3 \text{ m} \\ \text{BV Dinding} &= 250 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat dinding} &= 1,3 \times 250 = 325 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

4.2.2. Beban Hidup

1. Atap

Pekerja	=	100 Kg/m ²
Beban Hujan (Bh)	α =	30° (Kemiringan atap)
(40-0,8* α)	=	16
Beban Hidup Atap	=	116 Kg/m ²

2. Lantai

Berat beban hidup berdasarkan SNI 1727:2020

Kelas	=	195,78 Kg/m ²
Lobi	=	488,44 Kg/m ²
Koridor	=	390,55 Kg/m ²
Kursi Dapat Dipindah	=	488,44 Kg/m ²
Ruang Pertemuan DLL	=	488,44 Kg/m ²
Labor	=	292,66 Kg/m ²
Toilet	=	200 Kg/m ²

4.2.3. Beban Angin

1. Atap

Tekanan angin di daerah Payakumbuh (qw)	=	1042 N / m ²
Sudut kemiringan	=	30°
Koef angin tekan	=	0,02. α -0,4
	=	0,20
Koef angin hisap	=	-0,4

2. Angin tekan = Jarak antar goarding/Reng x bentang antar kuda-kuda x
 koef angin
 hisap x qw
 $= 0,385 \times 7,6 \times 0,2 \times 1.042$
 $= 609,78 \text{ Kg/m}^2$

VT = angin tekan x $\cos \alpha$
 $= 609,78 \times \cos 30^\circ$
 $= 528,08 \text{ Kg/m}^2$

HT = angin tekan x $\sin \alpha$
 $= 609,78 \times \sin 30^\circ$
 $= 304,89 \text{ Kg/m}^2$

3. Angin Hisap = Jarak antar goarding/Reng x bentang antar kuda – kuda x
 koef
 angin hisap x qw
 $= 0,385 \times 7,6 \times (-0,4) \times 1.042$
 $= -1219,6 \text{ Kg/m}^2$

HT = angin hisap x $\cos \alpha$
 $= 1219,6 \times \cos 30^\circ$
 $= 1056,2 \text{ Kg/m}^2$

HH = angin hisap x $\sin \alpha$
 $= 1219,6 \times \sin 30^\circ$
 $= 609,78 \text{ Kg/m}^2$

4.2.4. Beban Gempa

Kategori desain seismik struktur

Kategori Resiko = IV (Gedung Sekolah dan Fasilitas Pendidikan)

Beban gempa respon spektrum : (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)

Lokasi gempa siberut, Tanah Sedang

1. SNI GEMPA

i = faktor keutamaan gempa = 1,5 (SNI GEMPA HAL 25. FAKTOR
KEUTAMAAN)

r = koefisien modifikasi respon = 8

g = gempa 9,81 = 9,81

u = (scale factor) = 1,83938

u_1 = 1,83938

u_2 = 0,55181

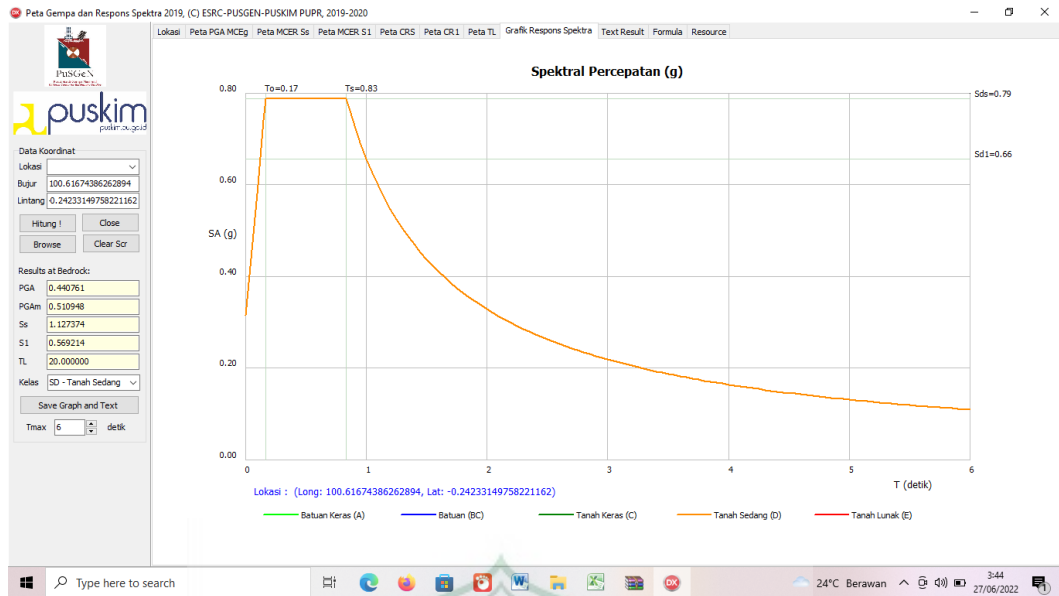
Beban Gempa Respon Spektrum :

Lokasi Gempa Payakumbuh, Tanah Sedang

Lokasi : (Lintang : -0.24233149758221162, Bujur : 100.61674386262894)



Tabel 4.11 Grafik Respon Spektrum Untuk Kota Payakumbuh



(Sumber : Desain Spektra Pekerjaan Umum)

Data yang di dapat ini digunakan/diinputkan dalam aplikasi SAP2000 sebagai beban gempa respon spektra.

PGA = 0.440761 g	Fv = 1.730786
PGAm = 0.510948 g	Sms = 1.182672 g
CRs = 0.000000	Sm1 = 0.985188 g
CR1 = 0.000000	Sds = 0.788448 g
Ss = 1.127374 g	Sd1 = 0.656792 g
S1 = 0.569214 g	T0 = 0.166604 detik
TL = 20.000000 detik	Ts = 0.833019 detik
Fa = 1.049051	

Time (sec)	Value (g)	Time (sec)	Value (g)
0.000	0.3154	0.650	0.7884
0.050	0.4574	0.700	0.7884
0.100	0.5993	0.750	0.7884
0.150	0.7413	0.800	0.7884
0.167	0.7884	0.833	0.7884
0.200	0.7884	0.850	0.7727
0.250	0.7884	0.900	0.7298
0.300	0.7884	0.950	0.6914
0.350	0.7884	1.000	0.6568
0.400	0.7884	1.050	0.6255
0.450	0.7884	1.100	0.5971
0.500	0.7884	1.150	0.5711
0.550	0.7884	1.200	0.5473
0.600	0.7884	1.250	0.5254
1.300	0.5052	2.600	0.2526
1.350	0.4865	2.650	0.2478
1.400	0.4691	2.700	0.2433
1.450	0.4530	2.750	0.2388
1.500	0.4379	2.800	0.2346
1.550	0.4237	2.850	0.2305
1.600	0.4105	2.900	0.2265
1.650	0.3981	2.950	0.2226
1.700	0.3863	3.000	0.2189
1.750	0.3753	3.050	0.2153
1.800	0.3649	3.100	0.2119
1.850	0.3550	3.150	0.2085
Time (sec)	Value (g)	3.200	0.2052
1.900	0.3457	3.250	0.2021
1.950	0.3368	3.300	0.1990
2.000	0.3284	3.350	0.1961
2.050	0.3204	3.400	0.1932
2.100	0.3128	3.450	0.1904
		3.500	0.1877

2.150	0.3055	3.550	0.1850
2.200	0.2985	3.600	0.1824
2.250	0.2919	3.650	0.1799
2.300	0.2856	3.700	0.1775
2.350	0.2795	4.100	0.1602
2.400	0.2737	4.150	0.1583
2.450	0.2681	4.200	0.1564
2.500	0.2627	Time (sec)	Value (g)
2.550	0.2576	-----	
4.250	0.1545	5.150	0.1275
4.300	0.1527	5.200	0.1263
4.350	0.1510	5.250	0.1251
4.400	0.1493	5.300	0.1239
4.450	0.1476	5.350	0.1228
4.500	0.1460	5.400	0.1216
4.550	0.1443	5.450	0.1205
4.600	0.1428	5.500	0.1194
4.650	0.1412	5.550	0.1183
4.700	0.1397	5.600	0.1173
4.750	0.1383	5.650	0.1162
4.800	0.1368	5.700	0.1152
4.850	0.1354	5.750	0.1142
4.900	0.1340	5.800	0.1132
4.950	0.1327	5.850	0.1123
5.000	0.1314	5.900	0.1113
5.050	0.1301	5.950	0.1104
5.100	0.1288	6.000	0.1095

(Sumber : Desain Spektra Pekerjaan Umum Tahun 2020)

Kombinasi Pembebanan Respon Spektrum

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L$
3. $1,2 D + 1 L + 1 EQX + 0,3 EQY$
4. $1,2 D + 1 L - 1 EQX + 0,3 EQY$
5. $1,2 D + 1 L + 1 EQX - 0,3 EQY$
6. $1,2 D + 1 L + 1EQX - 0,3 EQY$
7. $1,2 D + 1 L + 0,3 EQX + 1 EQY$
8. $1,2 D + 1 L - 0,3 EQX + 1 EQY$
9. $1,2 D + 1 L + 0,3 EQX - 1 EQY$
10. $1,2 D + 1L - 0,3 EQY + 1 EQY$
11. $0,9 D + 1 EQX + 0,3 EQY$
12. $0,9 D - 1 EQX + 0,3 EQY$
13. $0,9 D + 1EQX - 0,3 EQY$
14. $0,9 D - 1 EQX - 0,3 EQY$
15. $0,9 D + 0,3 EQX + 1 EQY$
16. $0,9 D - 0,3 EQX + 1 EQY$
17. $0,9 D + 0,3 EQX - 1 EQY$
18. $0,9 D - 0,3 EQX - 1 EQY$



Kombinasi Pembebanan Angin pada Atap

1. $1,4 D$

2. $1,2 D + 1,6 L$

3. $1,2 D + 0,5 L + 0,8 \text{ ANGIN KANAN} - 0,8 \text{ ANGIN KIRI}$

4. $1,2 D + 0,5 L - 0,8 \text{ ANGIN KANAN} + 0,8 \text{ ANGIN KIRI}$

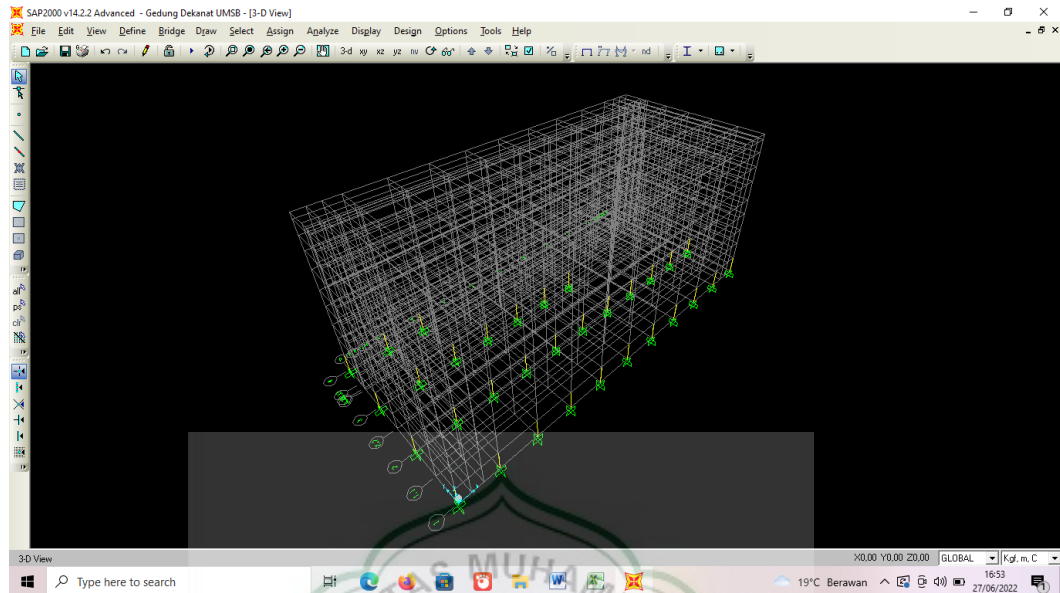
5. $1,2 D + 0,5 L + 0,8 \text{ ANGIN KIRI} - 0,8 \text{ ANGIN KANAN}$

6. $1,2 D + 0,5 L - 0,8 \text{ ANGIN KIRI} + 0,8 \text{ ANGIN KIRI}$



4.3. Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP2000

4.3.1. Menggambar Grid



Gambar 4.7 Grid Gedung
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

4.3.2. Mendefinisikan Penampang Dan Beban

Dari hasil prelim digunakan penampang untuk tiap – tiap balok, kolom dan pelat sebagai berikut :

Kolom :

- | | | |
|----------------------|--------------|---------|
| 1. Kolom lantai 1 | = 45 x 45 cm | K - 300 |
| 2. Kolom lantai 2 | = 45 x 45 cm | K - 300 |
| 3. Kolom lantai 3 | = 30 x 30 cm | K - 250 |
| 4. Kolom lantai Atap | = 20 x 20 cm | K – 175 |

Balok :

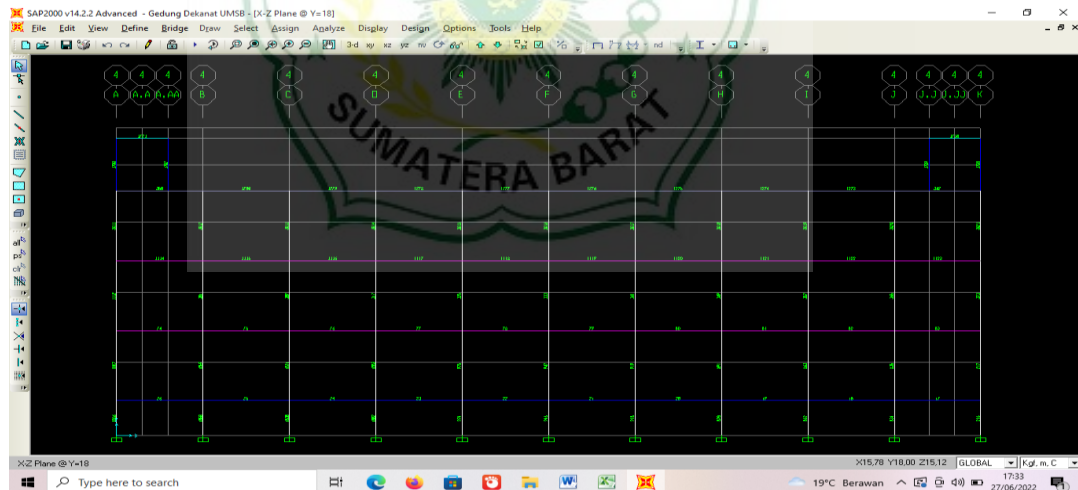
1. Balok sloof (B.S) = 30 x 40 cm
2. Balok induk 1 (B.1) = 35 x 55 cm
3. Balok induk 2 (B.2) = 25 x 45 cm
4. Balok anak (B.A) = 25 x 40 cm

Pelat lantai :

1. Pelat lantai = 12 cm
2. Pelat cor dak = 10 cm

Dan untuk material yang di inputkan

1. Beton K – 300 ($f'c$) = 24,9 Mpa
2. Beton K – 250 ($f'c$) = 20,75 Mpa
3. Beton K – 175 ($f'c$) = 14,53 Mpa
4. Baja BjTD – 42 (f_y) = 420 Mpa
5. Baja BjTS – 24 (f_y) = 240 Mpa

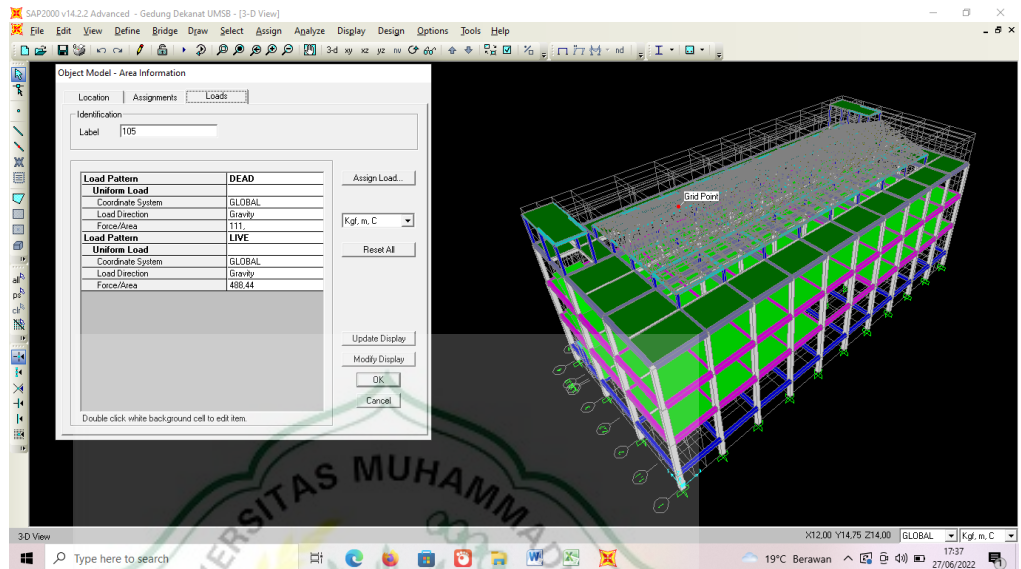


Gambar 4.8 Input Penampang
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

4.3.3. Input Beban Hidup, Mati, Dan Gempa

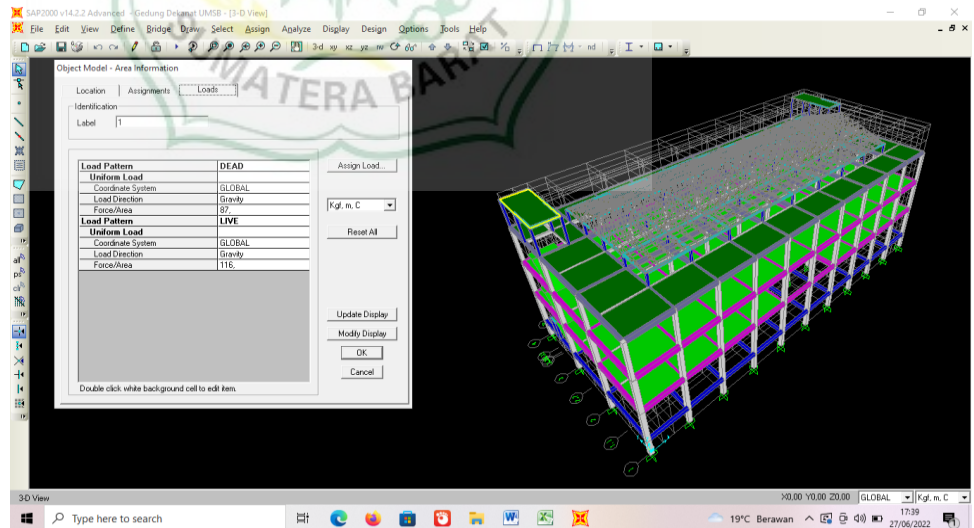
Beban – beban yang diinputkan sesuai dengan perhitungan pembebanan pada poin

1. Beban Pada Pelat Lantai



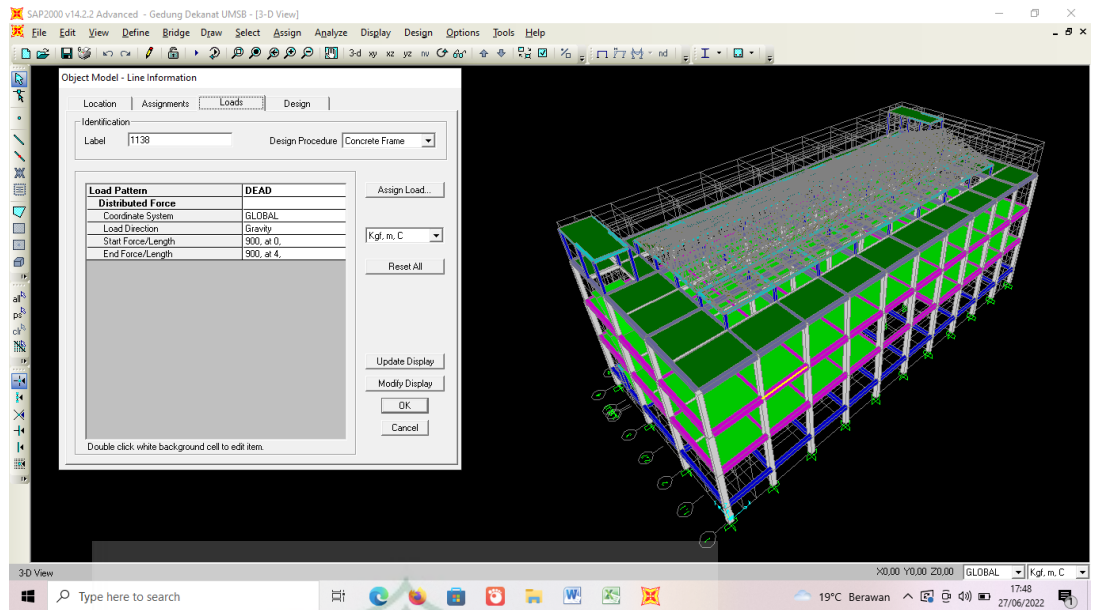
Gambar 4.9 Beban pada Pelat Lantai
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

2. Beban Pelat Cor Dak



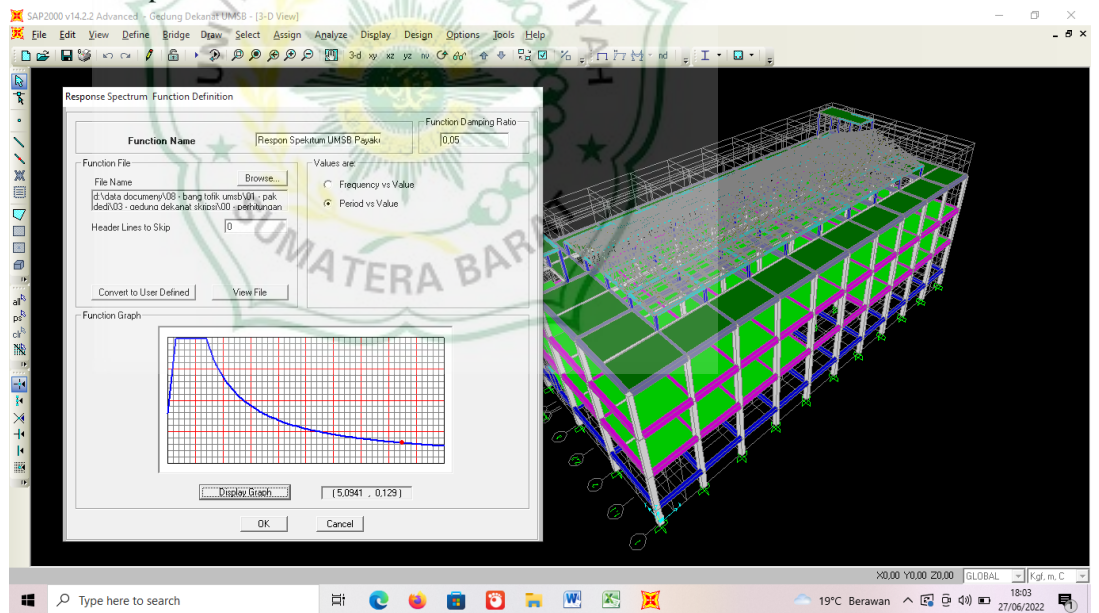
Gambar 4.10 Beban pada Pelat Cor Dak
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

3. Beban Pada Balok



Gambar 4.11 Beban pada Balok
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

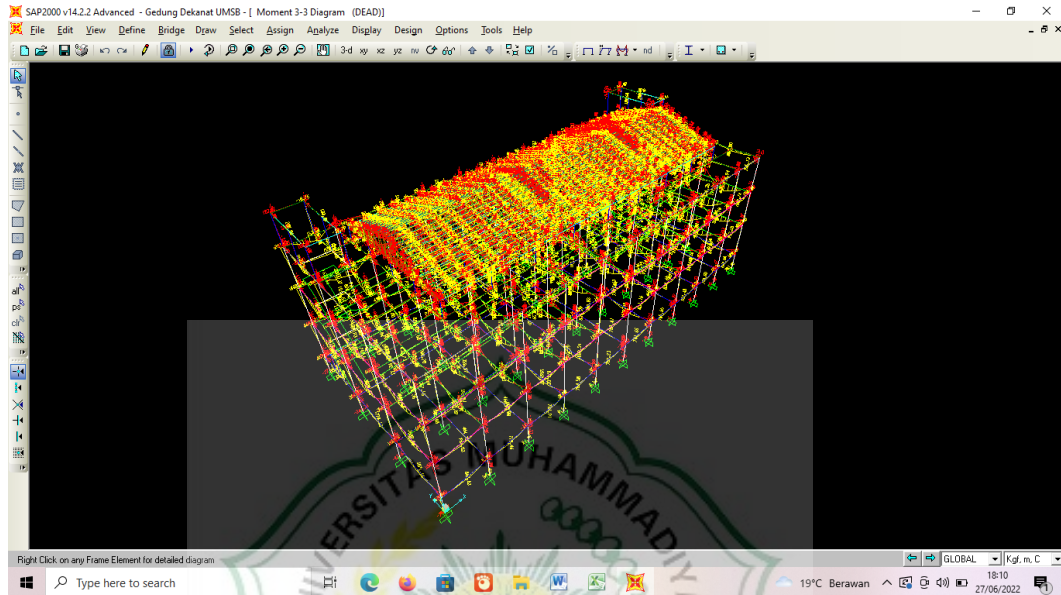
4. Beban Gempa



Gambar 4.12 Beban Gempa
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

4.3.4 Hasil Runnign SAP2000

Dari hasil Running aplikasi SAP2000 didapatkan momen – momen yang nantinya digunakan pada perhitungan penulangan kolom, balok, pelat lantai, dan pelat cor dak.



Gambar 4.13 Hasil Running SAP2000
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

Rekap momen dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP2000 :

Balok Sloof (B.S) Bentang 6m

Tabel 4.12 Tabel Beam Forces B.S (30x40cm)

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	18,729	58,902	3,807	2,799	7,026	30,102
Min	-13,150	-50,872	-5,110	-3,303	-7,191	-66,425

(Sumber : Hasil Running Sap2000)

Balok Induk 1 (B.1) Bentang 6m

Tabel 4.13 Tabel Beam Forces B.1 (35x55cm)

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	19,133	92,361	2,803	5,933	5,295	130,750
Min	-2,291	-97,934	-2,920	-5,977	-5,482	-132,502

(Sumber : Hasil Running Sap2000)

Balok Induk 2 (B.2) Bentang 6m

Tabel 4.14 Tabel Beam Forces B.2 (25x45cm)

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	19,593	79,968	49964	2,932	34,795	58,064
Min	-36,731	-80,244	-50,190	-2,768	-25,434	-52,548

(Sumber : Hasil Running Sap2000)

Balok Anak (B.A) Bentang 4m

Tabel 4.15 Tabel Beam Forces B.A (25x40cm)

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,733	36,294	0,710	1,545	0,865	19,610
Min	-4,400	-36,312	-0,777	-1,538	-0,432	-30,571

(Sumber : Hasil Running Sap2000)

Kolom 1 (K.1) Tinggi 4m

Tabel 4.16 Tabel Column Forces K.1 (45x45cm)

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-436,447	39,368	12,058	2,242	35,523	81,218
Min	-1.057,579	-37,869	-16,943	-2,404	-32,614	-85,037

(Sumber : Hasil Running Sap2000)

Kolom 2 (K.2) Tinggi 4m

Tabel 4.17 Tabel Column Forces K.2 (30x30cm)

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-146,527	14,330	2,887	0,097	10,150	26,326
Min	-272,007	-8,573	-5,059	-0,062	-10,092	-30,995

(Sumber : Hasil Running Sap2000)

4.4. Perhitungan Penulangan

4.4.1. Balok

Perencanaan tulangan balok sloof (B.S) 30 x 40 bentang 6m

Tulangan Lentur

1. Tulangan untuk tumpuan

$$M_u = 66,43 \text{ kN m}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 360 \text{ mm}$$

$$f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\delta = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A\rho^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \delta)^2 \times f_y^2}{F_c'}$$

$$= \frac{1044,9398}{F_c'}$$

$$B = - [\{ (1 - \delta) \times f_y \} + \{ \delta \times f_y \times (1 - d'/d) \}]$$

$$= -396,66667$$

$$C = \frac{M_U}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= 2,1355838$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,374144783$$

$$\rho_2 = 0,005462427$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,005462$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 589,9422 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho \times b \times d \\ &= 294,9711 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{A_{s1}} \\ &= 2,934132 \approx 3 \text{ batang} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s'}{A_{s1}} \\ &= 1,467066 \approx 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Kebutuhan tukang minimal : 3 – D 16 untuk tulangan tarik

2 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 4 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

2. Tulangan untuk lapangan

$$M_u = 66,43 \text{ kN m}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 360 \text{ mm}$$

$$f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\partial = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A\rho^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times f_y^2}{F_c'}$$

$$= 1044,9398$$

$$B = - [\{ (1 - \partial) \times f_y \} + \{ \partial \times f_y \times (1 - d'/d) \}]$$

$$= -396,66667$$

$$C = \frac{MU}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= 2,1355838$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,374144783$$

$$\rho_2 = 0,005462427$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,005462$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 589,9422 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho \times b \times d \\ &= 294,9711 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{A_{s1}} \\ &= 2,934132 \approx 3 \text{ batang} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s'}{A_{s1}} \\ &= 1,467066 \approx 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Kebutuhan tukang minimal : 3 – D 16 untuk tulangan tarik

2 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 4 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

Tulangan Geser

Data material balok

Kuat tekan beton	:	f_c'	24,90 MPa
Tegangan leleh baja	:	f_y	240,00 MPa
Faktor reduksi geser	:	ϕ_s	0,75

Dimensi balok

Panjang bentang	:	L	6000,00 mm
Lebar Balok	:	b	300,00 mm
Tinggi balok	:	h	400,00 mm
Selimit beton	:	d'	40,00 mm
Tinggi efektif beton	:	d = h - d'	360,00 mm

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimit balok:	Vu	58,90 kN
Kuat geser ultimit balok:	Vu (Tumpuan)	58,90 kN
Kuat geser ultimit balok:	Vu (Lapangan)	29,45 kN

1. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok

Tulangan geser balok (sengkang/beugel)		2d10-100 mm
Diameter sengkang	: ds	10,00 mm
Luas penampang sengkang	: $A_v = 2 [1/4 \pi ds^2]$	185,00 mm
Jarak antar sengkang	: s	100,00 mm
Jarak sengkang maksimum	: S_{max}	180,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq S_{max}$$
$$100,00 \text{ mm} \leq 180,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	:	$V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}] (b d)$	85,82 kN
Kuat geser tulangan geser	:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	135,72 kN

Kuat geser nominal balok

$$\text{Kuat geser nominal balok} : V_n = V_c + V_s \quad 225,54 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok} : V_r = \phi_s V_n \quad 169,15 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate balok

$$\text{Kuat geser ultimate balok} : V_u \quad 58,90 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$169,15 \text{ kN} \geq 58,90 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Tumpuan \varnothing 10 -100 mm

2. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok

$$\text{Tulangan geser balok (sengkang/beugel)} \quad 2d10-150 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} : d_s \quad 10,00 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang sengkang} : A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2] \quad 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar sengkang} : s \quad 150,00 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak sengkang maksimum} : s_{\max} \quad 180,00 \text{ mm}$$

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{\max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 180,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton} : V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}](b d) \quad 89,82 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser} : V_s = (A_v f_y d) / s \quad 90,48 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal balok

$$\text{Kuat geser nominal balok} : V_n = V_c + V_s \quad 180,30 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok} : V_r = \phi_s V_n \quad 135,22 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate balok

$$\text{Kuat geser ultimate balok} : V_u \quad 29,45 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$
$$135,22 \text{ kN} \geq 29,45 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Lapangan $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

Perencanaan tulangan balok 1 (B.1) 35 x 55 bentang 6 m

Tulangan Lentur

1. Tulangan untuk tumpuan

$$M_u = 132,50 \text{ kN m}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 510 \text{ mm}$$

$$f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$Ap^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times fy^2}{Fc'}$$

$$= 1044,9398$$

$$B = - [\{ (1 - \partial) \times fy \} + \{ \partial \times fy \times (1 - d'/d) \}]$$

$$= -403,52941$$

$$C = \frac{MU}{\emptyset \times b \times d^2}$$

$$= 1,8193881$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,381612215$$

$$\rho_2 = 0,004562594$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,004563$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

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

$$= 814,4231 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$As' = \partial \times \rho \times b \times d$$

$$= 407,2115 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}}$$

$$= 4,050608 \approx 5 \text{ batang}$$

- Tulangan tekan

$$n = \frac{A_s'}{A_{s1}}$$

$$= 2,025304 \approx 3 \text{ batang}$$

Kebutuhan tukang minimal : 5 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 6 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

2. Tulangan untuk lapangan

$$M_u = 132,50 \text{ kN m}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 510 \text{ mm}$$

$$f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$As1 = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$Ap^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times fy^2}{Fc'}$$

$$= 1044,9398$$

$$B = - [\{ (1 - \partial) \times fy \} + \{ \partial \times fy \times (1 - d'/d) \}]$$

$$= -403,52941$$

$$C = \frac{MU}{\emptyset \times b \times d^2}$$

$$= 1,8193881$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,381612215$$

$$\rho_2 = 0,004562594$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,004563$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

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

$$= 814,4231 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho \times b \times d \\ &= 407,2115 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{A_{s1}} \\ &= 4,050608 \approx 5 \text{ batang} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s'}{A_{s1}} \\ &= 2,025304 \approx 3 \text{ batang} \end{aligned}$$

Kebutuhan tukang minimal : 5 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 6 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

Tulangan Geser

Data material balok

Kuat tekan beton	:	f_c'	24,90 Mpa
Tegangan leleh baja	:	f_y	240,00 Mpa
Faktor reduksi geser	:	ϕ_s	0,75 Mpa

Dimensi balok

Panjang bentang	:	L	6000,00 mm
-----------------	---	---	------------

Lebar Balok	:	b	350,00 mm
Tinggi balok	:	h	550,00 mm
Selimit beton	:	d'	40,00 mm
Tinggi efektif beton	:	d = h - d'	510,00 mm

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimit balok	:	Vu	97,93 kN
Kuat geser ultimit balok	:	Vu (Tumpuan)	97,93 kN
Kuat geser ultimit balok	:	Vu (Lapangan)	48,97 kN

1. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok

Tulangan geser balok (sengkang/beugel)		2d10-100 mm	
Diameter sengkang	:	ds	10,00 mm
Luas penampang sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi ds^2]$	157,08 mm ²
Jarak antar sengkang	:	s	100,00 mm
Jarak sengkang maksimum	:	S _{max}	255,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq S_{max}$$

$$100,00 \text{ mm} \leq 255,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	:	$V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}]/(b d)]$	148,45 kN
Kuat geser tulangan geser	:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	192,27 kN

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok	:	$V_n = V_c + V_s$	340,72 kN
--------------------------	---	-------------------	-----------

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok} : V_r = \phi_s V_n \quad 255,54 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate balok

$$\text{Kuat geser ultimate balok} : V_u \quad 97,93 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$255,54 \text{ kN} \geq 97,93 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Tumpuan $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

2. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok

$$\text{Tulangan geser balok (sengkang/beugel)} \quad 2d10-150 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} : d_s \quad 10,00 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang sengkang} : A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2] \quad 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar sengkang} : s \quad 150,00 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak sengkang maksimum} : s_{\max} \quad 255,00 \text{ mm}$$

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{\max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 255,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton} : V_c = 1/6 [\sqrt{f_c'}] (b d) \quad 148,45 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser} : V_s = (A_v f_y d) / s \quad 128,18 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal balok

$$\text{Kuat geser nominal balok} : V_n = V_c + V_s \quad 276,63 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok} : V_r = \phi_s V_n \quad 207,47 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate balok

$$\text{Kuat geser ultimate balok} : V_u \quad 48,97 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$
$$207,47 \text{ kN} \geq 48,97 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Lapangan \emptyset 10 – 150 mm

Perencanaan tulangan balok 2 (B.2) 25 x 45 bentang 6 m

Tulangan Lentur

1. Tulangan untuk tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 58,06 \text{ kN m} \\ b &= 250 \text{ mm} \\ h &= 450 \text{ mm} \\ d' &= 40 \text{ mm} \\ d &= 410 \text{ mm} \\ f_c' &= 20,75 \text{ Mpa} \\ f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ \rho &= 0,5 \\ D &= 16 \text{ mm} \\ A_{s1} &= 201,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$Ap^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times fy^2}{Fc'}$$

$$= 1253,9277$$

$$B = - [\{ (1 - \partial) \times fy \} + \{ \partial \times fy \times (1 - d'/d) \}]$$

$$= -399,5122$$

$$C = \frac{MU}{\emptyset \times b \times d^2}$$

$$= 1,7270702$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,314225384$$

$$\rho_2 = 0,00438325$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,004383$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

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

$$= 449,2831 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$As' = \partial \times \rho \times b \times d$$

$$= 224,6461 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}}$$

$$= 2,234551 \approx 3 \text{ batang}$$

- Tulangan tekan

$$n = \frac{A_{s'}}{A_{s1}}$$

$$= 1,117275 \approx 2 \text{ batang}$$

Kebutuhan tukang minimal : 3 – D 16 untuk tulangan tarik

2 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 4 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

2. Tulangan untuk lapangan

$$M_u = 58,06 \text{ kN m}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 410 \text{ mm}$$

$$f_c' = 20,75 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$As1 = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$Ap^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times fy^2}{Fc'}$$

$$= 1253,9277$$

$$B = - [\{ (1 - \partial) \times fy \} + \{ \partial \times fy \times (1 - d'/d) \}]$$

$$= -399,5122$$

$$C = \frac{MU}{\emptyset \times b \times d^2}$$

$$= 1,7270702$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,314225384$$

$$\rho_2 = 0,00438325$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,004383$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

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

$$= 449,2831 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 A_s' &= \rho \times b \times d \\
 &= 224,6461 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s}{A_{s1}} \\
 &= 2,234551 \approx 3 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s'}{A_{s1}} \\
 &= 1,117275 \approx 2 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan tukang minimal : 3 – D 16 untuk tulangan tarik

2 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 4 – D 16 untuk tulangan tarik

3 – D 16 untuk tulangan tekan

Tulangan Geser

Data material balok

Kuat tekan beton	:	f_c'	20,75 MPa
Tegangan leleh baja	:	f_y	240,00 MPa
Faktor reduksi geser	:	ϕ_s	0,75

Dimensi balok

Panjang bentang	:	L	6000,00 mm
Lebar Balok	:	b	250,00 mm
Tinggi balok	:	h	450,00 mm

Selimit beton	:	d'	40,00 mm
Tinggi efektif beton	:	$d = h - d'$	410,00 mm

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimit balok	:	V_u	80,24 kN
Kuat geser ultimit balok	:	V_u (Tumpuan)	80,24 kN
Kuat geser ultimit balok	:	V_u (Lapangan)	40,12 kN

1. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok

Tulangan geser balok (sengkang/beugel)		2d10-100 mm
Diameter sengkang	:	d_s 10,00 mm
Luas penampang sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$ 157,08 mm ²
Jarak antar sengkang	:	s 100,00 mm
Jarak sengkang maksimum	:	s_{max} 205,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{max}$$

$$100,00 \text{ mm} \leq 205,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	:	$V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}](b d)]$	77,82 kN
Kuat geser tulangan geser	:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	154,57 kN

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok	:	$V_n = V_c + V_s$	232,38 kN
--------------------------	---	-------------------	-----------

Kuat geser rencana balok

Kuat geser rencana balok	:	$V_r = \phi_s V_n$	174,29 kN
--------------------------	---	--------------------	-----------

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimate balok : V_u 80,24 kN

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$174,29 \text{ kN} \geq 80,24 \text{ Kn} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Tumpuan $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

2. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok

Tulangan geser balok (sengkang/beugel) 2d10-150 mm

Diameter sengkang : d_s 10,00 mm

Luas penampang sengkang : $A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$ 157,08 mm²

Jarak antar sengkang : s 150,00 mm

Jarak sengkang maksimum : s_{max} 205,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 205,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton : $V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}]/(b d)$ 77,82 kN

Kuat geser tulangan geser : $V_s = (A_v f_y d) / s$ 103,04 kN

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok : $V_n = V_c + V_s$ 180,86 kN

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok} : V_r = \phi_s V_n \quad 180,86 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate balok

$$\text{Kuat geser ultimate balok} : V_u \quad 40,12 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$180,86 \text{ kN} \geq 40,12 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Lapangan $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

Perencanaan tulangan balok anak 25 x 40 bentang 4 m

Tulangan Lentur

1. Tulangan untuk tumpuan

$$M_u = 30,57 \text{ kN m}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 360 \text{ mm}$$

$$f_c' = 20,75 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A_p^2 + B_p + C = 0$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times f_y^2}{F_c'} \\
 &= 1253,9277 \\
 B &= - [\{ (1 - \partial) \times f_y \} + \{ \partial \times f_y \times (1 - d'/d) \}] \\
 &= -396,6667 \\
 C &= \frac{M_U}{\emptyset \times b \times d^2} \\
 &= 1,1794174
 \end{aligned}$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,313337536$$

$$\rho_2 = 0,003001806$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,003002$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 270,1625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 A_s' &= \partial \times \rho \times b \times d \\
 &= 135,0813 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}}$$

$$= 1,343678 \approx 2 \text{ batang}$$

- Tulangan tekan

$$n = \frac{A_s'}{A_{s1}}$$

$$= 0,671839 \approx 1 \text{ batang}$$

Kebutuhan tukang minimal : 2 – D 16 untuk tulangan tarik

1 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukang digunakan : 3 – D 16 untuk tulangan tarik

2 – D 16 untuk tulangan tekan

2. Tulangan untuk lapangan

$$M_u = 30,57 \text{ kN m}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 360 \text{ mm}$$

$$f_c' = 20,75 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho = 0,5$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 201,062 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A_p^2 + B\rho + C = 0$$

Dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \partial)^2 \times f_y^2}{F_c'}$$

$$= 1253,9277$$

$$B = - [\{ (1 - \partial) \times f_y \} + \{ \partial \times f_y \times (1 - d'/d) \}]$$
$$= -396,6667$$

$$C = \frac{M_U}{\phi \times b \times d^2}$$
$$= 1,1794174$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,313337536$$

$$\rho_2 = 0,003001806$$

Diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,003002$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

- Tulangan tarik

$$A_s = \rho \times b \times d$$
$$= 270,1625 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan

$$A_s' = \partial \times \rho \times b \times d$$
$$= 135,0813 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang di butuhkan

- Tulangan tarik

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}}$$

$$= 1,343678 \approx 2 \text{ batang}$$

- Tulangan tekan

$$n = \frac{A_s'}{A_{s1}}$$

$$= 0,671839 \approx 1 \text{ batang}$$

Kebutuhan tukanan minimal : 2 – D 16 untuk tulangan tarik

1 – D 16 untuk tulangan tekan

Kebutuhan tukanan digunakan : 3 – D 16 untuk tulangan tarik

2 – D 16 untuk tulangan tekan

Tulangan Geser

Data material balok

Kuat tekan beton : f_c' 20,75 Mpa

Tegangan leleh baja : f_y 240,00 Mpa

Faktor reduksi geser : ϕ_s 0,75

Dimensi balok

Panjang bentang : L 4000,00 mm

Lebar Balok : b 250,00 mm

Tinggi balok : h 400,00 mm

Selimut beton : d' 40,00 mm

Tinggi efektif beton : $d = h - d'$ 360,00 mm

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimit balok : V_u 36,31 kN

Kuat geser ultimit balok	:	V_u (Tumpuan)	36,31 kN
Kuat geser ultimit balok	:	V_u (Lapangan)	18,16 kN

2. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok

Tulangan geser balok (sengkang/beugel)		2d10-100 mm
Diameter sengkang	:	d_s 10,00 mm
Luas penampang sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$ 157,08 mm ²
Jarak antar sengkang	:	s 100,00 mm
Jarak sengkang maksimum	:	s_{max} 180,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{max}$$

100,00 mm \leq 180,00 mmok !!

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	:	$V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}](b d)]$	68,33 kN
Kuat geser tulangan geser	:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	135,72 kN

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok	:	$V_n = V_c + V_s$	204,05 kN
--------------------------	---	-------------------	-----------

Kuat geser rencana balok

Kuat geser rencana balok	:	$V_r = \phi_s V_n$	153,03 kN
--------------------------	---	--------------------	-----------

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimate balok	:	V_u	36,31 kN
---------------------------	---	-------	----------

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$
$$153,03 \text{ kN} \geq 36,31 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Tumpuan $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$

2. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok

Tulangan geser balok (sengkang/beugel)		2d10-150 mm
Diameter sengkang	: ds	10,00 mm
Luas penampang sengkang	: $A_v = 2 [1/4 \pi ds^2]$	157,08 mm ²
Jarak antar sengkang	: s	150,00 mm
Jarak sengkang maksimum	: s_{max}	180,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{max}$$
$$150,00 \text{ mm} \leq 180,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	: $V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}] (b d)$	68,33 kN
Kuat geser tulangan geser	: $V_s = (A_v f_y d) / s$	90,48 kN

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok	: $V_n = V_c + V_s$	158,81 kN
--------------------------	---------------------	-----------

Kuat geser rencana balok

Kuat geser rencana balok	: $V_r = \phi_s V_n$	119,10 kN
--------------------------	----------------------	-----------

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimate balok : V_u 18,16 kN

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$119,10 \text{ kN} \geq 18,16 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Lapangan $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

4.4.2. Kolom

Perencanaan tulangan Kolom 1 (K.1) 45 x 45 Tinggi 4m

Tulangan Kapasitas Lenturan

Kolom lantai 1 dan lantai 2

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$D = 16 \text{ mm} \quad (\text{Diameter Tulangan})$$

$$f_c = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d = 410 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$n.tul = 8 bh \quad (\text{Jumlah Tulangan})$$

$$y = 225 \text{ mm}$$

a. Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$P_o = 0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$$

$$= 0,85 \times 24,9 (202500 - 1608,495) + 1608,495 \times 420$$

$$= 4927436,778 \text{ N}$$

$$= 4927,436778 \text{ kN}$$

b. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned}
 P_n (\text{ max }) &= 0,8 \times P_o \\
 &= 0,8 \times 4927,436778 \\
 &= 3941,9494 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Eksentrisitas minimum

$$\begin{aligned}
 e_{\text{min}} &= 0,1 \times h \\
 &= 0,1 \times 450 \\
 &= 45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. kuat tekan rencana kolom

$$\begin{aligned}
 \phi P_n (\text{ max }) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\
 &= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\
 &= 2562,2671 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance)

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \quad (f_s' = f_y) \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 450}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 24,9 \times 0,85 \times 600 \times 410 \times 450}{600 + 420}
 \end{aligned}$$

$$= 1952471,25 \text{ N}$$

$$= 1952,47125 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = P_{nb} \times e_b$$

$$C_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y}$$

$$= \frac{600 \times 410}{600 + 420}$$

$$= \frac{600 \times 410}{600 + 420}$$

$$= 241,1764706 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= 0,85 \times C_b \\
 &= 0,85 \times 241,1764706 \\
 &= 205 \text{ mm} \\
 f_s' &= \frac{E_s \times \epsilon'_s}{c} = \frac{600 \times (c - d')}{c} \\
 &= \frac{600 \times (241,1764706 - 40)}{241,1764706} \\
 &= 500,4878
 \end{aligned}$$

$$f_s' \geq f_y \rightarrow f_s' = f_y = 420$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{E_s \times \epsilon'_s}{c} = \frac{600 \times (c - d')}{c} \\
 &= \frac{600 \times (410 - 241,1764706)}{241,1764706}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b \times (y - a_b/2) + A_s' \times f_x' \times (h/2 - d') + A_s \times f_s \times (d - y) \\
 &= 364157823,7 \text{ Nmm} \\
 &= 364,1578237 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_{nb}/P_{nb} \\
 &= 0,18651123 \text{ m} \\
 &= 186,511235 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi \times P_{nb} = 1269,106 \text{ kN}$$

$$\phi \times M_{nb} = 291,3263 \text{ Kn}$$

e. Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (p = 0)

$$M_n = \frac{A_s \times f_y (d - 0,59 \times A_s \times f_y)}{f_c' \times b}$$

$$= 132,4836166 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 105,986893 \text{ kNm}$$

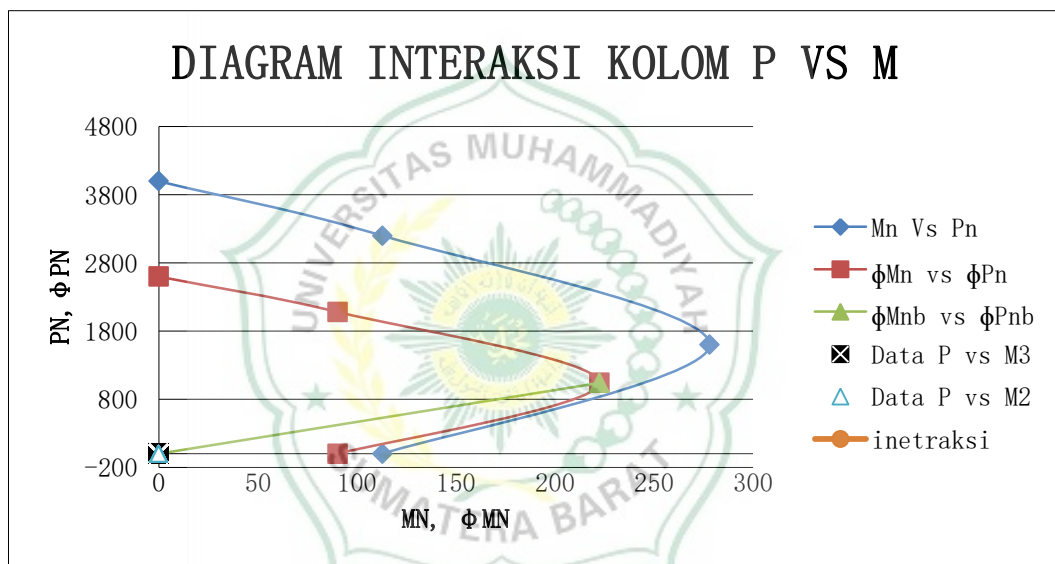
Syarat :

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$105,987 \geq 85,0369 \quad \text{.....ok !!}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$2.562,267 \geq 1057,579 \quad \text{.....ok !!}$$



(Gambar 4.14: Diagram Interaksi Kolom Pvs M Kolom 1)

Maka tulangan yang dipakai adalah : 8 D – 16

Kapasitas geser kolom 1 (K.1) 45 x 45 cm

Tulangan Geser

Kolom lantai 1 dan lantai 2

Data material kolom

Data material kolom

Kuat tekan beton	:	f_c'	24,90 Mpa
Tegangan leleh baja	:	f_y	240,00 Mpa
Faktor reduksi geser	:	ϕ_s	0,75

Dimensi kolom

Lebar kolom	:	b	450,00 mm
Tinggi kolom	:	h	450,00 mm
Selimit beton	:	d'	40,00 mm
Tinggi efektif beton	:	$d = h - d'$	410,00 mm

Tulangan geser kolom

Tulangan geser kolom (sengkang/beugel)			2d10-100 mm
Diameter sengkang	:	d_s	10,00 mm
Luas penampang sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$	157,08 mm ²
Jarak antar sengkang	:	s	100,00 mm
Jarak sengkang maksimum	:	s_{max}	205,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser kolom

$$s \leq s_{max}$$
$$100,00 \text{ mm} \leq 205,00 \text{ mm} \quad \text{.....ok !!}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	:	$V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}](b d)$	153,44 kN
Kuat geser tulangan geser	:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	154,57 kN

Kuat geser nominal kolom

$$\text{Kuat geser nominal kolom} : V_n = V_c + V_s \quad 308,01 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana kolom

$$\text{Kuat geser rencana kolom} : V_r = \phi_s V_n \quad 231,01 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate kolom

$$\text{Kuat geser ultimate kolom} : V_u \quad 39,37 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana kolom

$$V_r \geq V_u$$

$$231,01 \text{ kN} \geq 39,37 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Tumpuan $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$

Perencanaan tulangan Kolom 2 (K.2) 30 x 30 Tinggi 4m

Tulangan Kapasitas Lenturan

Kolom lantai 3

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$D = 16 \text{ mm} \quad (\text{Diameter Tulangan})$$

$$f'_c = 20,75 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d = 260 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$n.tul = 4 bh \quad (\text{Jumlah Tulangan})$$

$$y = 150 \text{ mm}$$

a. Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$P_o = 0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$$

$$\begin{aligned}
&= 0,85 \times 20,75 (90000 - 804,2477) + 804,2477 \times 420 \\
&= 1910974,123 \text{ N} \\
&= 1910,974123 \text{ kN}
\end{aligned}$$

b. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned}
P_n (\text{ max }) &= 0,8 \times P_o \\
&= 0,8 \times 1910,974123 \\
&= 1528,7793 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Eksentrisitas minimum

$$\begin{aligned}
e_{\text{min}} &= 0,1 \times h \\
&= 0,1 \times 300 \\
&= 30 \text{ mm}
\end{aligned}$$

c. kuat tekan rencana kolom

$$\begin{aligned}
\phi P_n (\text{ max }) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\
&= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\
&= 993,70654 \text{ kN}
\end{aligned}$$

d. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance)

$$\begin{aligned}
P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y (f_s' = f_y) \\
&= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 300}{600 + f_y} \\
&= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times 260 \times 300}{600 + 420} \\
&= 687862,5 \text{ N} \\
&= 687,8625 \text{ Kn} \\
M_{nb} &= P_{nb} \times e_b \\
C_b &= \frac{600 \times d}{600 + f_y}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{600 \times 360}{600 + 420} \\
&= 152,9411765 \text{ mm} \\
a_b &= 0,85 \times C_b \\
&= 0,85 \times 152,9411765 \\
&= 130 \text{ mm} \\
f_s' &= \frac{E_s \times \epsilon'_s = 600 \times (c - d')}{c} \\
&= \frac{600 \times (152,9411765 - 40)}{152,9411765} \\
&= 443,07692 \\
f_s' &\geq f_y \rightarrow f_s' = f_y = 420 \\
f_s &= \frac{E_s \times \epsilon'_s = 600 \times (c - d')}{c} \\
&= \frac{600 \times (260 - 152,9411765)}{152,9411765} \\
&= 420
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{nb} &= 0,85 \times f'_c \times a_b \times b \times (y - a_b/2) + A_s' \times f_x' \times (h/2 - d') + A_s \times f_s (d - y) \\
&= 95624557,13 \text{ Nmm} \\
&= 95,62455713 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$\begin{aligned}
e_b &= M_{nb}/P_{nb} \\
&= 0,13901697 \text{ m} \\
&= 139,01697 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\phi \times P_{nb} = 447,1106 \text{ kN}$$

$$\phi \times M_{nb} = 76,49965 \text{ Kn}$$

e. Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (p = 0)

$$M_n = \frac{A_s \times f_y (d - 0,59 \times A_s \times f_y)}{f_c' \times b}$$

$$= 41,20839717 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 32,9667177 \text{ kNm}$$

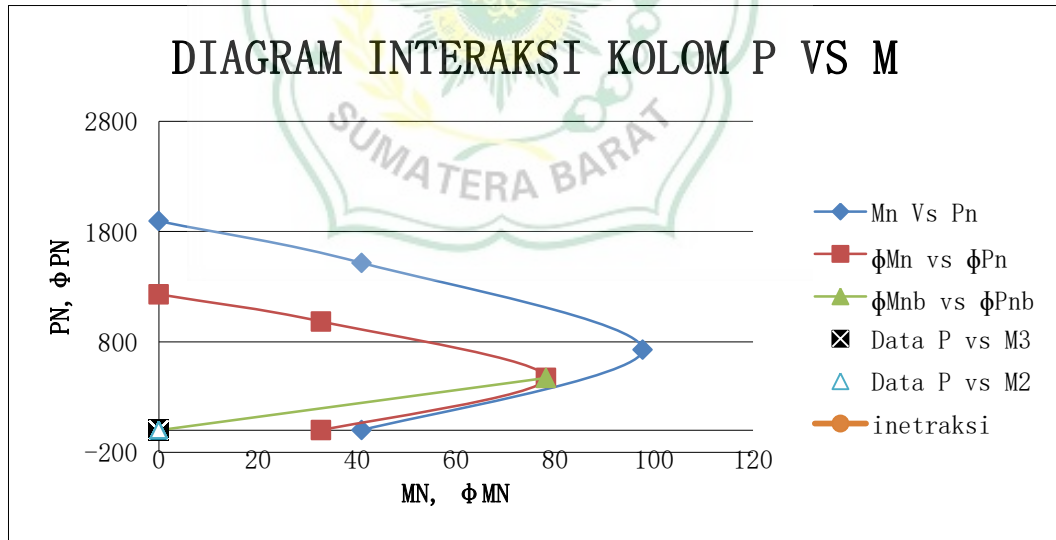
Syarat :

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$32,967 \geq 30,9949 \quad \text{.....ok !!}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$993,707 \geq 272,007 \quad \text{.....ok !!}$$



(Gambar 4.15: Diagram Interaksi Kolom Pvs M Kolom 2)

Maka tulangan yang dipakai adalah : 4 D – 16 mm

Kapasitas geser kolom 2 (K.2) 30 x 30 cm

Tulangan Geser

Kolom lantai 3

Data material kolom

Data material kolom

Kuat tekan beton	:	f_c'	20,75 Mpa
Tegangan leleh baja	:	f_y	240,00 Mpa
Faktor reduksi geser	:	ϕ_s	0,75

Dimensi kolom

Lebar kolom	:	b	300,00 mm
Tinggi kolom	:	h	300,00 mm
Selimit beton	:	d'	40,00 mm
Tinggi efektif beton	:	$d = h - d'$	260,00 mm

Tulangan geser kolom

Tulangan geser kolom (sengkang/beugel)			2d10-100 mm
Diameter sengkang	:	d_s	10,00 mm
Luas penampang sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$	157,08 mm ²
Jarak antar sengkang	:	s	100,00 mm
Jarak sengkang maksimum	:	S_{max}	130,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser kolom

s	\leq	S_{max}	
100,00 mm	\leq	130,00 mmok !!

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton} : V_c = 1/6[\sqrt{f_c'}]/(b d) \quad 59,22 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser} : V_s = (A_v f_y d) / s \quad 98,02 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal kolom

$$\text{Kuat geser nominal kolom} : V_n = V_c + V_s \quad 157,24 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana kolom

$$\text{Kuat geser rencana kolom} : V_r = \phi_s V_n \quad 117,93 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimate kolom

$$\text{Kuat geser ultimate kolom} : V_u \quad 14,33 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana kolom

$$V_r \geq V_u$$
$$117,93 \text{ kN} \geq 14,33 \text{ kN} \quad \text{.....ok !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Tumpuan $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

4.4.3. Plat Lantai

Pembebanan pada plat lantai

Beban Mati

$$\text{Berat Jenis Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tebal Pelat Lantai} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Lantai Keramik} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{MEP} = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi per cm tebal} = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 20 \text{ kg/m}^2$$

Beban Mati pada Pelat Lantai

$$\text{Beton} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Lantai Keramik} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{MEP} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Spesi tebal 2 cm	= 42 kg/m ²
Beban Dinding	= 250 kg/m ²
Plafond	= 20 kg/m ²
Total	= 2766 kg/m ²
Beban Hidup	= 488,44 kg/m ²

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate (Qu)} &= 1,2 D + 1,6 L \\ &= 4.100,704 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Selimut Beton (d)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat} = 120 \text{ mm}$$

$$f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan Pokok, D} = 10 \text{ mm}$$

Tinggi efektif tulangan

$$d_x = \text{Tbl pelat} - \text{se.beton} \times (0,5 \times d)$$

$$= 120 - 40 - (0,5 \times 13)$$

$$= 75 \text{ mm}$$

$$d_y = \text{Tbl pelat} - \text{se.beton} - d \times (0,5 \times d)$$

$$= 120 - 40 - 85 \times (0,5 \times 10)$$

$$= 65 \text{ mm}$$

$$Qu = 4.100,704 \text{ kg/m}^2$$

$$= 40,22790624 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sisi pendek, } L_x = 4 \text{ m}$$

$$\text{Sisi panjang, } L_y = 6 \text{ m}$$

$$L_y/L_x = 1,5 \text{ m}$$

Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya
akibat beban terbagi rata

			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	
I		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25	
II		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42	
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8	
		Mtx = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
III		Mly = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63	
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13	
IVA		Mtx = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125	
		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
IVB		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25	
		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
		Mtx = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	123	125
VA		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	8		
		Mtx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
		Mty = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25	
VB		Mty = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125	
		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63	
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13	
VIA		Mtx = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125	
		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63	
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13	
VIB		Mtx = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125	
		Mty = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
		Mlx = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42
		Mly = +0,001 qlx ² X	qlx ² X	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8	
		Mtx = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		Mty = -0,001 qlx ² X	qlx ² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

— Terletak bebas
 Terjepit penuh

Gambar 4.16 Momen Pada Plat
(Sumber : SNI Pembebanan Gedung 1983)

Nilai Koefisien Momen berdasarkan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.

$$C_x = 41$$

$$C_y = 21$$

Momen-momen yang Bekerja pada Pelat

$$M_{ulx} = 0,001 \times Q_u \times L_x^2 \times C_x$$

$$= 26,38950649 \text{ kN.m}$$

$$M_{uly} = 0,001 \times Q_u \times L_x^2 \times C_y$$

$$= 30,41229712 \text{ kN.m}$$

Perencanaan Tulangan Arah $M_{ulx} = - M_{utx}$

$$M_{ulx} = 26,38950649 \text{ kNm}$$

$$M_u/\phi = 32,98688312 \text{ kNm}$$

$$m = 11,33947555$$

Koefisien Ketahanan (Rn) diambil nilai b tiap 1000 mm

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi} * 1000000 / 1000 \times D x^2 \\ &= 5,864334776 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,005833333 \\ \rho_b &= 0,053542411 \\ \rho_{\max} &= 0,040156808 \\ \rho_{\text{aktual}} &= 0,029303207 \\ 1.33 * \rho_{\text{aktual}} &= 0,038973265 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,028303207 \\ A_s \text{ perlu} &= 2197,740524 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 35,71850232 \text{ mm}$$

Syarat

$$\begin{aligned} s &\leq 2h \\ 35,71850232 &\leq 240 \quad \text{OK} \\ s &\leq 250 \\ 35,71850232 &\leq 250 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Maka dipilih s terkecil yaitu 150 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (Mn)

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 523,33333 \quad \text{mm}^2 \\ a &= 5,934325537 \quad \text{mm} \\ M_n &= 9.04732E+12 \quad \text{kNm} \\ \frac{M_u}{\phi} &= 32,98688312 \quad \text{.....Aman} \end{aligned}$$

Perencanaan Tulangan Arah Muly = - Muty

$$M_{\text{uly}} = 30,41229712 \text{ kNm}$$

$$M_u/\phi = 38,0153714 \text{ kNm}$$

$$m = 11,33947555 \text{ kNm}$$

Koefisien Ketahanan (Rn) diambil nilai b tiap 1000 mm

$$R_n = 8,997721041 \text{ Mpa}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\min} = 0,005833333$$

$$\rho_b = 0,053542411$$

$$\rho_{\max} = 0,040156808$$

$$\rho_{\text{aktual}} = 0,054060568$$

$$1.33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 0,071900556$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,054060568$$

$$A_s \text{ perlu} = 3513,936952 \text{ mm}^2$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 22,33961539 \text{ mm}$$

Syarat

$$s \leq 2h \leq 240 \text{ OK}$$

$$s \leq 250 \leq 250 \text{ OK}$$

Maka dipilih s terkecil yaitu 150 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (Mn)

$$A_s \text{ ada} = 523,33333 \text{ mm}^2$$

$$a = 5,934325537 \text{ mm}$$

$$M_n = 9.04732E+12 \text{ kNm}$$

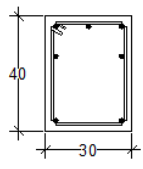
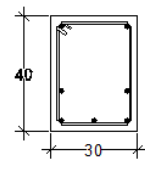
$$M_u/\phi = 38,0153714 \text{Aman}$$

Maka tulangan yang dipakai

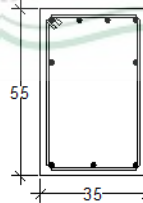
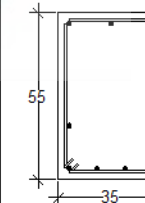
$$\text{Arah x} = \text{Ø}10 - 150$$

$$\text{Arah y} = \text{Ø}10 - 150$$

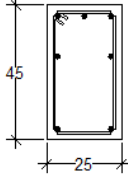
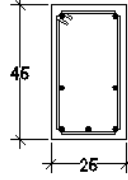
4.5. Rekap Penulangan Balok, Kolom Dan Plat Lantai

NOTASI	B.S (30/40cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN
		
Dimensi	30x40cm	30x40cm
Tulangan Atas	3D16	2D16
Tulangan Tengah	2D16	2D16
Tulangan Bawah	2D16	3D16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150

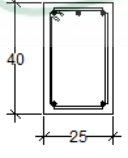
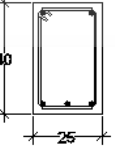
Gambar 4.17 Balok Sloof (B.S) 30 x 40cm bentang 6m
(Sumber : Autocad)

NOTASI	B.I(35/55cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN
		
Dimensi	35x55cm	35x55cm
Tulangan Atas	4D16	3D16
Tulangan Tengah	2D16	2D16
Tulangan Bawah	3D16	4D16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150

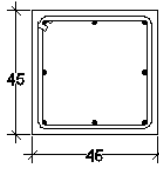
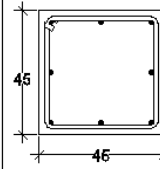
Gambar 4.18 Balok Induk 1 (B.1) 35 x 55cm bentang 6m
(Sumber : Autocad)

NOTASI	B.2(25/45cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN
		
Dimensi	25x45cm	25x45cm
Tulangan Atas	3D12	2D12
Tulangan Tengah	2D12	2D12
Tulangan Bawah	2D12	3D12
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150

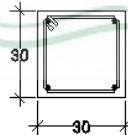
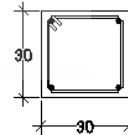
Gambar 4.19 Balok Induk 2 (B.2) 25 x 45cm bentang 6m
(Sumber : Autocad)

NOTASI	B.A(25/40cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN
		
Dimensi	25x40cm	25x40cm
Tulangan Atas	3D12	2D12
Tulangan Tengah		
Tulangan Bawah	2D12	3D12
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150


Gambar 4.20 Balok Anak (B.A) 25 x 40cm bentang 4m
(Sumber : Autocad)

NOTASI	K.1(40/40cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN
		
Dimensi	45x45cm	45x45cm
Tulangan Atas	3D16	3D16
Tulangan Tengah	2D16	2D16
Tulangan Bawah	3D16	3D16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150

Gambar 4.21 Kolom 1 (K.1) 45 x 45cm
(Sumber : Autocad)

NOTASI	K.2(30/30cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN
		
Dimensi	30x30cm	30x30cm
Tulangan Atas	2D16	2D16
Tulangan Tengah		
Tulangan Bawah	2D16	2D16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150

Gambar 4.22 Kolom 2 (K.2) 30 x 30cm
(Sumber : Autocad)

NOTASI	K.1(40/40cm)
GAMBAR	
Tulangan Atas	Ø10 - 150
Tulangan Tengah	
Tulangan Bawah	Ø10 - 150

Gambar 4.23. Pelat lantai tebal 12cm
(Sumber : *Autocad*)



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan struktur yang penulis lakukan pada Gedung Dekanat UM Sumbar Payakumbuh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah:
 - a. Balok (B.I) Bentang 6m : 35cm x 55cm
 - b. Balok (B.2) Bentang 6m : 25cm x 45cm
 - c. Balok (B.A) Bentang 4m : 25cm x 40cm
 - d. Tebal pelat : 12cm

2. Dimensi kolom yang digunakan dalam permodelan adalah :
 - a. Kolom Lantai 3 : 30cm x 30cm
 - b. Kolom Lantai 2 : 45cm x 45cm
 - c. Kolom Lantai 1 : 45cm x 45cm

3. Perhitungan Penulangan
 - a. Balok Sloof (B.S) 30cm x 40cm Bentang 6m. Tulangan geser untuk tumpuan yang dipakai adalah $\text{Ø}10 - 100$, sedangkan untuk lapangan adalah $\text{Ø}10 - 150$ dengan menggunakan mutu baja = 240 MPa. Tulangan lentur yang digunakan adalah 4D – 16 untuk tulangan tarik dan 3D – 16 untuk tulangan tekan dengan menggunakan mutu baja fy = 420 MPa dan mutu beton 24,9 MPa.
 - b. Balok Induk 1 (B.1) 35cm x 55cm Bentang 6m. Tulangan geser untuk tumpuan yang dipakai adalah $\text{Ø}10 - 100$ sedangkan untuk lapangan adalah $\text{Ø}10 - 150$ dengan menggunakan mutu baja = 240 MPa. Tulangan lentur yang digunakan adalah 6D – 16 untuk tulangan tarik dan 3D – 16 untuk tulangan tekan dengan menggunakan mutu baja fy = 420 MPa dan mutu beton 24,9 MPa.
 - c. Balok Induk 2 (B.2) 25cm x 45cm Bentang 6m. Tulangan geser untuk tumpuan yang dipakai adalah $\text{Ø}10 - 100$ sedangkan untuk lapangan adalah $\text{Ø}10 - 150$ dengan menggunakan mutu baja = 240 MPa.

Tulangan lentur yang digunakan adalah 4D – 16 untuk tulangan tarik dan 3D – 16 untuk tulangan tekan dengan menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton 20,75 MPa.

- d. Balok Anak (B.A) 25cm x 40cm Bentang 4m. Tulangan geser untuk tumpuan yang dipakai adalah $\emptyset 10 - 100$ sedangkan untuk lapangan adalah $\emptyset 10 - 150$ dengan menggunakan mutu baja = 240 MPa. Tulangan lentur yang digunakan adalah 3D – 16 untuk tulangan tarik dan 2D – 16 untuk tulangan tekan dengan menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton 20,75 MPa.
- e. Kolom 1 (K.1) 45cm x 45cm. Tulangan geser untuk tumpuan yang dipakai adalah $\emptyset 10 - 100$ dengan menggunakan mutu baja = 240 MPa, sedangkan tulangan induk yang dipakai adalah 8D – 16 dengan menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton 24,9 MPa.
- f. Kolom 2 (K.2) 30cm x 30cm. Tulangan geser untuk tumpuan yang dipakai adalah $\emptyset 10 - 100$ dengan menggunakan mutu baja = 240 MPa, sedangkan tulangan induk yang dipakai adalah 4D – 16 dengan menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa dan mutu beton 20,75 MPa.
- g. Pelat Lantai. tulangan yang dipakai Arah x = $\emptyset 10 - 150$, sedangkan Arah y = $\emptyset 10 - 150$ menggunakan mutu baja $f_y 420$ Mpa dan mutu beton 24,9 MPa.

5.2. Saran

Dari Laporan Perencanaan Struktur Atas Gedung Dekanat Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, penyusun menyampaikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal diharapkan kontraktor melakukan pekerjaan seoptimal mungkin baik dari segi waktu, biaya, dan perhitungan keamanannya.
2. Pada pelaksanaan dilapangan diharapkan selalu mengecek mutu beton dan baja tulangan yang akan dikerjakan.

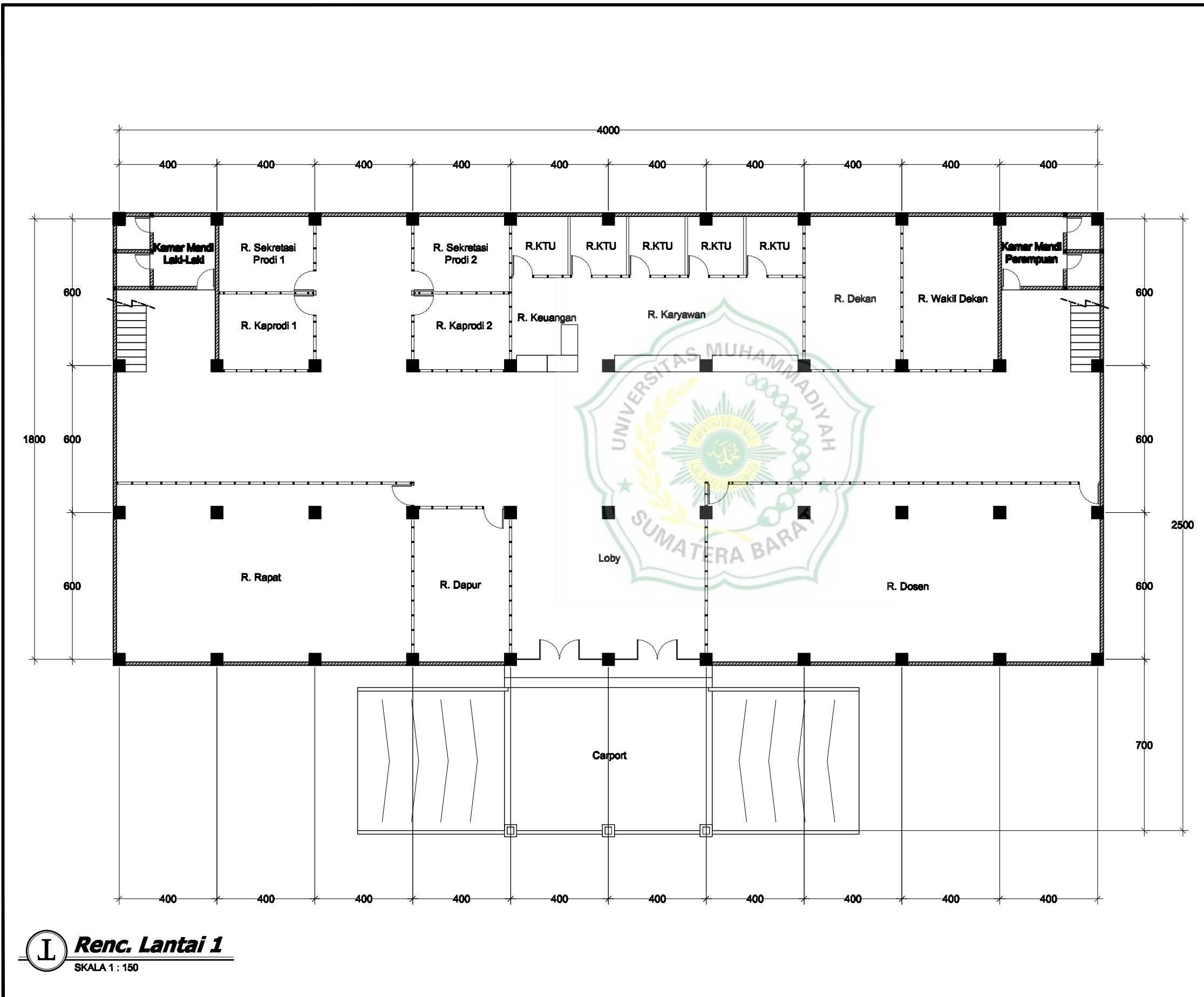
DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, W., Bagio, T. H., & Tistogondo, J. (2019). Desain Perencanaan Struktur Gedung 38 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). *Universitas Narotama Surabaya., Surabaya.*
- Bastian, E. (2018). Pengaruh Jenis Tulangan Terhadap Efektifitas Kinerja Balok Beton Bertulang. *Rang Teknik Journal, 1(2).*
- Bastian, E. Pengaruh Jenis Tulangan terhadap Efektifitas Kinerja Balok Beton Bertulang. *Rang Teknik Journal, 1(2), 271217.*
- Budi, H. L., & Christiyanto, R. (2010). *Perencanaan struktur gedung rusunawa Unimus* (Doctoral dissertation, FAKULTAS TEKNIK).
- Hanafi, M. B. (2015). *Perencanaan Struktur Apartemen 5 Lantai+ 1 Basement Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) Di Sukoharjo* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Ichwandri, Y. P. (2014). *Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Sriwijaya Palembang Dengan Penahan Lateral Dinding Struktural* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Kariso, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. E. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik, 6(6).*
- Lisal, I., Taufik, T., & Khadavi, K. (2019). PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DIKOTA PADANG. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 2(2).*
- PBI., 1971., "Tabel untuk penentuan momen plat".
- PBI., 1983., "Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung. Beban hidup pada lantai gedung".

- PPPURG., 1987., “Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung”.
- Putra, R. S., Ridwan, A., Winarto, S., & Candra, A. I. (2020). Study Perencanaan Struktur Atas Gedung Guest House 6 Lantai Di Kota Kediri. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 3(1), 35-44.
- Sintyawati, L., Winarto, S., Ridwan, A., & Candra, A. I. (2018). STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI TIANG PANCANG GEDUNG FAKULTAS SYARIAH IAIN PONOROGO. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(2), 227-237.
- SK SNI T-15-1991-03., “Kolom, Balok, Plat Lantai”.
- SNI 03-2847-2002., “Daerah tumpuan dan lapangan Pelat dua arah”.
- SNI 03-2847-2013., “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung”.
Struktur Beton Bertulang, Standar baru SNI 1991-03.
- SNI 1726-2012., “Baja Tulangan Beton”
- Sumadi, D. A. N., & Budi Setiawan, S. T. (2018). *Perencanaan Struktur Gedung Kampus 6 Lantai (+ 1 Basement) Di Sukoharjo Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Wahyuni, F., Taufik, T., & Permata, R. (2019). PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERHOTELAN DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK).(STUDI KASUS: PERENCANAAN RESORT HOTEL DI LAWANG ADVENTURE PARK, KABUPATEN AGAM PROVINSI SUMATERA BARAT). *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, 2(2).
- Wihartono, W. M. (2018). *Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Moren di Jalan Kranggan Semarang* (Doctoral dissertation, Unika Soegijapranata Semarang).

Wiyata, N. F., Daniswara, R. A., Sumirin, S., & Ahyar, M. R. (2020). Perencanaan Struktur Atas Tahan Gempa Hotel Laras Asri Salatiga Berdasarkan SNI 1726-2019. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*. Medriosa, H., & Akbar, F. A. (2021). ANALISIS STRUKTUR GEDUNG IRNA (INSTALASI RAWAT INAP) RUMAH SAKIT UMUM PASAMAN BARAT MENGGUNAKAN SNI BETON BERTULANG 2847: 2019 DAN SNI GEMPA 1726: 2019. *Ensiklopedia of Journal*, 3(4), 7-14.





INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

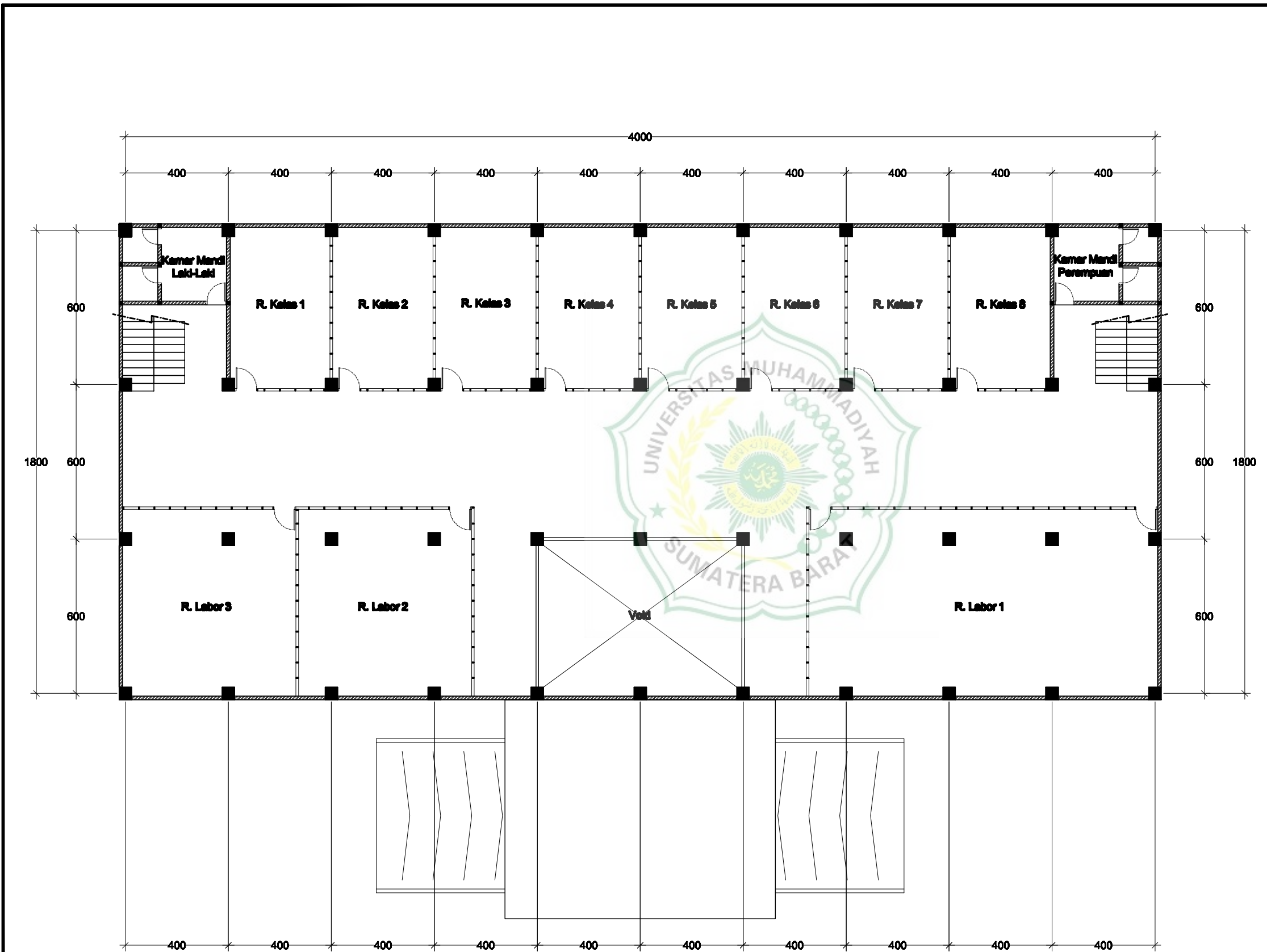
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

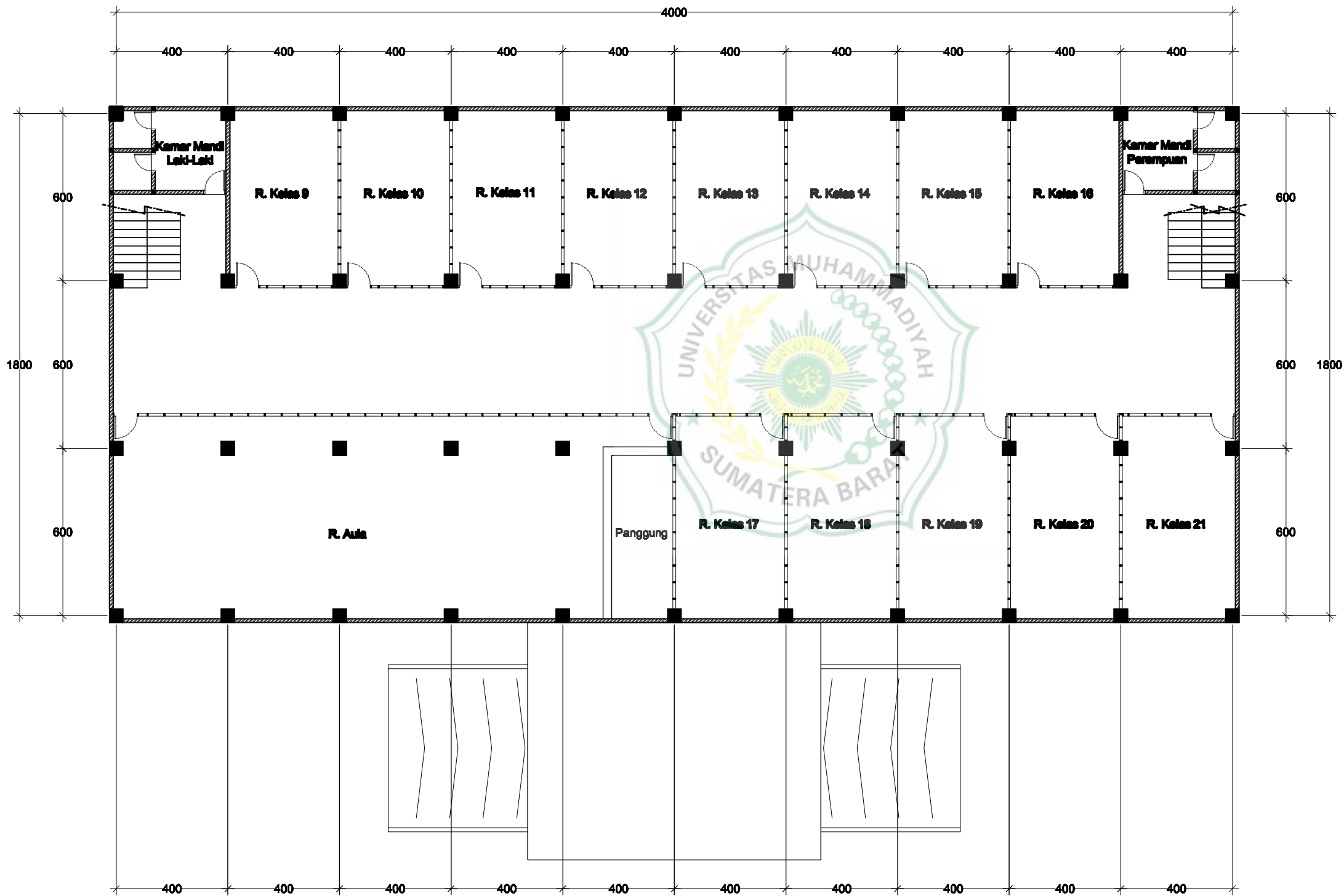
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

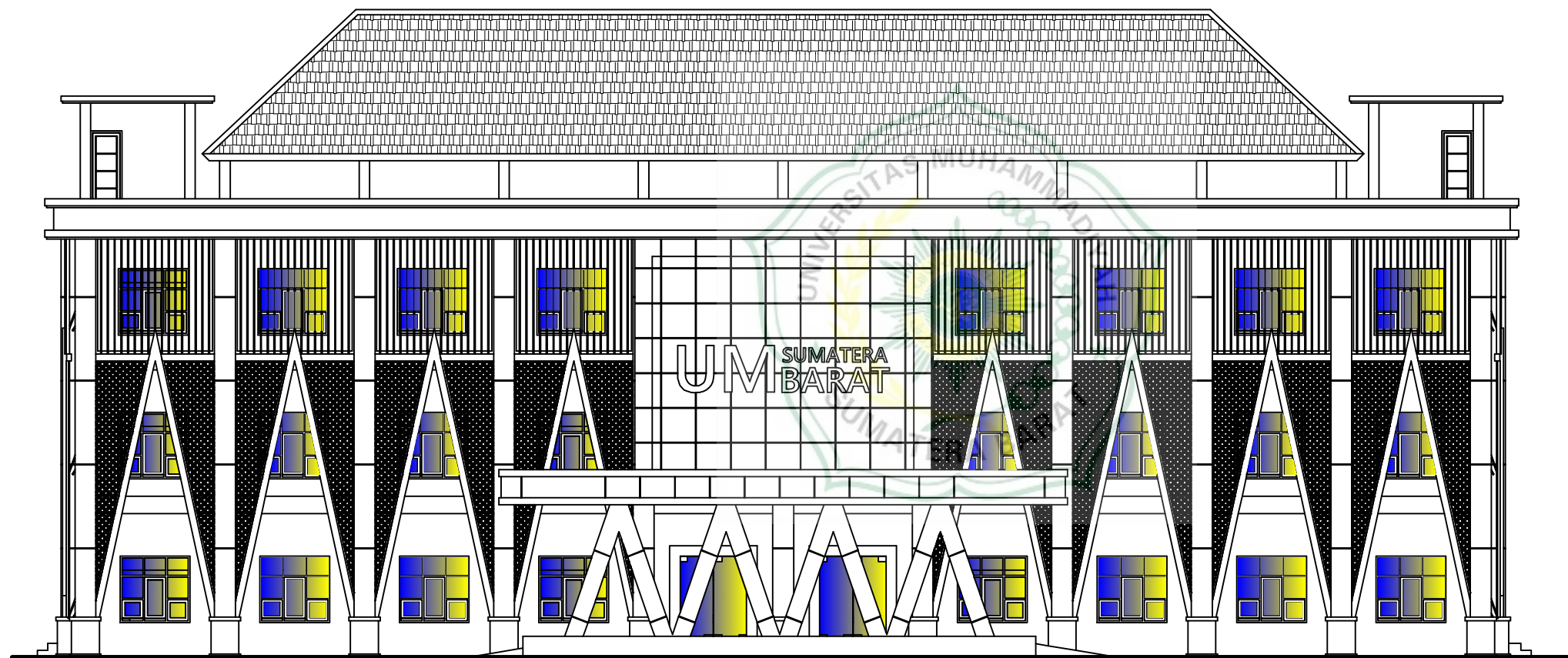
DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



Renc. Lantai 3
SKALA 1 : 150



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

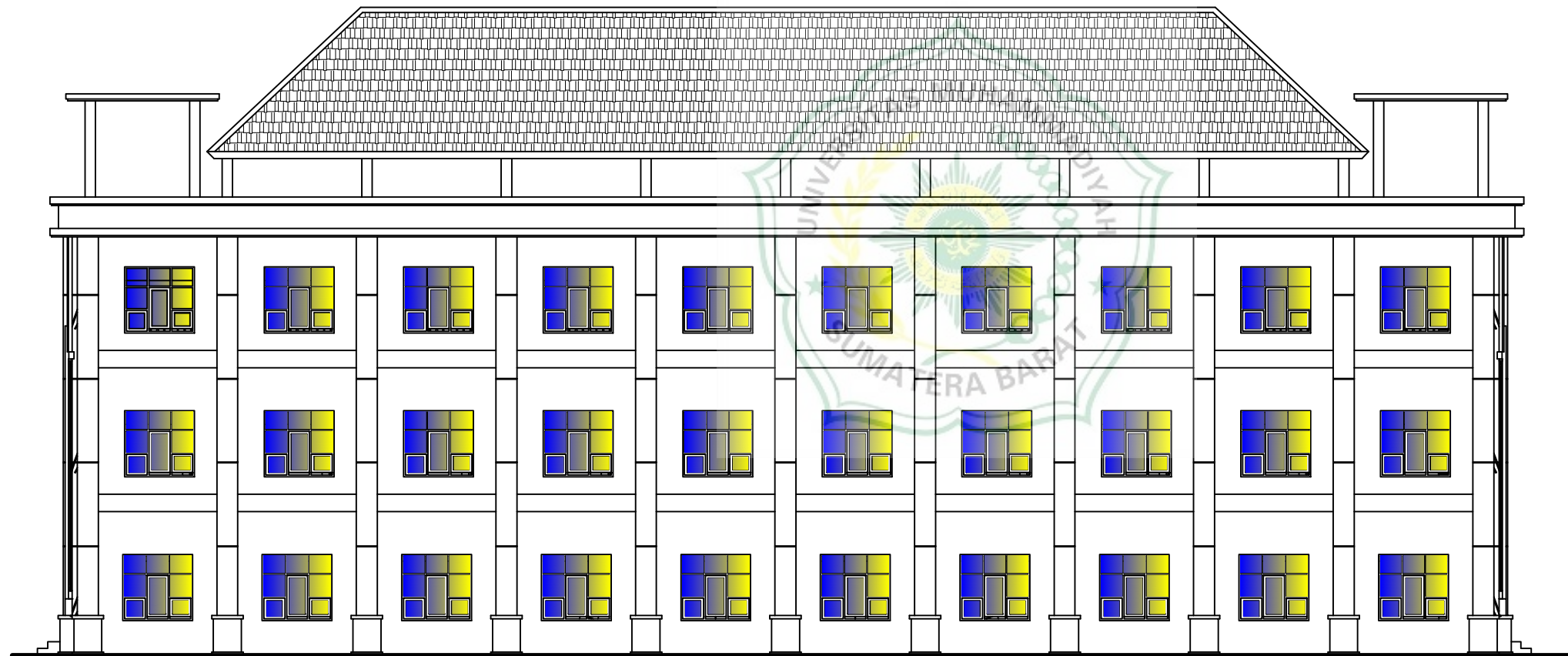
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

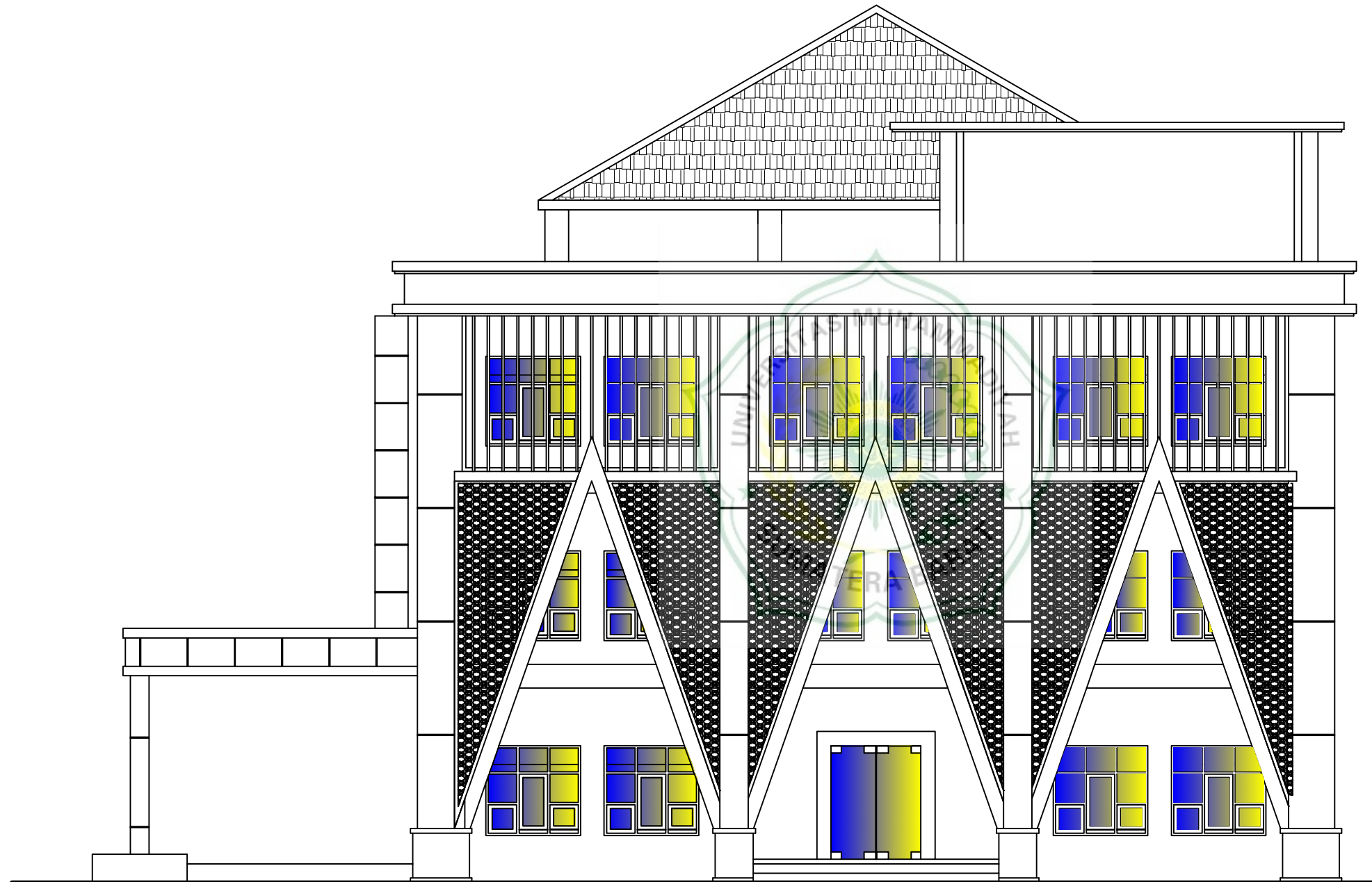
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

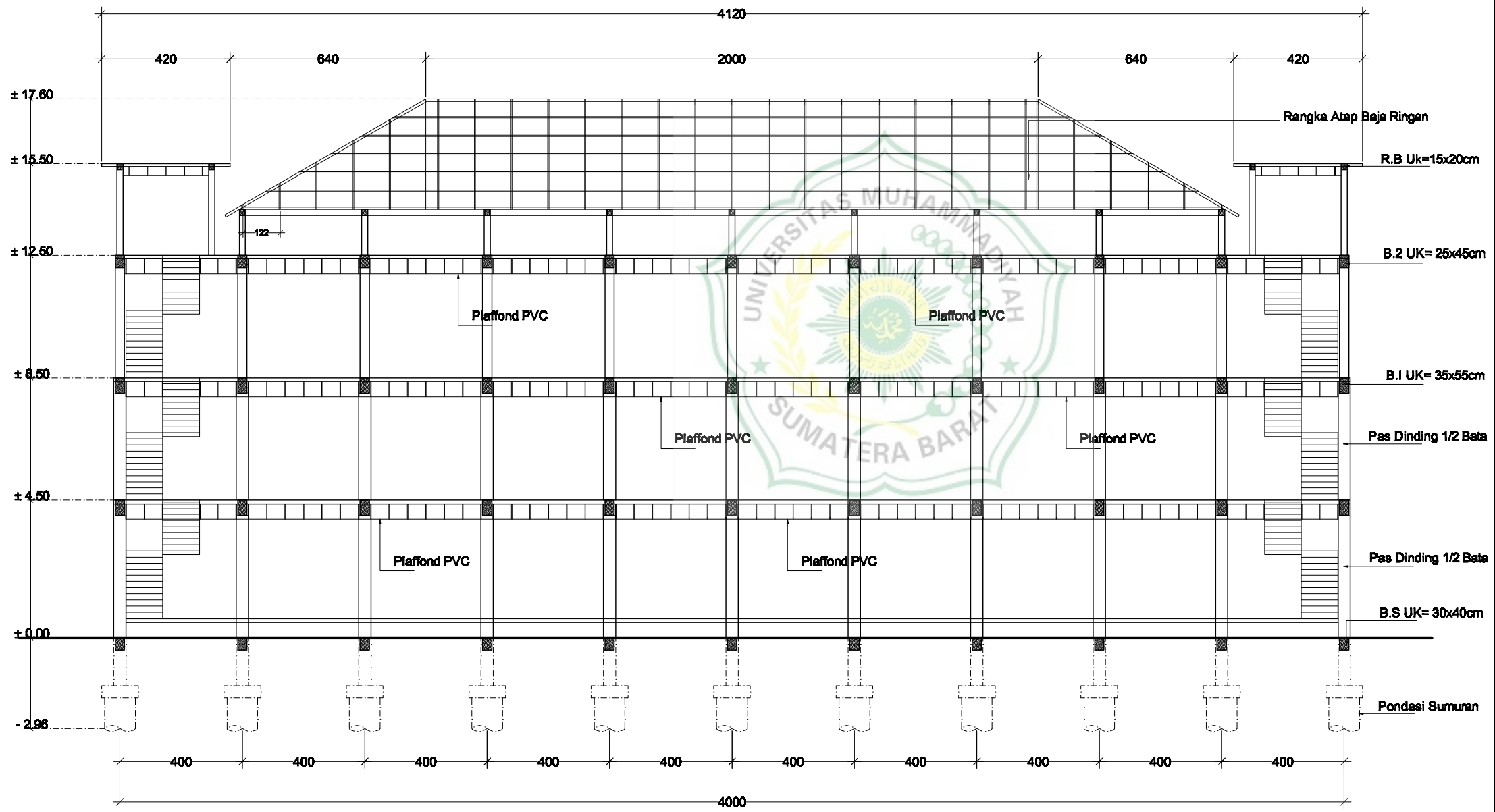
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

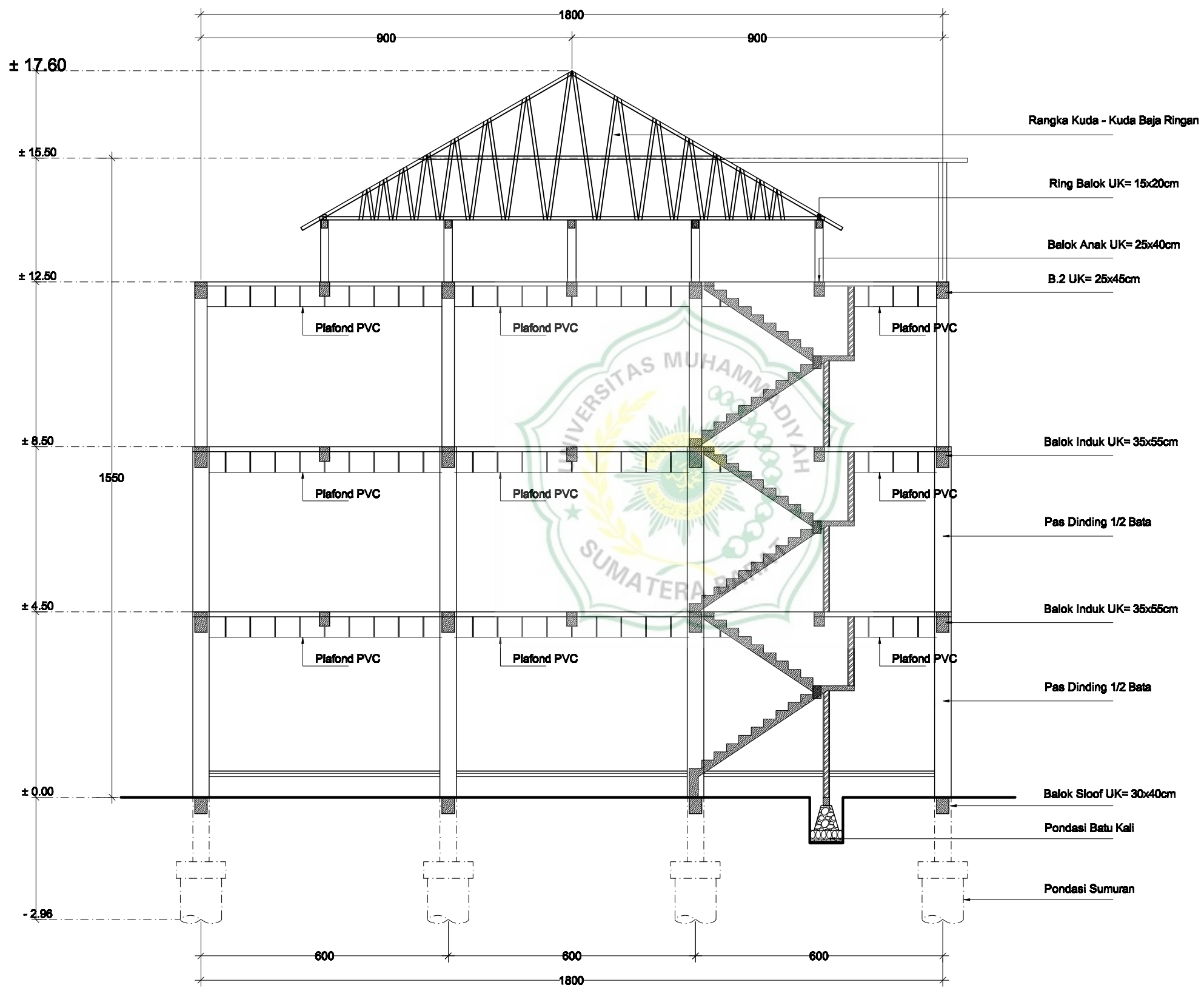
DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



Renc. Pot A-A
SKALA 1 : 150



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

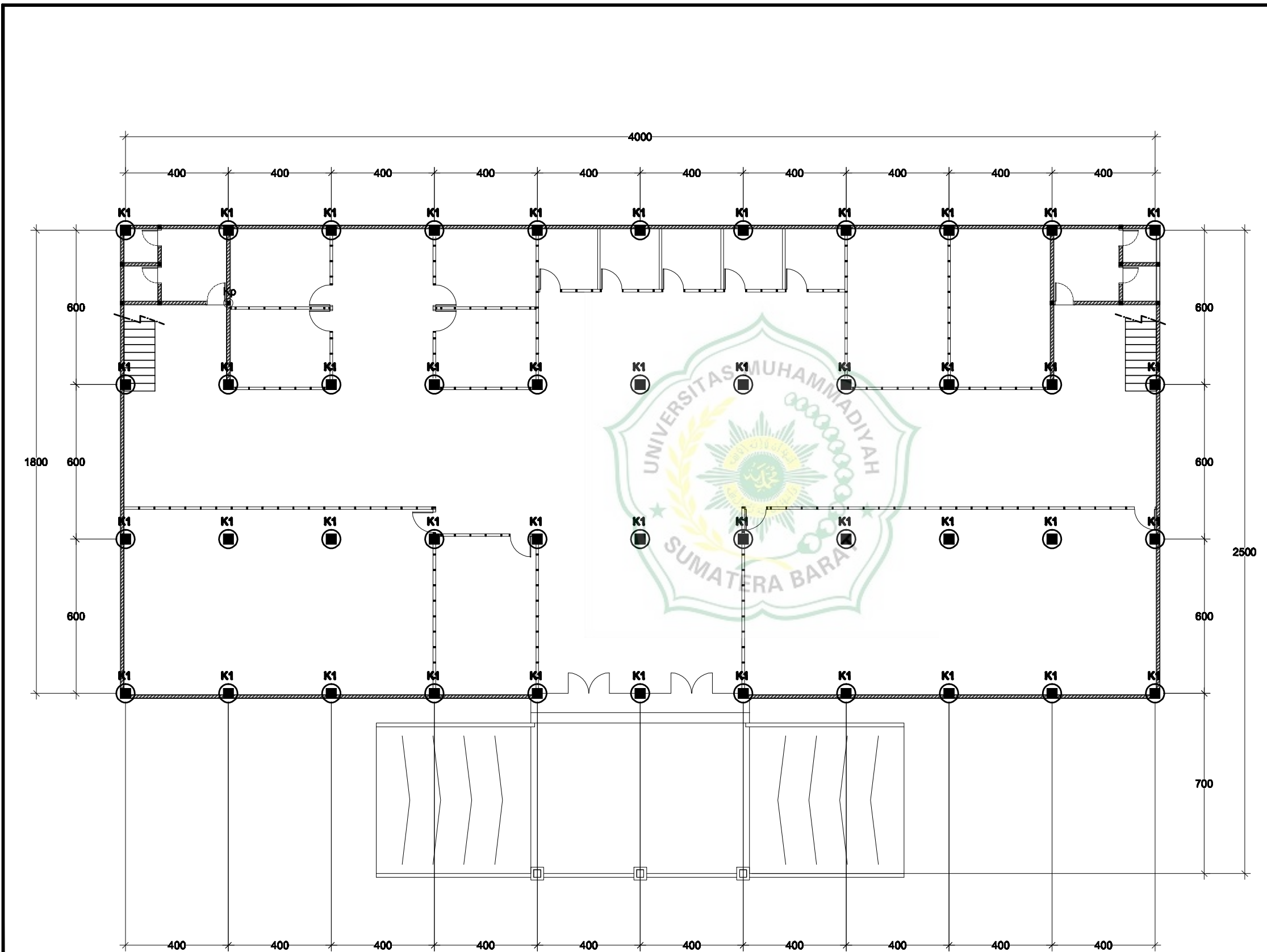
TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

Renc. Pot B-B
SKALA 1 : 100



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

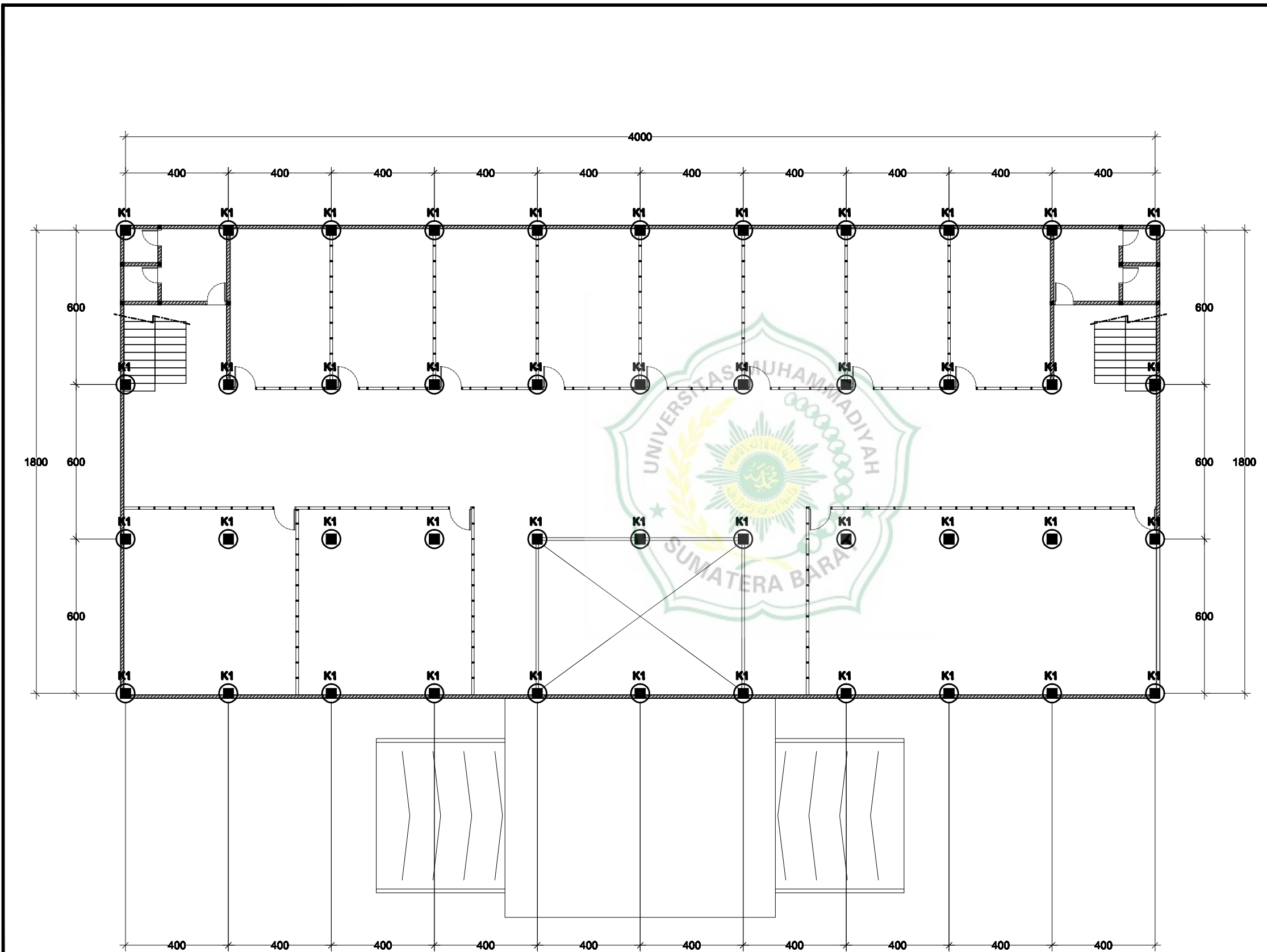
TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

Renc. Denah Kolom L.1 (45x45cm) K.1
 SKALA 1 : 150



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

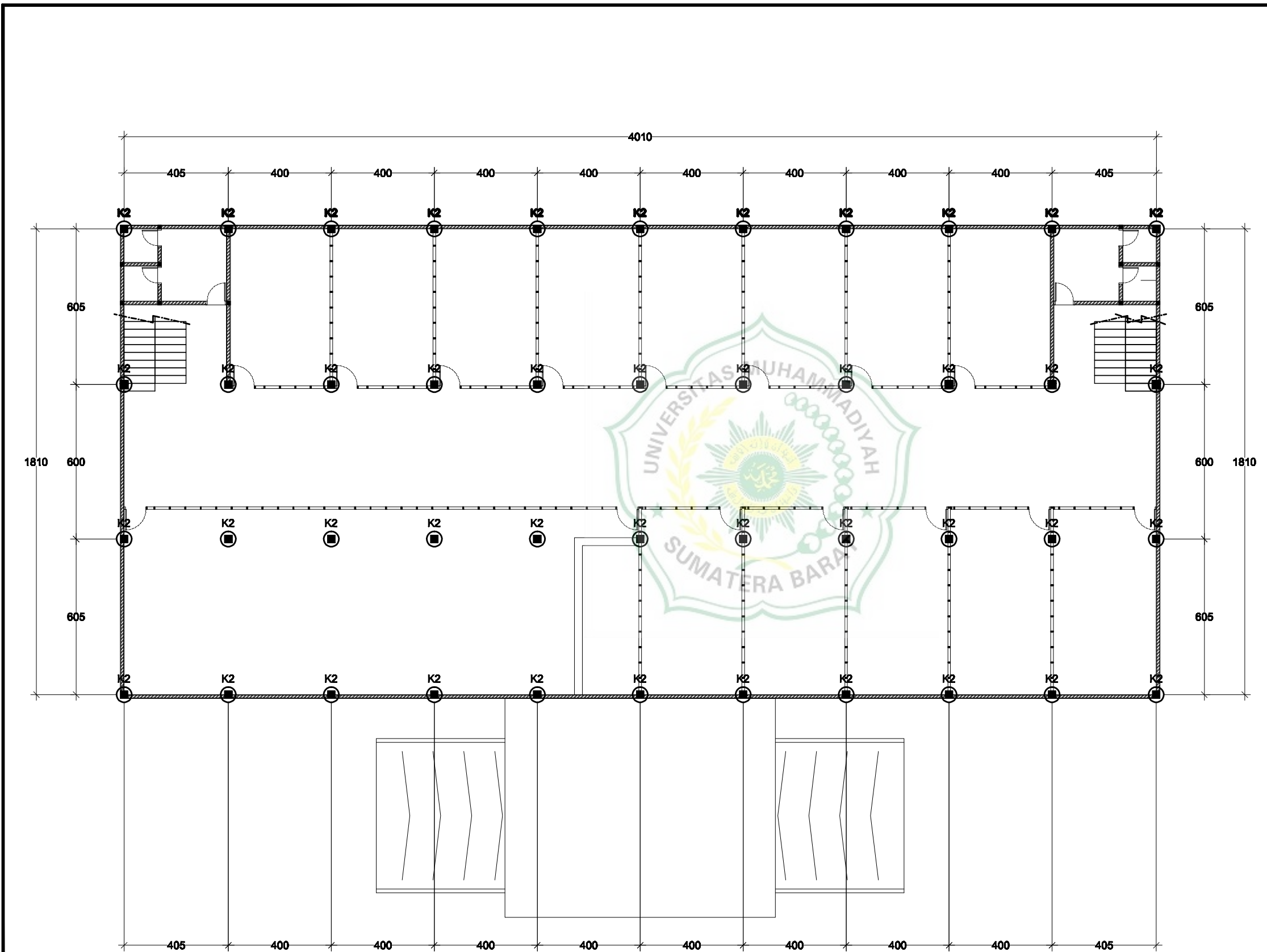
TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

Renc. Denah Kolom L.2 (45x45cm) K.1
 SKALA 1 : 150



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

Renc. Denah Kolom L.3 (30x30cm) K.2
 SKALA 1 : 150

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

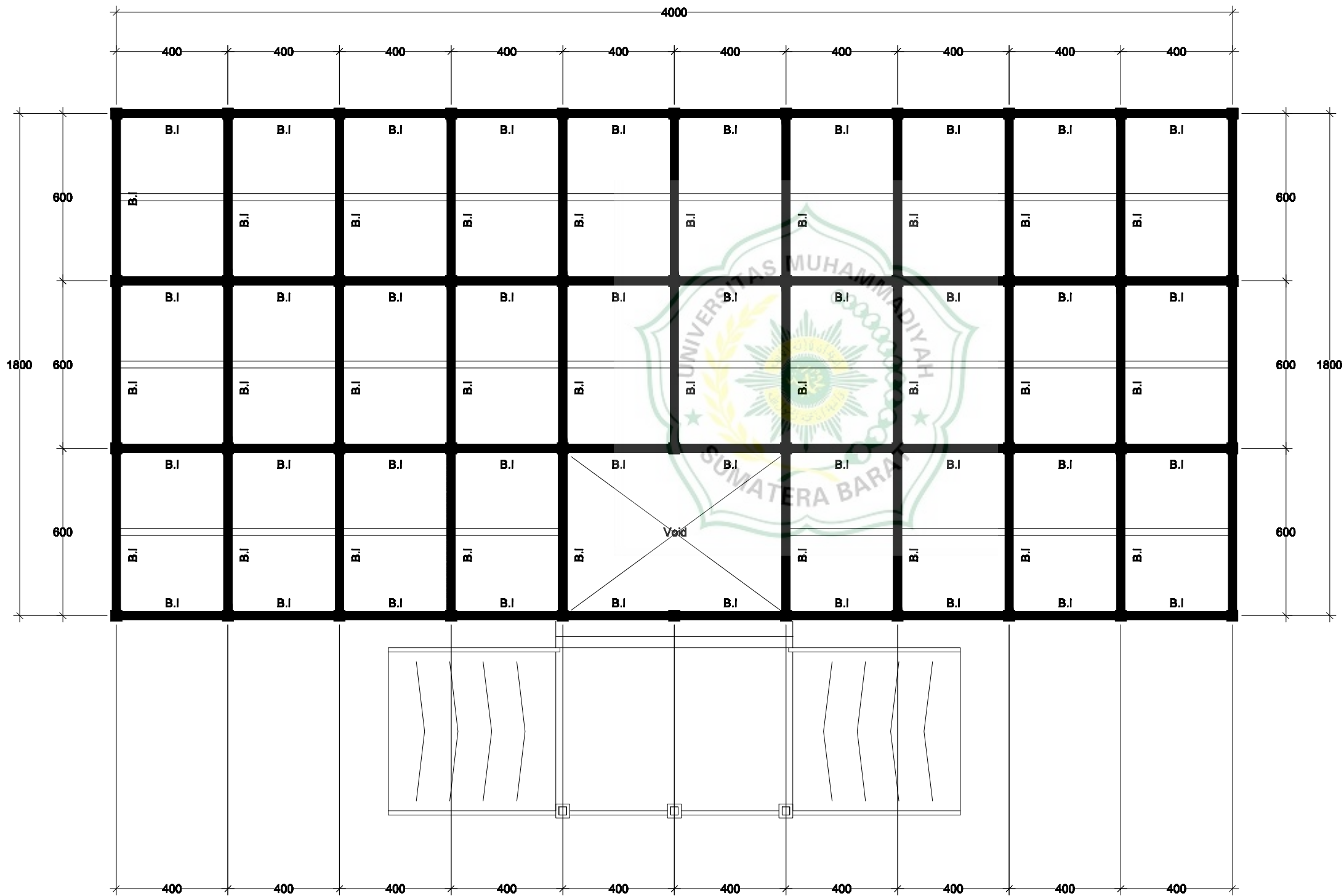
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



Renc. Denah Lantai 2 Balok Induk 1 (35x55cm) B.I
 SKALA 1 : 150

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

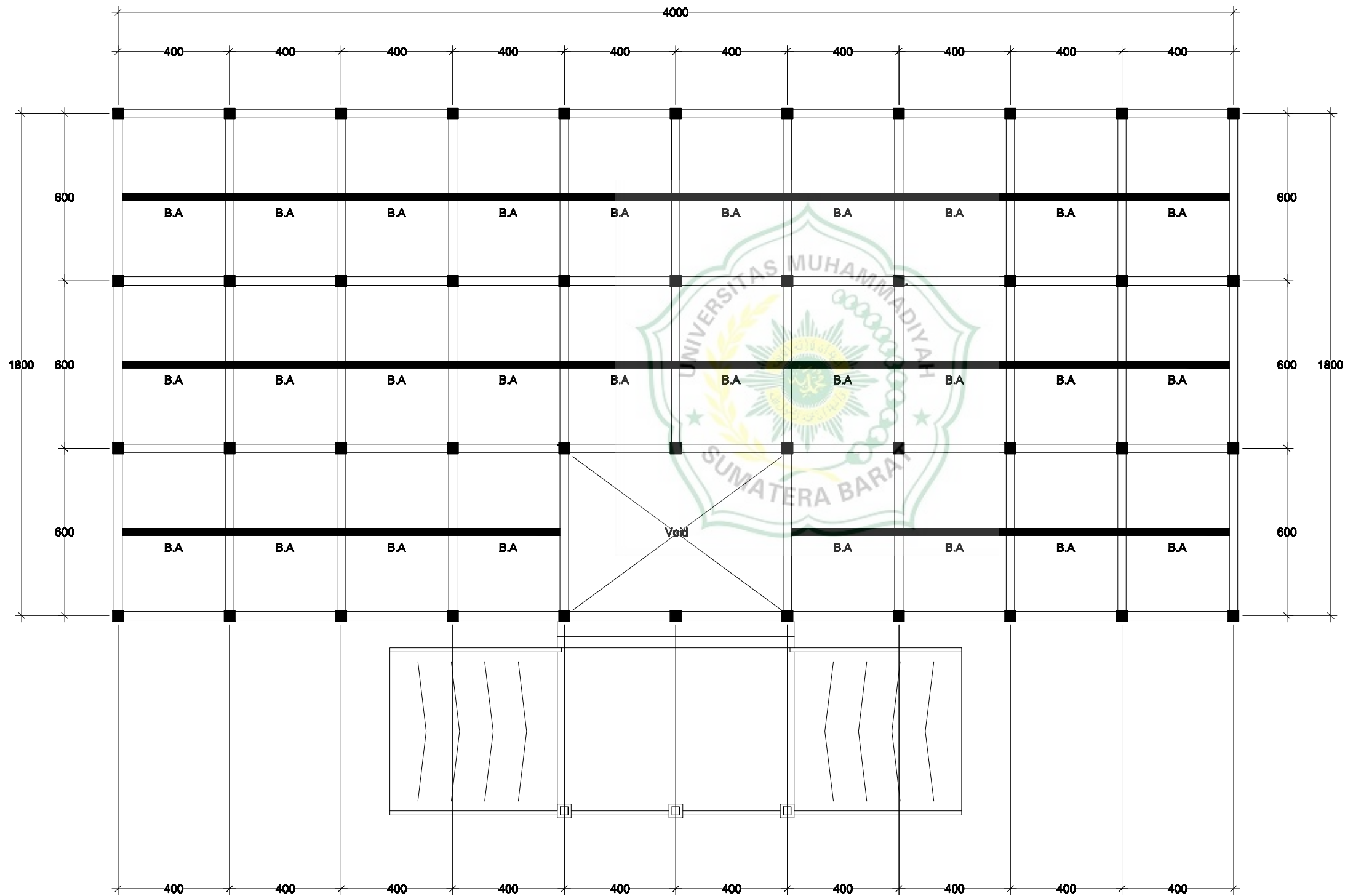
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

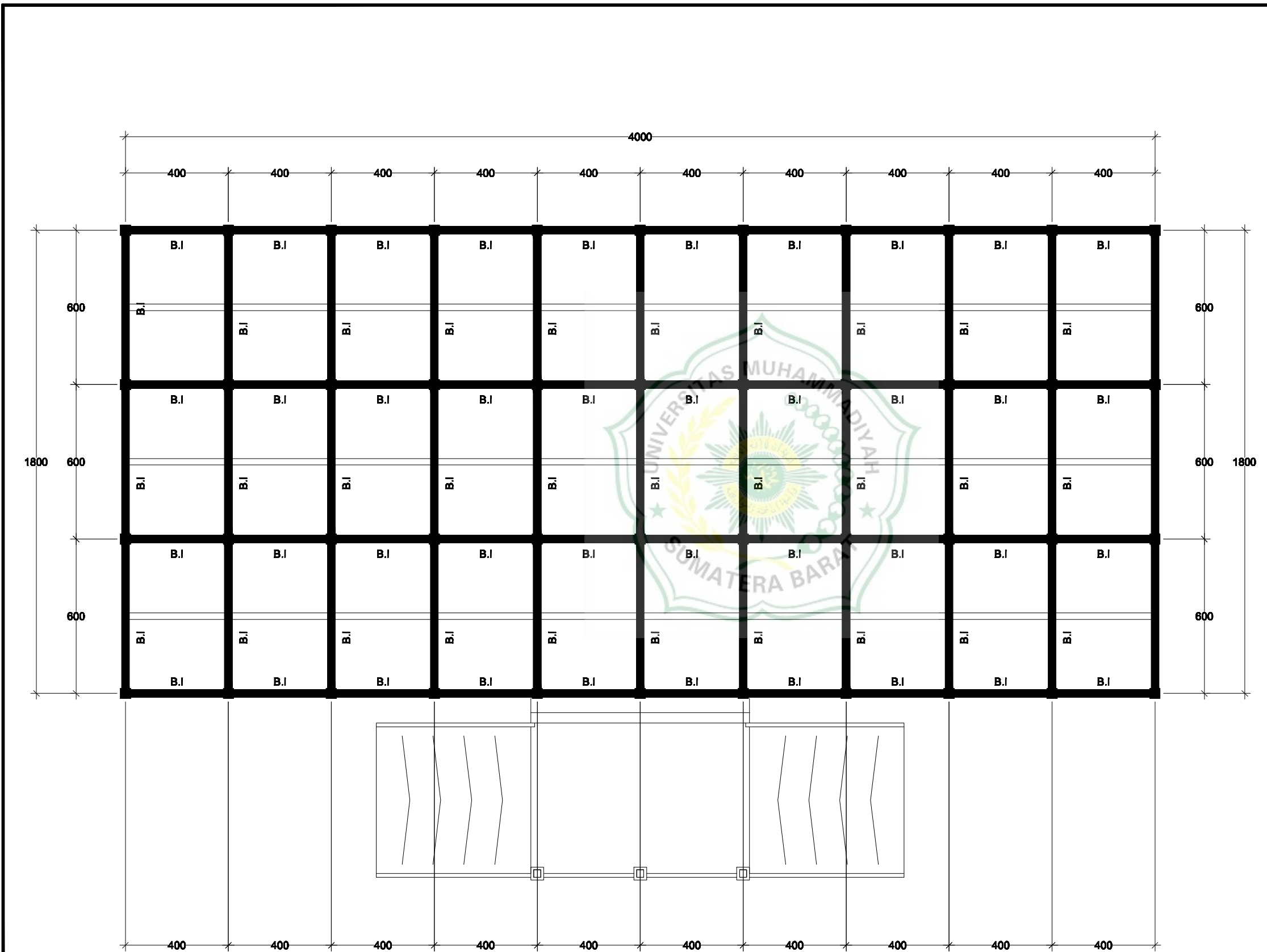
DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



Renc. Denah Lantai 2 Balok Anak (25x40cm) B.A
 SKALA 1 : 150



INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.

Renc. Denah Lantai 3 Balok Induk 1 (35x55cm) B.I
 SKALA 1 : 150

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

TERTERA

DRAW SCALE

PAPER SIZE

TERTERA

A3

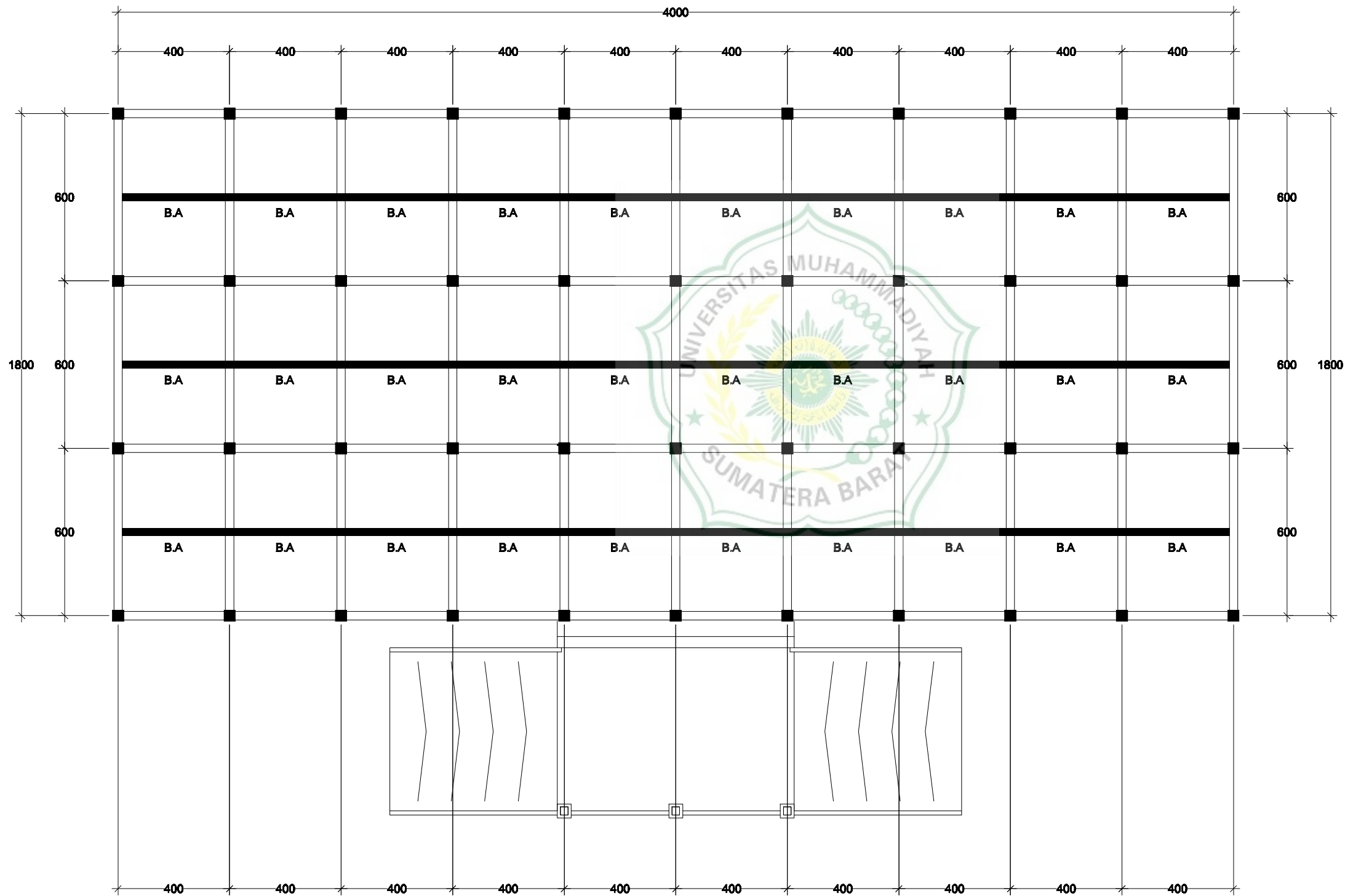
KONSULTAN PERENCANA

TEAM LEADER

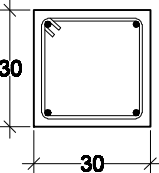
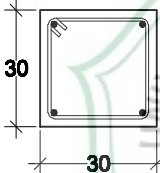
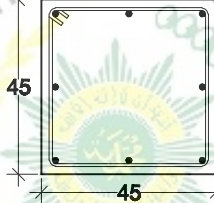
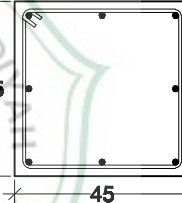

DRAWN BY

TEDI RAHMAT, S.T.

RENDI, S.T.



Renc. Denah Lantai 3 Balok Anak (25x40cm) B.A
 SKALA 1 : 150

NOTASI	K.2(30/30cm)		K.1(45/45cm)		K.P
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	
GAMBAR					
Dimensi	30x30cm	30x30cm	45x45cm	45x45cm	15x15cm
Tulangan Atas	2D16	2D16	3Ø16	3Ø16	2Ø12
Tulangan Tengah			2Ø16	2Ø16	
Tulangan Bawah	2D16	2D16	3Ø16	3Ø16	2Ø12
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø8 - 150

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

DRAW SCALE

PAPER SIZE

CHECKED BY

APPROVED

DRAWN BY

APPROVED

NOTASI	B.1(35/55cm)		B.2(25/45cm)		B.A(25/40cm)	
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Dimensi	35x55cm	35x55cm	25x45cm	25x45cm	25x40cm	25x40cm
Tulangan Atas	4D16	3D16	2D16	3D16	3D16	2D16
Tulangan Tengah	2D16	2D16	2D16	2D16		
Tulangan Bawah	3D16	4D16	3D16	2D16	2D16	3D16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

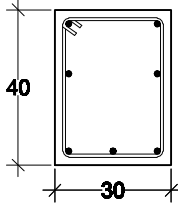
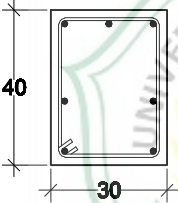

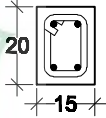
NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

DRAW SCALE **PAPER SIZE**

CHECKED BY **APPROVED**

DRAWN BY **APPROVED**

NOTASI	BS.1(30/40cm)		BS.2(15/20cm)	R.B(15/20cm)
GAMBAR	TUMPUAN	LAPANGAN		
				
Dimensi	30x40cm	30x40cm	15x20cm	15x20cm
Tulangan Atas	2D16	3D16	2D12	2D12
Tulangan Tengah	2D16	2D16		
Tulangan Bawah	3D16	2D16	2D12	2D12
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 100

INFORMATION

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

DRAW SCALE

PAPER SIZE

CHECKED BY

APPROVED

DRAWN BY

APPROVED