

SKRIPSI

**EVALUASI DAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
PEMBANGUNAN GEDUNG SDN 14 LAING KOTA SOLOK
MENGUNAKAN PROGRAM PUSHOVER**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh

VANIA ANDESMALTA FITRI

20180045

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2024

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

EVALUASI DAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PEMBANGUNAN
GEDUNG SDN 14 LAING KOTA SOLOK MENGGUNAKAN PROGRAM
PUSHOVER

Oleh

Vania Andesmalta Fitri
20180045

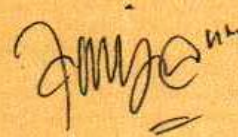
Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Febrimen Herista, S.T., M.T.
NIDN. 1001026901

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,

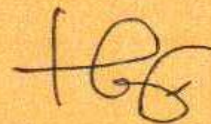


Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Dr. Eng. Ir. Masril, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407



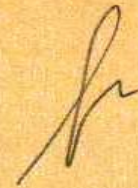
Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup tanggal 20 Agustus 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 20 Agustus 2024


Mahasiswa,



Vania Andesmalta Fitri
20180045

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 20 Agustus 2024 :

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

1. .....

2. Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng

2. .....

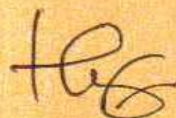
3. Dr. Eng. Ir. Masril, S.T., M.T.

3. .....

4. Endri, S.T., M.T.

4. .....

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil,



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Vania Andesmalta Fitri

Tempat dan Tanggal Lahir : Dumai, 15 Desember 2001

NIM : 20180045

Judul Skripsi : EVALUASI DAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PEMBANGUNAN GEDUNG SDN 14 LAING KOTA SOLOK MENGGUNAKAN PROGRAM PUSHOVER

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik 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 UM Sumatera Barat.

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

Bukittinggi, 20 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

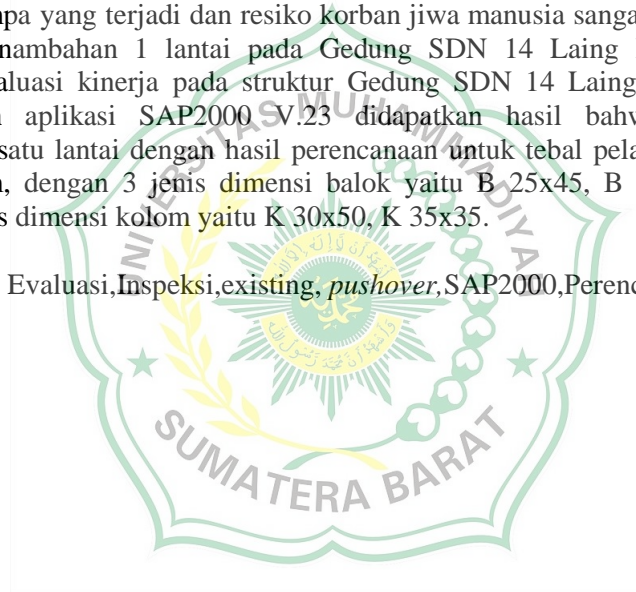


Vania Andesmalta Fitri
20180045

ABSTRAK

Gedung SDN 14 Laing Kota Solok ini berdiri pada tahun 1981 berlokasi di Kota Solok, Sumatera Barat, Indonesia. Bangunan ini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses belajar mengajar. Bangunan ini memiliki 3 bagian gedung dengan 11 ruang menggunakan material struktur beton bertulang. Gedung bagian kedua ini pada lantai 1 nya sudah dilakukan pembangunan ulang pada tahun 2018, dan untuk lantai 2 nya pada tahun 2020 dan belum terselesaikan. Mengingat hal tersebut, dilakukan inspeksi dan evaluasi kinerja existing terhadap penambahan lantai. Teknik dari pengumpulan data nya dengan melakukan inspeksi visual ke Gedung sekolah SDN 14 Laing Kota Solok dengan menganalisa dimensi dari struktur gedung dan penulangan kolom, balok dan plat lantai, serta melakukan Hammer Test. Setelah melakukan inspeksi maka dilakukan analisa nonlinier pushover pada aplikasi SAP2000 v.23. Dari hasil running pushover analisis dengan program SAP 2000 untuk arah x-x didapatkan 6 step dan untuk arah y-y didapatkan 7 step pola beban dorong yang diberikan struktur hingga struktur mengalami keruntuhan. sesuai ATC-40, untuk perhitungan simpangan total maksimum termasuk kedalam level kategori Damage Control (DC) dan simpangan inelastic maksimum termasuk kedalam level kategori Damage Control (DC), yang berarti bangunan mampu menahan gempa yang terjadi dan resiko korban jiwa manusia sangat kecil, sehingga bisa dilakukan penambahan 1 lantai pada Gedung SDN 14 Laing Kota Solok. Setelah dilakukan evaluasi kinerja pada struktur Gedung SDN 14 Laing Kota Solok dengan menggunakan aplikasi SAP2000 v.23 didapatkan hasil bahwa dapat dilakukan penambahan satu lantai dengan hasil perencanaan untuk tebal pelat lantai 3 12cm, dan *roftoop* 10cm, dengan 3 jenis dimensi balok yaitu B 25x45, B 25x35, B20x30, dan dengan 2 jenis dimensi kolom yaitu K 30x50, K 35x35.

Kata Kunci : Evaluasi, Inspeksi, existing, *pushover*, SAP2000, Perencanaan



ABSTRACT

The SDN 14 Laing Kota Solok building was founded in 1981 and is located in Solok City, West Sumatra, Indonesia. This building functions as a place for the teaching and learning process. This building has 3 building sections with 11 rooms using reinforced concrete structural materials. The second part of the building on the 1st floor was rebuilt in 2018, and the 2nd floor in 2020 and has not yet been completed. Bearing this in mind, an inspection and evaluation of the existing performance of the additional floor was carried out. The data collection technique involves carrying out a visual inspection of the SDN 14 Laing school building in Solok City by analyzing the dimensions of the building structure and the reinforcement of columns, beams and floor plates, as well as carrying out a Hammer Test. After carrying out the inspection, a nonlinear pushover analysis was carried out on the SAP2000 v.23 application. From the results of running pushover analysis using the SAP 2000 program for the x-x direction, 6 steps were obtained and for the y-y direction, there were 7 steps of the push load pattern applied to the structure until the structure collapsed. according to ATC-40, for the calculation of the maximum total deviation, it is included in the Damage Control (DC) category level and the maximum inelastic deviation is included in the Damage Control (DC) category level, which means that the building is able to withstand earthquakes that occur and the risk of human casualties is very small, so that It is possible to add 1 floor to the SDN 14 Laing Building, Solok City. After evaluating the performance of the structure of the SDN 14 Laing Building in Solok City using the SAP2000 V.23 application, the results showed that one floor could be added with the planning results for a 3rd floor slab thickness of 12cm, and a rooftop of 10cm, with 3 types of beam dimensions, namely B 25x45, B 25x35, B20x30, and with 2 types of column dimensions, namely K 30x50, K 35x35.

Keywords: *Evaluation, Inspection, existing, pushover, SAP2000, Planning*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Laporan ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah SumateraBarat.

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

1. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
2. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
4. Ibu Dr.Selva Dewi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Febrimen Herista S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
6. Ibu Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan UM Sumatera Barat.
8. Cinta pertama dan panutan penulis, Ayahanda **ANDRIYAL** dan pintu surga penulis ibunda **RINI JUITA**. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan bangku perkuliahan, namun beliau mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan

perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Semoga beliau sehat, panjang umur, dan sehat selalu.

9. Kepada saudara penulis yang tak kalah penting kehadirannya, **Dival Andri Marse, Fayad Al Fatih, Kinara Almahira**. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi dalam proses karya penulis ini baik tenaga maupun waktu untuk penulis. Telah mendukung, menghibur, mendengar keluh kesah, dan mengajarkan arti kesabaran.
10. Diri saya sendiri **Vania Andesmalta Fitri**, atas segala kerja keras dan semangatnya sehingga tidak pernah menyerah dalam mengerjakan tugas akhir skripsi ini. Terima kasih sudah kuat sejauh ini, semoga saya tetap rendah hati karena perjuangan mewujudkan cita-cita baru dimulai.
11. Sahabat dan teman dekat penulis yang tak kalah penting **Resti Anisa Putri dan Retno Febi Sintia** yang selalu membantu, mendengar keluh kesah, memberi semangat, dukungan serta doa terbaiknya.
12. Kepada **Calvin Rizal Alvahkri** yang telah memberikan dukungan baik berupa tenaga, waktu, dan pikiran serta membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi dari awal hingga akhir sehingga skripsi ini dapat selesai tepat waktu.
13. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Bukittinggi, 29 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR NOTASI.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Batasan Masalah.....	2
1.4.Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5.Sistematika dan Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1.Pembebanan Struktur.....	4
2.1.1Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	4
2.1.2Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	4
2.1.3Beban Gempa (<i>Respon Spectrum</i>).....	4
2.1.4Beban Kombinasi.....	5
2.2.Elemen Struktur Pelat.....	7
2.3.Elemen Struktur Balok.....	11
2.4.Elemen Struktur Kolom.....	13
2.5.Perilaku Struktur Bangunan Gedung.....	14
2.6. <i>Pushover Analysis</i>	15
2.7.Level Kinerja Struktur.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1.Lokasi Penelitian.....	19
3.2.Data Penelitian.....	19

3.3. Metode Penelitian.....	21
3.3.1 Permodelan Elemen Struktur SAP2000.....	21
3.3.2 Pembebanan dan Kombinasi.....	21
3.3.3 Cek Perilaku Struktur.....	22
3.3.4 Analisis Kapasitas Elemen Struktur.....	22
3.3.5 Pushover Analysis.....	22
3.3.6 Perencanaan Lantai 3.....	22
3.4. Bagan Alir.....	23
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Evaluasi Lantai Eksisting.....	24
4.1.1 Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	26
4.1.2 Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Kolom.....	32
4.1.3 Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Balok.....	36
4.1.4 Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Pelat.....	42
4.1.5 Cek Perilaku Struktur.....	47
4.2. Analisis Statik <i>Nonlinear</i> (<i>pushover analysis</i>).....	49
4.2.1 Membuat <i>Nonlinear Case</i>	49
4.2.2 Mendefinisikan Sendi Plastis.....	49
4.2.3 <i>Running Program</i>	51
4.2.4 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i>	51
4.2.5 Level Kinerja Struktur.....	56
4.3. Perencanaan Penambahan Lantai 3 dan <i>Roftoop</i>	59
4.3.1 Pelat.....	59
4.3.2 Balok.....	69
4.3.3 Kolom.....	75
BAB V KESIMPULAN.....	81
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Momen Pelat Persegi Akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan Bebas dan Menerus Atau Terjepit Elastis	8
Tabel 2.2 Simpangan Antar Tingkat Izin	14
Tabel 2.3 Batas Simpangan Pada Tingkat Kinerja Struktur (ATC-40, 1996 11-14)	18
Tabel 4.1 Beban Mati dan Beban Hidup	25
Tabel 4.2 Hasil Penjumlahan Geser Dasar Gempa	30
Tabel 4.3 Kombinasi dan Pembebanan	31
Tabel 4.4 Rekapitulasi Penulangan Kolom	35
Tabel 4.5 Rekapitulasi Penulangan Balok	42
Tabel 4.6 Rekapitulasi Penulangan Pelat	47
Tabel 4.7 Simpangan Antar Lantai Arah-x	48
Tabel 4.8 Simpangan Antar Lantai Arah-y	48
Tabel 4.9 Rekapitulasi Penulangan Pelat	69
Tabel 4.10 Rekapitulasi Penulangan Balok	75
Tabel 4.11 Rekapitulasi Penulangan Kolom	79
Tabel 4.12 Rekapitulasi Penulangan Elemen Struktur	79
Tabel 5.1 Hasil Perencanaan Pelat	82
Tabel 5.2 Hasil Perencanaan Balok	82
Tabel 5.3 Hasil Perencanaan Kolom	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Latar Belakang Skripsi	1
Gambar 2.1 Peta Zona Gempa Indonesia.....	5
Gambar 2.2 <i>Spectrum Respon Desain</i>	5
Gambar 2.3 Penampang, Regangan, Tegangan Balok Bertulang Tunggal.....	11
Gambar 2.4 Penentuan Simpangan Antar Lantai	14
Gambar 2.5 Titik Kinerja Struktur Pada Tingkat Redaman Struktur.....	17
Gambar 2.6 Tingkat Plastifikasi Sendi Plastis Elemen.....	17
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	19
Gambar 3.2 <i>Site Plan</i>	19
Gambar 4.1 Permodelan Struktur Eksisting.....	25
Gambar 4.2 Hasil Analisis Perkuatan	26
Gambar 4.3 Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah-x	28
Gambar 4.4 Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah-y	28
Gambar 4.5 <i>Respon Spectrum</i>	29
Gambar 4.6 <i>Respon Spectrum</i> Arah-x.....	29
Gambar 4.7 <i>Respon Spectrum</i> Arah-y.....	30
Gambar 4.8 Input Tulangan Kolom 35x50.....	32
Gambar 4.9 Diagram Interaksi K 35x50	34
Gambar 4.10 Diagram Interaksi K 35x35	34
Gambar 4.11 Input Tulangan Balok 30x50.....	36
Gambar 4.12 Input Tulangan Balok 30x40.....	39
Gambar 4.13 Input Tulangan Pelat A	42
Gambar 4.14 Jumlah Partisipasi Massa Rations	47
Gambar 4.15 Diagram Simpangan Antar Lantai Arah x dan y.....	49
Gambar 4.16 Hinge Pada Balok.....	49
Gambar 4.17 Auto Hinges ASCE 41-17	50
Gambar 4.18 Hinge Pada Kolom	50
Gambar 4.19 Auto Hinges ASCE 41-17	51
Gambar 4.20 Pushover Curve x	51
Gambar 4.21 Display Table Pushover Curve x.....	52
Gambar 4.22 Pushover Curve y	52

Gambar 4.23 Display Table Pushover Curve y.....	53
Gambar 4.24 Push x 1	53
Gambar 4.25 Push x 2	53
Gambar 4.26 Push x 3	54
Gambar 4.27 Push x 4	54
Gambar 4.28 Push x 5	54
Gambar 4.29 Push x 6	54
Gambar 4.30 Push y 1 dan 2	55
Gambar 4.31 Push y 3 dan 4	55
Gambar 4.32 Push y 5 dan 6	55
Gambar 4.33 Push y 7	56
Gambar 4.34 Parameter Kapasitas Spectra ATC-40.....	57
Gambar 4.35 Spektrum Kapasitas Arah x.....	57
Gambar 4.36 Spektrum Kapasitas Arah y.....	58
Gambar 4.37 Input Tulangan Pelat Lantai 3.....	59
Gambar 4.38 Input Tulangan Balok 25x45.....	69
Gambar 4.39 Input Tulangan Kolom 35x50.....	75



DAFTAR NOTASI

C_s	=	Koefisien respon seismic
W	=	Berat seismic aktif
S_{Ds}	=	Paremeter percepatan spectrum respons desain dalam rentang perioda pendek
S_{Di}	=	Paremeter percepatan spectrum respons desain dalam rentang perioda sebesar 1,0 detik seperti yang ditentukan dalam 0.
T	=	Periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan 0.
R	=	Faktor modifikasi respons, sesuai dalam ketentuan SNI 1726-2019
I_e	=	Faktor keutamaan gempa yang besarnya ditentukan berdasarkan kategori risiko dalam SNI 1726-2019
C_{vx}	=	Faktor distribusi vertical
V	=	Gaya lateral desain total atau geser didasar struktur (kN)
W_i	=	Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tinggi i .
W_x	=	Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tinggi x .
H_i	=	Tinggi dari dasar sampai tingkat i
h_x	=	Tinggi dari dasar sampai tingkat x
K	=	Eksponen yang terkait dengan periode struktur
C_1	=	Faktor respons gempa dari <i>spectrum respons</i>
I	=	Faktor respons gempa dari <i>spectrum respons</i>
R	=	Faktor reduksi gempa representative dari struktur gedung yang bersangkutan
W_t	=	Berat total gedung termasuk beban hidup yang sesuai
A	=	Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis
B	=	Merupakan kondisi dimana elemen
IO	=	Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan tingkat kinerja pada elemen <i>immediately occupancy</i>
L_s	=	Elemen pada level kinerja <i>life safety</i> (kondisi plastis)

CP	=	Elemen pada level kinerja <i>collapse prevention</i> (kondisi hampir runtuh)
C	=	Merupakan kapasitas ultimit dari elemen
D	=	Kekuatan sisa dari elemen
E	=	Merupakan batas dimana elemen sudah mengalami keruntuhan
DL	=	<i>Dead Load</i> (Beban Mati)
SDL	=	<i>Super Dead Load</i> (Beban Mati Tambahan)
LL	=	<i>Live Load</i> (Beban Hidup)
DX	=	<i>Earthquake Dinamik arah-x</i>
DY	=	<i>Earthquake Dinamik arah-y</i>
Vd	=	Geser Dinamik
Vs	=	Geser Statik
BJ _c	=	Berat jenis beton
E _c	=	Modulus elastisitas beton
u	=	Angka poisson beton/baja
F _c '	=	Kuat tekan beton
BJ _s	=	Berat jenis baja
E _s	=	Modulus elastisitas baja
f _y	=	Tegangan leleh tulangan lentur
F _u	=	Tegangan putus tulangan lentur
Δ _x	=	Simpangan antar lantai
δ	=	Defleksi yang terjadi
Cd	=	Faktor pembesaran defleksi
I	=	Faktor keutamaan gempa
Δ _a	=	Simpangan ijin
h _x	=	Tinggi lantai

BAB I

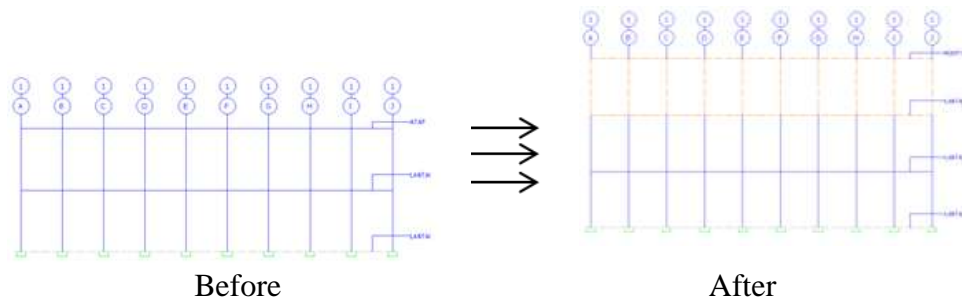
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia yang rawan terhadap gempa. Ada beberapa kota yang masuk kedalam 5 tingkat zona gempa yang ada di Indonesia. Salah satunya yaitu kota Solok yang masuk kedalam zona V gempa di Indonesia. Maka dari itu untuk pembangunan gedung yang akan dilakukan di kota Solok harus direncanakan dengan sebaik mungkin.

Salah satunya pembangunan gedung sekolah SDN 14 Laing Kota Solok. Gedung sekolah SDN 14 Laing ini sudah berdiri sejak tahun 1981. Gedung sekolah ini terbagi kedalam 3 bagian dengan 11 ruangan. Gedung bagian pertama terdapat 4 ruang kelas yang merupakan bangunan lama dan belum terkena renovasi sama sekali. Gedung bagian pertama ini akan dirobohkan dikarenakan sudah tidak memungkinkan dipakai dalam kegiatan belajar-mengajar oleh siswa/siswi. Gedung bagian kedua ini merupakan hasil pembangunan ulang yang terdiri dari 2 lantai yaitu lantai 1 terdapat 3 ruang lokal yang sudah dibangun pada tahun 2018 dan lantai 2 baru dilakukan pembangunan pada tahun 2020 dengan rencana 3 ruang kelas dan belum terselesaikan dikarenakan terkendala pada biaya. Gedung bagian ketiga terdapat 2 ruangan yang digunakan sebagai ruang kepala sekolah dan ruang guru serta perpustakaan. Jadi ruang kelas yang bisa digunakan dengan aman hanya terdapat 3 ruang kelas saja.

Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan pembangunan pada lantai 3 gedung bagian kedua seperti gambar dibawah ini:



Gambar 1.1 Ilustrasi Latar Belakang Skripsi

Penulis akan merencanakan 3 ruang kelas pada lantai 3. Perencanaan ini dilakukan karena setiap tahunnya semakin bertambah siswa/siswi yang masuk ke sekolah tersebut sedangkan ruang kelas yang benar-benar aman untuk siswa/siswi digunakan hanya ada 3 ruang kelas saja. Maka dari itu penulis mengambil judul skripsi “**Evaluasi dan Perencanaan Struktur Atas Pembangunan Gedung SDN 14 Laing Kota Solok Menggunakan Program Pushover**”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Menghitung dimensi elemen struktur atas yang berupa kolom, balok, pelat lantai agar mampu memikul beban maksimal (beban mati, beban hidup, dan beban gempa).
2. Bagaimana perencanaan struktur gedung SDN 14 Laing agar dapat meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan mutu struktur?
3. Menghitung berapa jumlah tulangan struktur atas kolom, balok, pelat lantai yang diperlukan agar mampu memikul beban maksimal (beban mati, beban hidup, maupun beban gempa).

1.3 Batasan Masalah

Penulis memberikan batasan masalah agar tidak terjadi pelebaran pembahasan sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi lantai *eksisting*.
2. Melakukan *pushover analysis* menggunakan program SAP2000.
3. Melakukan perencanaan lantai 3 yang dibatasi pada struktur utama seperti kolom, balok, dan pelat.

1.4 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengevaluasi struktur utama yang aman sehingga dapat melanjutkan perencanaan pada lantai 3.
2. Untuk memperoleh hasil yang *damage control* pada *pushover analysis* sehingga dapat melakukan penambahan lantai 3.

3. Untuk memperoleh hasil detail struktur utama yang akan direncanakan untuk penambahan lantai 3.

Manfaat dari penulis menulis skripsi ini adalah:

1. Dapat dijadikan referensi dan bahan perbandingan bagi pembangunan gedung yang tahan terhadap gempa di kota Solok.
2. Menambah pengetahuan penulis terhadap perencanaan struktur atas serta sebagai salah satu cara penulis dalam mengaplikasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan.
3. Dapat meningkatkan pengetahuan dan wawasan dalam pengerjaan struktur bangunan.
4. Dapat berkontribusi dalam pembangunan gedung sekolah SDN 14 Laing Kota Solok.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam 5 bab. Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan masalah penelitian serta sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang gambaran umum perencanaan struktur gedung berupa lokasi gedung, data umum gedung, data teknis, serta dasar-dasar perhitungan perencanaan gedung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode yang digunakan dalam pengumpulan data serta menampilkan flowchart penyusunan skripsi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang perhitungan perencanaan serta menampilkan hasil perencanaan.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini, kita akan menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan dan memberikan rekomendasi untuk penelitian lanjutan yang

dapat dilakukan. Kesimpulan ini akan membantu dalam memahami hasil penelitian dan memberikan arah bagi penelitian yang lebih lanjut.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembebanan Struktur

2.1.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin- mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (PPIUG 1983). Biasanya beban mati merupakan berat sendiri dari suatu bangunan, sehingga besarnya dapat dihitung secara akurat berdasarkan ukuran bentuk, dan berat jenis materialnya. Jadi, berat dinding, lantai, balok, langit-langit, dan sebagainya dianggap beban mati dari suatu bangunan". Menentukan beban mati suatu gedung harus ditinjau dari berat sendiri dari bahan bangunan gedung tersebut. Maka pedoman menentukan beban mati tersebut dapat dilihat pada SNI 2052-2019 tentang berat sendiri bahan bangunan dan berat komponen gedung.

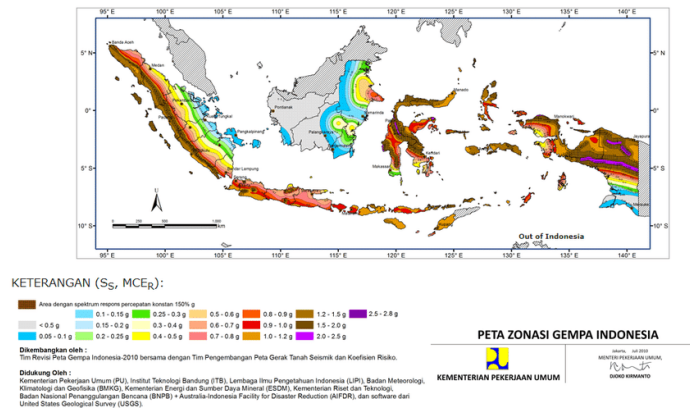
2.1.2 Beban Hidup (*Live Load*)

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. Pedoman dalam menentukan beban hidup tersebut dapat dilihat pada SNI 1727-2020.

2.1.3 Beban Gempa (*Respon Spectrum*)

Beban gempa adalah semua beban *static 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 (SNI 1726 : 2019).



Gambar 2.1 Peta zona gempa indonesia



Gambar 2.2 *Spektrum respons desain*

2.1.4 Beban Kombinasi

Dari perhitungan pembebanan, angka kombinasi pembebanan dapat dimasukkan ke aplikasi pendukung, serta kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 yang dapat dilihat pada SNI 1727-2013 tentang kombinasi beban untuk metode ultimit. Untuk keperluan desain, analisis dan sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan (Load Combination) dan beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Menurut Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-1989), ada dua kombinasi pembebanan yang perlu ditinjau pada struktur yaitu Kombinasi Pembebanan Tetap dan Kombinasi Pembebanan Sementara. Disebut pembebanan tetap karena beban dianggap dapat bekerja terus menerus pada struktur selama umur rencana. Kombinasi pembebanan

ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati (Dead Load) dan beban hidup (Life Load).

Kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus menerus pada struktur, tetapi pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisa. Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati, beban hidup dan beban gempa. Nilai-nilai beban tersebut diatas dikalikan dengan suatu faktor magnifikasi yang disebut faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap berbagai kombinasi beban. Untuk mensimulasikan arah gempa terhadap struktur gedung, kombinasi pembebanan terhadap beban gempa dianggap bekerja 100% ke arah x dan 30% ke arah y, juga dibuat kombinasi gempa 100% ke arah y dan 30% ke arah x. Adapun perancangan pembebanan yang dilakukan dengan menggunakan 18 macam kombinasi pembebanan, yaitu:

1	$1,4 \text{ DL} + 1,4 \text{ SDL}$
2	$1,2 \text{ DL} + 1,2 \text{ SDL} + 1,6 \text{ LL}$
3	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} + 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
4	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} + 1 \text{ DX} - 0,3 \text{ DY}$
5	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
6	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - 1 \text{ DX} - 0,3 \text{ DY}$
7	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} + 0,3 \text{ DX} + 1 \text{ DY}$
8	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - 0,3 \text{ DX} + 1 \text{ DY}$
9	$1,44 \text{ DL} + 1,44 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} + 0,3 \text{ DX} + 1 \text{ DY}$
10	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - 0,3 \text{ DX} + 1 \text{ DY}$
11	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} + 1 \text{ DX} - 0,3 \text{ DY}$
12	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} - 1 \text{ DX} - 0,3 \text{ DY}$
13	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} - 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
14	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} - 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
15	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} + 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
16	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} + 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
17	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} - 1 \text{ DX} + 0,3 \text{ DY}$
18	$0,66 \text{ DL} + 0,66 \text{ SDL} - 1 \text{ DX} - 0,3 \text{ DY}$
Gravitasi	$1,2 \text{ DL} + 1,2 \text{ LL} + 1 \text{ LL}$

2.2 Elemen Struktur Pelat

Pada pelat yang perbandingan bentang panjang (l_y) terhadap bentang pendeknya kurang dari dua, seperti tertera pada persamaan 1.3, maka pelat tersebut dapat di katakan berperilaku sebagai pelat dua arah dimana lentur utamanya terjadi pada kedua arah sumbu pelat. Pelat seperti itu dapat dirancang sebagai pelat dua arah. Beban pelat dipikul oleh empat balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian panel menjadi suatu pelat yang melentur pada dua arah, dengan sendiri penulangan untuk pelat tersebut harus dua arah.

$$\text{Pelat 2 arah} : \frac{l_y}{l_x} < 2$$

Perancangan pelat 2 arah dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

1. Metode perancangan langsung
2. Metode portal ekivalen

Pelat 2 arah yang ditumpu pada keempat tepinya adalah merupakan struktur statis tak tentu. Oleh karena itu, untuk mempermudah perancangan pelat 2 arah, maka dapat dilakukan dengan menggunakan koefisien momen. Selain itu, PBI' 71 mengizinkan penggunaan koefisien momen untuk menentukan distribusi gaya yang dapat dilakukan dengan mudah (Oesman, 2014). Koefisien momen tersebut dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Momen Pelat Persegi akibat beban merata kondisi tumpuan bebas dan menerus atau terjepit elastis

Kondisi Pelat		Nilai Momen Pelat	Perbandingan 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
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	32	32	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	13
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	38
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	48	48	47	47	19
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	48	48	47	47	56
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	75
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13	
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	75
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12	
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19	
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	56
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	13	
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	38

Catatan:
 = Terletak bebas
 = Menerus atau terjepit elastis

Tabel koefisien momen tersebut menunjukkan momen lentur yang bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing – masing pada arah x dan arah y:

1. M_{lx} adalah momen lapangan maksimum permeter lebar diarah x
2. M_{ly} adalah momen lapangan maksimum permeter lebar diarah y
3. M_{tx} adalah momen lapangan maksimum permeter lebar diarah x
4. M_{ty} adalah momen lapangan maksimum permeter lebar diarah y

Pemakaian tabel tersebut dibatasi oleh syarat-syarat berikut:

1. Beban merupakan beban terbagi merata.
2. Perbedaan terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum pada panel $W_u \min > W_u \max$
3. Perbedaan yang terbatas antara beban maksimum pada panel yang berbeda- beda $W_u \max$ terkecil $> 0,8 W_u \max$ terbesar
4. Perbedaan terbatas pada panjang bentang, yaitu bentang terpendek $> 0,8$ bentang terpanjang.

Tebal minimum untuk pelat dengan balok pada keempat sisinya adalah sebagai berikut:

1. Untuk a_m lebih kecil dan sama dengan 0,2 maka tebal minimum pelat dapat digunakan nilai seperti tertera pada tabel
2. Namun apabila nilai a_m lebih besar dari 0,2 tetapi tidak lebih besar dari 2 maka tebal pelat tidak boleh lebih kecil dari persamaan dan tidak kurang dari 120mm.

$$h_{\min} = \frac{In (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5\beta (a_m - 0,2)}$$

3. Apabila a_m lebih besar dari 2 maka tebal pelat harus lebih kecil dari persamaan dan tidak lebih kecil dari 90mm.

$$h_{\min} = \frac{In (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$$

Ket:

I_n = bentang bersih pada sisi terpanjang

a_m = nilai rata-rata a pada semua balok tepi panel

β = perbandingan sisi terpanjang dan sisi terpendek

a = perbandingan kekakuan balok

Langkah – langkah perencanaan pelat 2 arah:

1. Diketahui pelat beton bertulang 2 arah, bentang pelat, beban hidup, beban mati, mutu beton dan mutu baja.
2. Tentukan tebal pelat sesuai persyaratan tebal minimum menurut SK SNI T15-1991-03.
3. Hitung nilai a_m sebelumnya hitung momen inersia balok disekeliling panel maupun momen inersia pelat dengan mengasumsikan tebal awal pelat.

$$a_m = \frac{Eb I_b}{Ep I_p}$$

4. Hitung tebal minimum pelat h dengan menggunakan persamaan yang sesuai dengan nilai a_m .
5. Untuk perancangan tulangan tentukan apakah panel merupakan pelat satu arah atau 2 arah.
6. Hitung beban eksternal terfaktor $W_u = 1,6 LL + 1,2 DL$

7. Dengan menggunakan tabel 1 maka dapat diketahui momen-momen yang bekerja pada pelat tersebut.
8. Hitung besarnya momen-momen terfaktor untuk arah x dan y maupun untuk lapangan dan tumpuan.
9. Tentukan diameter tulangan yang akan dipakai, sehingga dapat dihitung tinggi efektif pada pelat.
10. Perancangan tulangan pelat.

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}, \text{ kemudian hitung luas penampang tulangan}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \text{ dimana asumsi } \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9d$$

Maka

$$A_s = \frac{M_n}{f_y \times 0,9d} \quad \text{Sehingga} \quad a_{\text{aktual}} = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

Jadi

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \text{ dan didapat } A_s$$

$$\text{Hitung jumlah tulangan } \sum tul = \frac{A_s}{A_1}$$

$$\text{Jadi jarak antar tulangan as ke as adalah } S = \frac{1000mm}{\sum tul}$$

11. Cek daktilitas

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

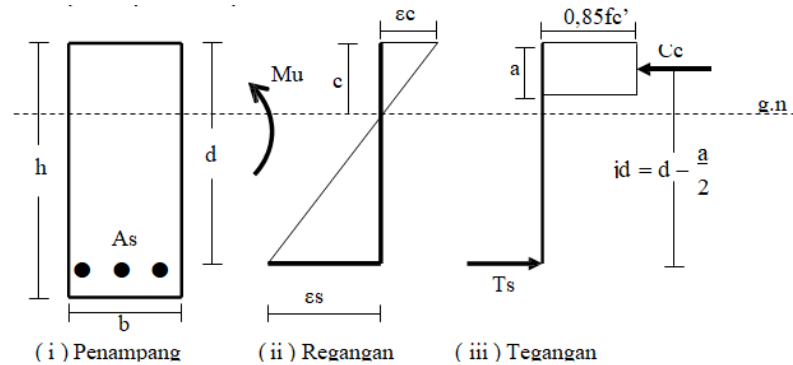
$$\rho = \frac{A_s \text{ aktual}}{b \times h}$$

2.3 Elemen Struktur Balok

1. Penjelasan

Balok beton bertulang merupakan gabungan logis dari 2 jenis bahan/material yaitu beton polos dan tulangan baja. Beton polos merupakan bahan yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah, sedangkan tulangan baja akan memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Kelebihan masing-masing elemen tersebut, maka konfigurasi antara beton dan tulangan baja diharapkan dapat saling bekerja sama dalam menahan gaya-gaya yang bekerja dalam struktur tersebut, dimana gaya tekan ditahan oleh beton sedangkan gaya tarik oleh tulangan baja. (Pratama, 2023)

2. Perhitungan



Gambar 2.3 Penampang, regangan, tegangan balok bertulang tunggal
Keseimbangan gaya horizontal $\sum H = 0$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$A_s = \frac{A_s \cdot f_c}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

Penentuan faktor reduksi kekuatan:

$$\epsilon_c : c = \epsilon_s : d - c$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \cdot D_{tul.utama} - D_{tul.geser}$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{\alpha} \cdot \epsilon_c$$

Kontrol daktilitas:

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

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b + \rho' \cdot \frac{f_s'}{f_y}$$

$$\rho_{aktual} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s' \left(d - d' \right)$$

Penentuan faktor reduksi kekuatan:

$$d_t = h - p + D_{ts} + \frac{1}{2} D_{tu}$$

$$\epsilon_t : d_t - c = \epsilon_c : c$$

Didapat faktor reduksi kekuatan:

$$\mu = \phi \times M_n$$

3. Analisis Penampang

Tulangan Atas dan Bawah

$$A_s = \text{banyak besi} \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_{s\text{Left}} = A_s/2$$

$$A_{s\text{Right}} = A_s/2$$

2.4 Elemen Struktur Kolom

1. Penjelasan

Kolom adalah komponen struktur vertikal yang menerima dan menyalurkan gaya tekan axial bersamaan atau tidak dengan gaya momen. Diakibatkan resiko keruntuhan kolom lebih berbahaya dibanding struktur lantai, baik pelat maupun balok, karena kolom lebih banyak memikul bagian struktur dibanding balok sehingga bila kolom runtuh akan lebih banyak bagian dari bangunan yang hancur dibanding bila balok yang runtuh (Pratama, 2023). Oleh karena itu dalam mendesain kolom harus mengandung dasar filosofi perencanaan kolom yaitu “*strong column weak beam.*”

2. Perhitungan

$$P_n \text{ perlu} = \frac{P_u}{\phi}$$

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

Eksentrisitas:

$$e = \frac{M_n \text{ perlu}}{P_n \text{ perlu}}$$

$$e_{\min} = 15 + 0,035 \times h$$

Syarat:

$$E_{\min} < e$$

Hitung nilai ρ

$$\frac{d_r}{h} = \frac{s + \frac{d}{2} + D_{\text{senggang}}}{h}$$

Sumbu:

$$\text{Vertikal} = \frac{Pu}{\phi \times Ag \times 0,85 \times fc}$$

$$\text{Horizontal} = \frac{Pu}{\phi \times Ag \times 0,85 \times fc} \times \frac{e}{h}$$

Hitung luas tulangan:

$$\rho = \beta \times r$$

$$Ast = \rho \times Ag$$

2.5 Perilaku Struktur Bangunan Gedung

1. Pemeriksaan Jumlah Ragam

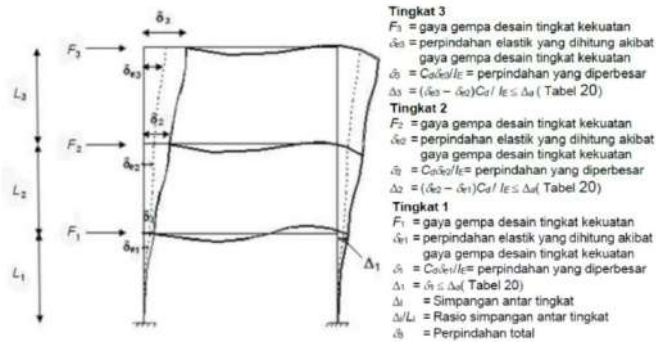
Pada SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 disebutkan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh modal. Jika output jumlah partisipasi massa arah x dan y memenuhi maka aman. (Batara, 2021)

2. Perbandingan Geser Dasar V_{statik} Vs V_{dinamik}

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.4.1 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari 100% gaya geser statik. Dirumuskan sebagai $V_D > 100 \% V_s$. Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan skala gaya pada model struktur gedung.

3. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 penentuan simpangan antar lantai desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.4 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1 simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin seperti didapatkan dari tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Simpangan antar tingkat izin

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

Untuk sistem rangka pemikul momen pada struktur yang didesain KDS D simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi Δ_a / ρ untuk semua tingkat. Maka simpangan antar lantai ditentukan persamaan berikut:

$$\Delta_x = \frac{\delta \times C_d}{I} \leq \Delta_a \quad \Delta_a = \frac{0,025 \times h \times x}{\rho}$$

Ket:

- Δ_x = simpangan antar lantai
- Δ_a = simpangan ijin
- δ = defleksi yang terjadi
- I = faktor keutamaan gempa
- C_d = faktor pembesaran defleksi

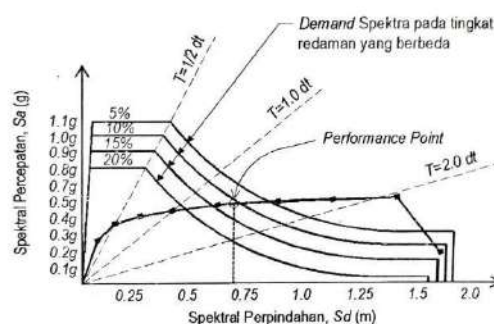
2.6 Pushover Analysis

Analisis pushover adalah suatu cara analisis statik non-linier dimana pengaruh Gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap

sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastis yang besar sampai mencapai kondisi plastis. (Batara, 2021)

Analisis dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Pada proses pushover, struktur didorong sampai mengalami leleh disatu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non-linier. Kurva pushover dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong.

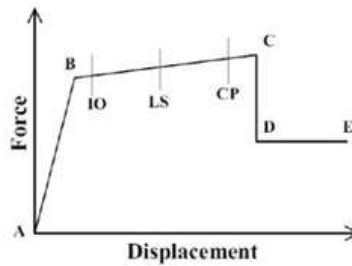
Melihat pengaruh desain tersebut terhadap gempa bumi, salah satu metode analisis yang digunakan adalah analisis Pushover. Analisis Pushover atau analisis beban dorong statik merupakan suatu analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan bangunan terhadap gempa. Penelitian dilakukan menggunakan program SAP2000 untuk mengetahui berapa besar gaya maksimum yang dapat ditahan struktur serta besar perpindahan maksimum struktur. Melalui program SAP2000 dapat diketahui pula level kinerja struktur bangunan tersebut. (Steenie E & Windah, 2014).



Gambar 2.5 Titik Kinerja Struktur pada Tingkat Redaman Struktur (ATC-40, 1996: 6-10)

Sumber : (Batara, 2021)

Tingkatan kondisi plastifikasi pada sendi plastis elemen struktur dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.6 Tingkat Plastifikasi Sendi Plastis Elemen

Sumber :(Batara,2021)

Ket:

- A = Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis
- B = Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali
- IO = Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan tingkat kinerja pada elemen *Immediately Occupancy*
- LS = Elemen pada level kinerja *Life Safety* (kondisi plastis)
- CP = Elemen pada level kinerja *collapse prevention* (kondisi hampir runtuh)
- C = Merupakan kapasitas ultimit dari elemen
- D = Kekuatan sisa dari elemen
- E = Merupakan batas dimana elemen sudah mengalami keruntuhan

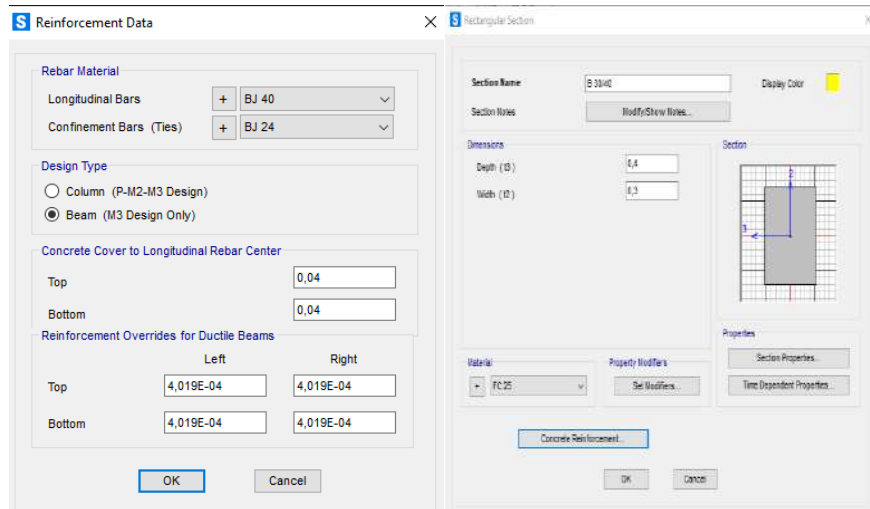
Pengerjaan metode analisis statik nonlinear ini didasarkan oleh peraturan ATC40 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menambahkan tulangan terpasang pada elemen struktur

a. Elemen Balok

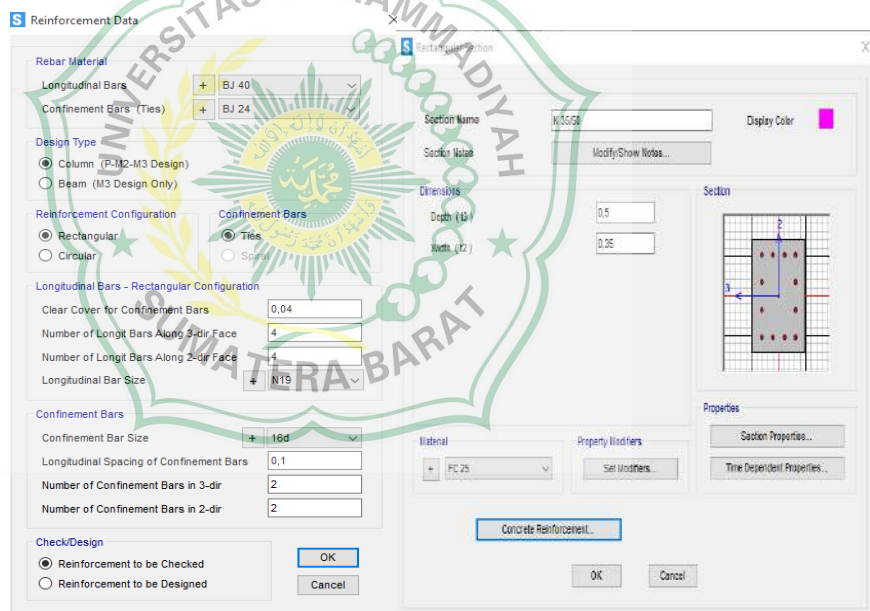
Dengan cara klik menu define - section properties - frame section - klik case balok B1 - modify/show property – concrete reinforcement.

Lakukan hal yang sama pada balok selanjutnya.



b. Elemen Kolom

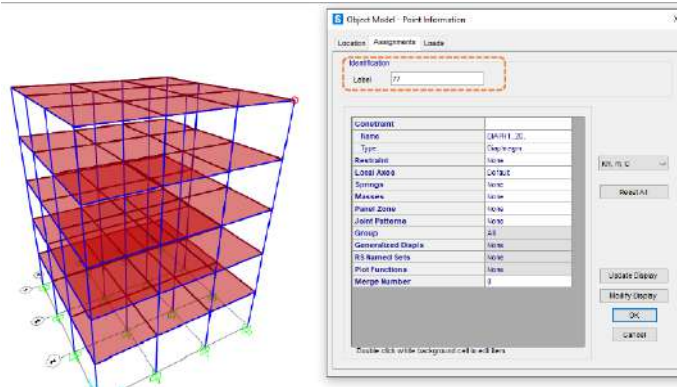
Dengan cara klik menu define - section properties - frame section - klik case balok K1 - modify/show property – concrete reinforcement. Lakukan hal yang sama pada kolom selanjutnya.



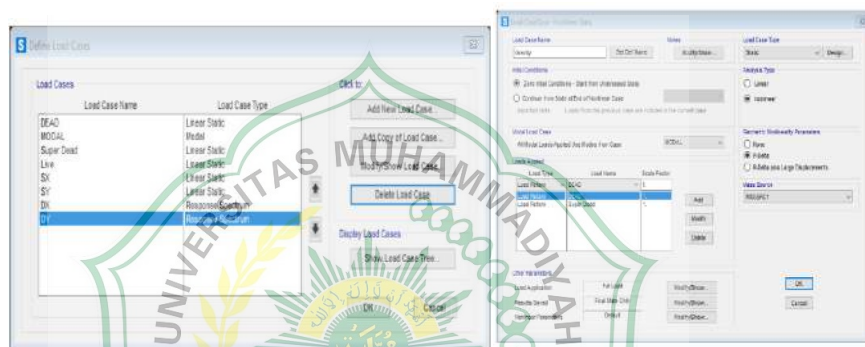
2. Membuat nonlinear case

a. Menentukan titik yang tinjauan

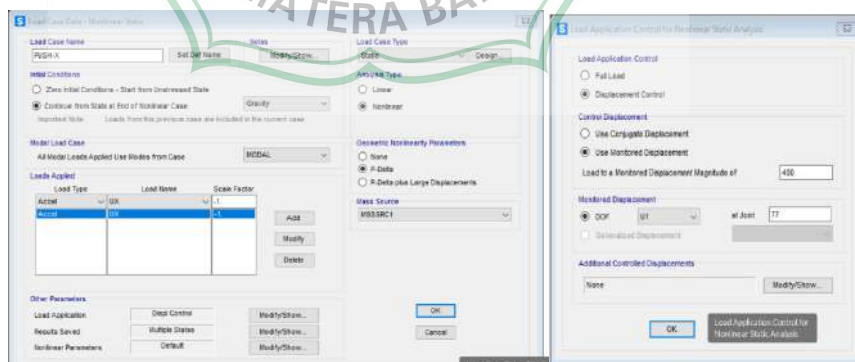
Set 3D view ke lantai atas lalu arahkan kursor pada point di titik pojok kanan bawah- klik kanan pada bawah titik -point information.



- b. Menentukan gravity nonlinear case
- c. Dengan cara klik define – load cases - add new load cases - nonlinear static. Lalu Klik new load cases – load cases data – nonlinear static

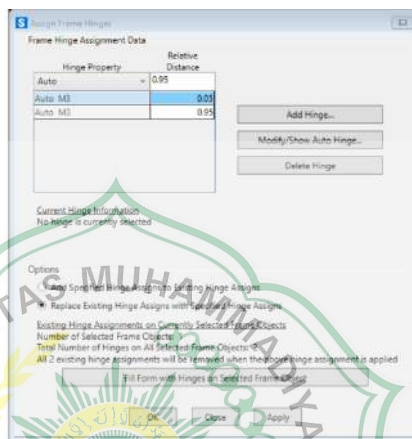
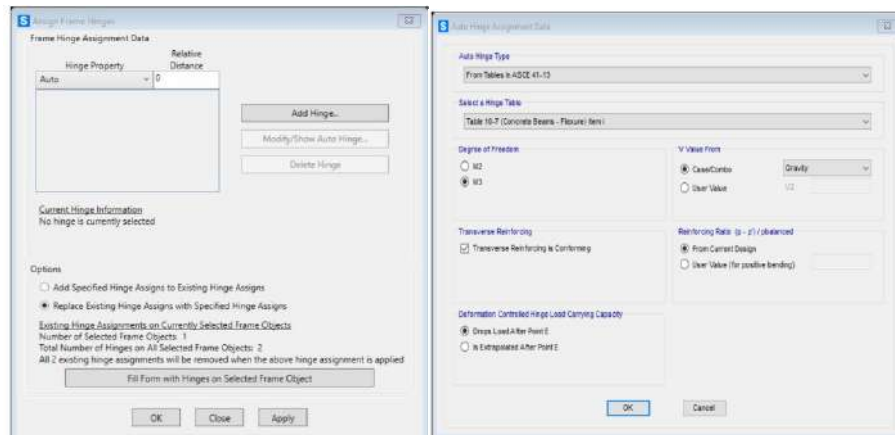


- d. Menentukan nonlinear pushover case
Klik define – load cases – add new load cases dan isikan dengan nama PUSH-X. Lakukan hal yang sama pada arah Y.



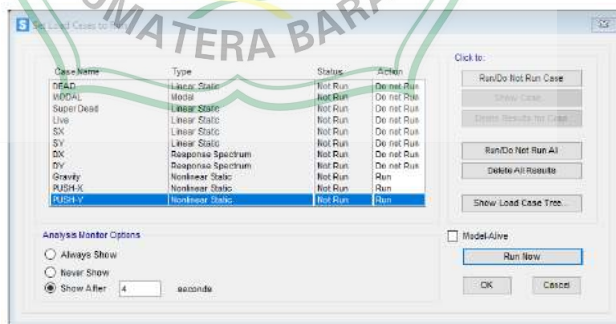
3. Memodelkan sendi plastis

- a. Mendefinisikan sendi plastis pada balok dan kolom
Pilih semua elemen balok pada seluruh lantai klik menu assign - frame – hinges. Lakukan cara yang sama pada kolom.



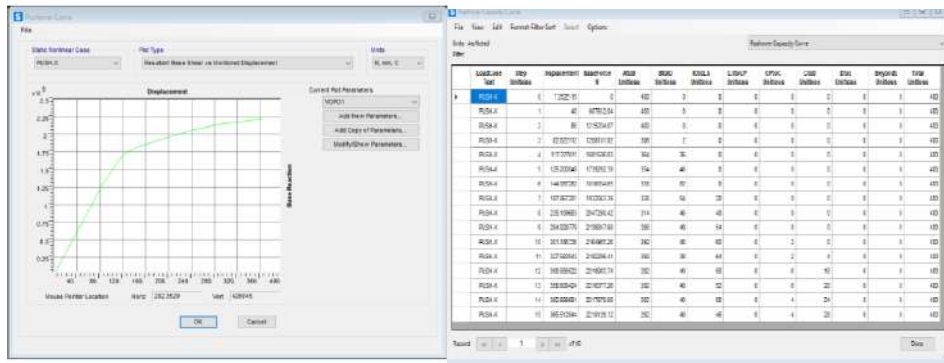
4. Running Program

Klik menu analyze-run analysis akan muncul set load cases to run pilih case dead s/d DY dan klik run/do not run case.



5. Menampilkan kurva kapasitas pushover

Klik menu display – show static pushover curve - Push-X untuk menampilkan tabel klik file-display table. Lakukan cara yang sama untuk Push-Y.



2.7 Level Kinerja Struktur

Level kinerja struktur ditentukan berdasarkan Tabel 2.3 ATC-40. Level kinerja struktur secara global dapat ditentukan berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat performance point dengan tinggi total bangunan (Batara, 2021). Sesuai ATC-40 level kinerja struktur secara keseluruhan dapat ditentukan melalui tabel berikut :

Tabel 2.3 Batas Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur (ATC-40, 1996 11-4)

Tingkat Kinerja Struktur				
Batas Simpangan Antar Lantai	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 V/P_i
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005-0,015	No Limit	No Limit

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di salah satu sekolah dasar yaitu SDN 14 Laing Kota Solok yang beralamat di Laing, Kec. Tj. Harapan, Kota Solok, Sumatera Barat.



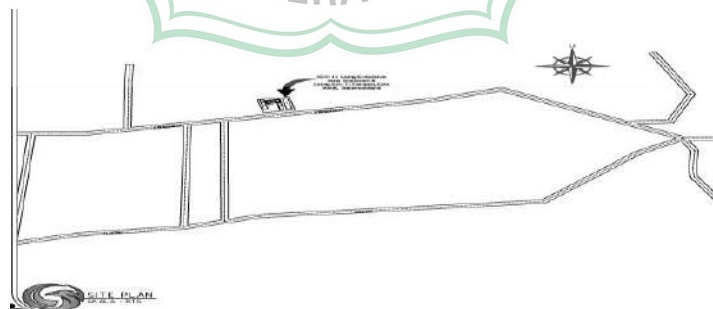
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber : *Google Maps* (23/12/2023)

3.2 Data Penelitian

1. Site Plan

Adalah gambar 2 dimensi pada lantai 3 gedung sekolah SDN 14 Laing Kota Solok sesuai dengan yang akan penulis rencanakan.



Gambar 3.2 Site Plan

2. Deskripsi Bangunan

a. Fungsi bangunan

Bangunan ini digunakan sebagai tempat terjadinya proses belajar mengajar.

b. Jumlah lantai

Pada gedung yang akan direncanakan ini yaitu gedung bagian kedua sudah terdapat 2 lantai, dan penulis akan merencanakan pembangunan untuk lantai 3.

c. Material bangunan

Material yang digunakan pada perencanaan ini sama dengan material yang sudah digunakan pada lantai 1 dan 2 yaitu beton bertulang.

3. Inspeksi Visual (kondisi bangunan)

Gedung sekolah SDN 14 Laing ini sudah berdiri sejak tahun 1981. Gedung sekolah ini terbagi kedalam 3 bagian dengan 12 ruangan. Gedung bagian pertama terdapat 4 ruang kelas yang merupakan bangunan lama dan belum terkena renovasi sama sekali. Gedung bagian pertama ini akan dirobohkan dikarenakan sudah tidak memungkinkan dipakai dalam kegiatan belajar-mengajar oleh siswa/siswi. Gedung bagian kedua ini merupakan hasil pembangunan ulang yang terdiri dari 2 lantai yaitu lantai 1 terdapat 4 ruang lokal yang sudah dibangun pada tahun 2018 dan lantai 2 baru dilakukan pembangunan pada tahun 2020 dengan rencana 3 ruang kelas dan yang baru terselesaikan serta dapat digunakan hanya 2 ruang kelas saja. Gedung bagian ketiga terdapat 2 ruangan yang digunakan sebagai ruang kepala sekolah dan ruang guru serta perpustakaan. Jadi ruang kelas yang bisa digunakan dengan aman hanya terdapat 6 ruang kelas saja.

4. Beban

Nilai berat struktur ditentukan pula berdasarkan pembebanan, maka diperlukan perhitungan beban yang dipikul oleh bangunan. Ada 3 beban yang perlu diperhatikan yaitu beban hidup, beban mati dan beban gempa.

a. Beban mati

Perhitungan beban mati yang bekerja pada struktur ini adalah berat sendiri bangunan atau berat keseluruhan dari elemen kolom, balok, pelat, dan dinding serta beban mati tambahan (SDL) yang membebani

struktur tersebut masing-masing nilainya disesuaikan dengan peraturan pembebanan dan dikalikan dengan dimensi penampang maupun luasan sehingga didapatkan beratnya.

b. Beban hidup

Perhitungan beban hidup yang bekerja pada struktur ini disesuaikan dengan fungsi bangunannya sebagai sekolah yang nilainya dikalikan dengan luas total pelat perlantai bangunan.

c. Beban gempa

Perhitungan beban gempa yang dilakukan pada bangunan gedung sekolah ini berdasarkan SNI 1726-2019.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Permodelan Elemen Struktur SAP2000

1. Penampang

Pada struktur terdapat 3 (tiga) penampang yaitu penampang balok, kolom, dan pelat. Setelah ukuran balok, kolom, dan pelat selesai direncanakan maka selanjutnya akan diolah pada aplikasi SAP2000.

2. Material

Pada perencanaan lantai 3 bangunan gedung sekolah ini menggunakan material K-300 ($f'c$ 25), dan BJ40 serta Bj24.

3. Model

Permodelan dilakukan dengan cara memodelkan semua elemen struktur balok, kolom serta pelat secara 3D.

3.3.2 Pembebanan dan Kombinasi

Ada beberapa jenis beban yang bekerja pada gedung yaitu beban mati sendiri struktur yang meliputi balok, kolom, *shear wall*, dan pelat, beban mati elemen tambahan yang meliputi dinding, keramik, plasteran, plumbing, ME, beban hidup yang meliputi beban luasan /m² yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan, beban gempa, serta beban kombinasi yang dapat dihitung berdasarkan SNI 2847: 2019.

3.3.3 Cek Perilaku Struktur

Pengecekan struktur terhadap standar dan persyaratan yang berlaku dapat dilakukan jika permodelan dan pembebanan pada struktur telah selesai digunakan.

3.3.4 Analisis Kapasitas Elemen Struktur balok, kolom dan pelat.

Analisis kapasitas ini dapat dihitung menggunakan program SAP2000.

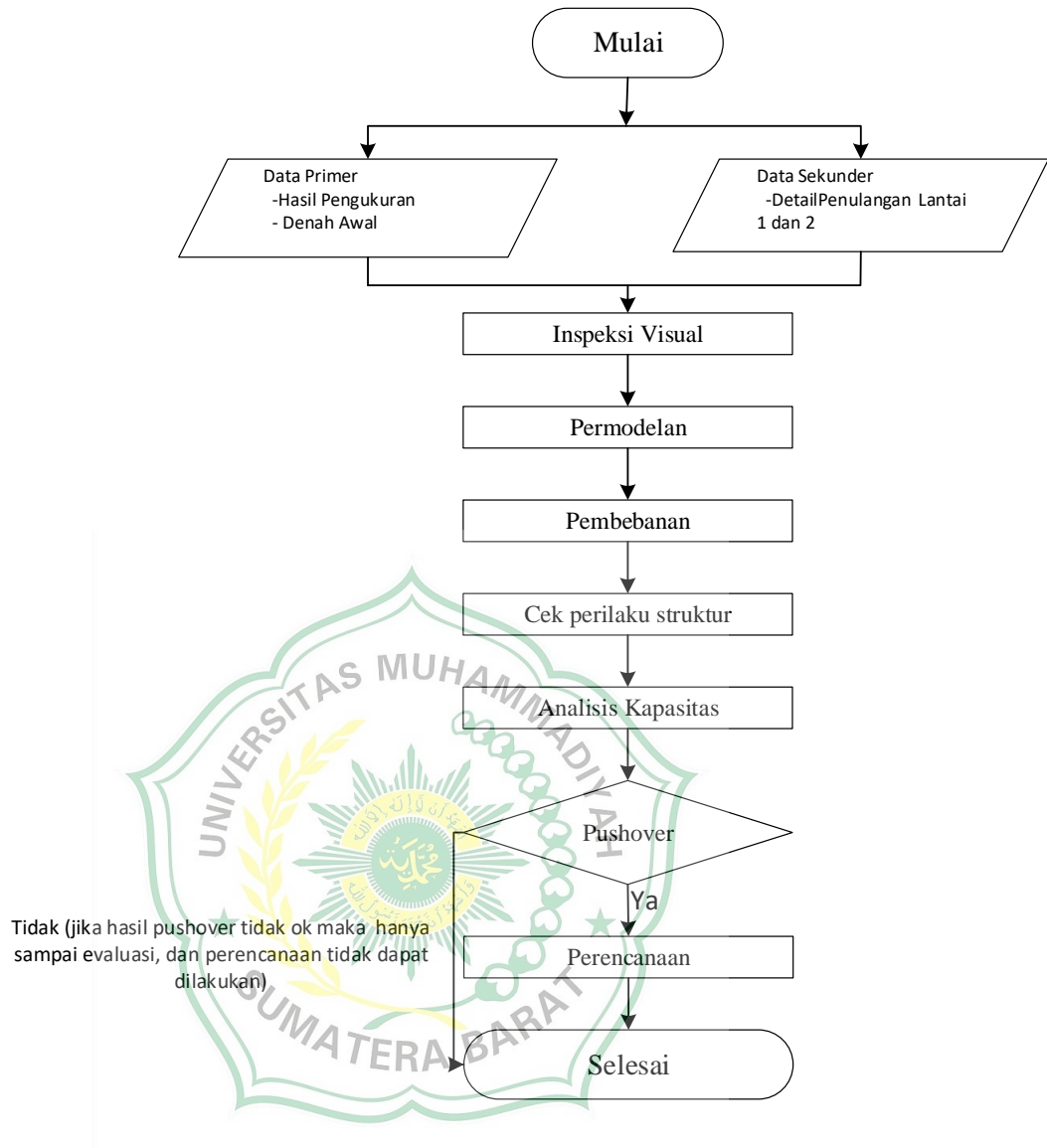
3.3.5 Pushover Analisis

Analisis statis nonlinear merupakan metode analisis untuk menentukan kinerja struktur. Kinerja struktur bertujuan untuk mencapai tuas kinerja struktur, yang menentukan deformasi struktur akibat beban gempa, yang ditentukan oleh kemungkinan pergerakan maksimum struktur dan komponen struktur, yang dapat diterima untuk ukuran beban gempa berat yang dipertimbangkan. Metode yang umum digunakan adalah metode riwayat waktu nonlinear dan metode statis nonlinear. Metode yang digunakan adalah metode analisis statis nonlinear yang mencari perpotongan kurva spectrum daya (power spectrum method) dan kurva spectrum repons tereduksi untuk memperkirakan perpindahan maksimum.

3.3.6 Perencanaan Lantai 3

Perencanaan ini dapat dilakukan dengan cara menghitung sesuai rumus dan SNI yang telah ada yang akan menghasilkan detail struktur utama yang akan digunakan nanti pada lantai 3.

3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian



BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Lantai Eksisting

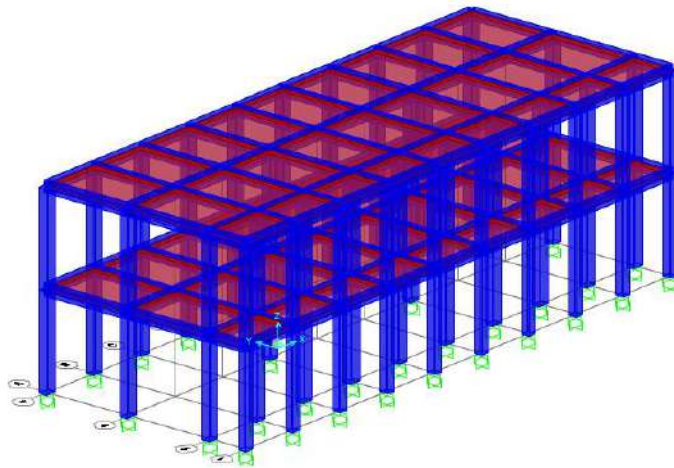
Setelah dilakukannya survey ke lapangan maka berikut data-data struktur eksisting yang didapat :

Fungsi bangunan	: Bangunan sekolah
Jumlah lantai	: 2 lantai
Kolom	: K 35 x 50 K 35 x 35
Balok	: B 30 x 50 B 30 X 40 B 20 X 40
Tebal pelat lantai 2	: 12,5 cm
Mutu beton	: K300 (f_c 25 MPa)
Mutu beton didapat dari hasil pengujian menggunakan alat uji <i>hammer test</i> .	
Modulus elastisitas	: 23500 MPa
Berat jenis beton bertulang	: 24 kN/m ³
Mutu baja	: f_y 400 MPa f_u 570MPa
Berat jenis besi tulangan	: 78,5 kN/m ³

1. Analisis Tahap 1

a. Permodelan struktur eksisting

Setelah didapat data eksisting maka dilakukan permodelan menggunakan *software* SAP2000.



Gambar 4.1 Permodelan Struktur Eksisting

(Sumber: SAP2000)

b. Beban mati dan hidup

Analisis dapat dilakukan dengan cara memasukkan pembebanan berupa beban mati maupun beban hidup, seperti pada tabel dibawah ini:

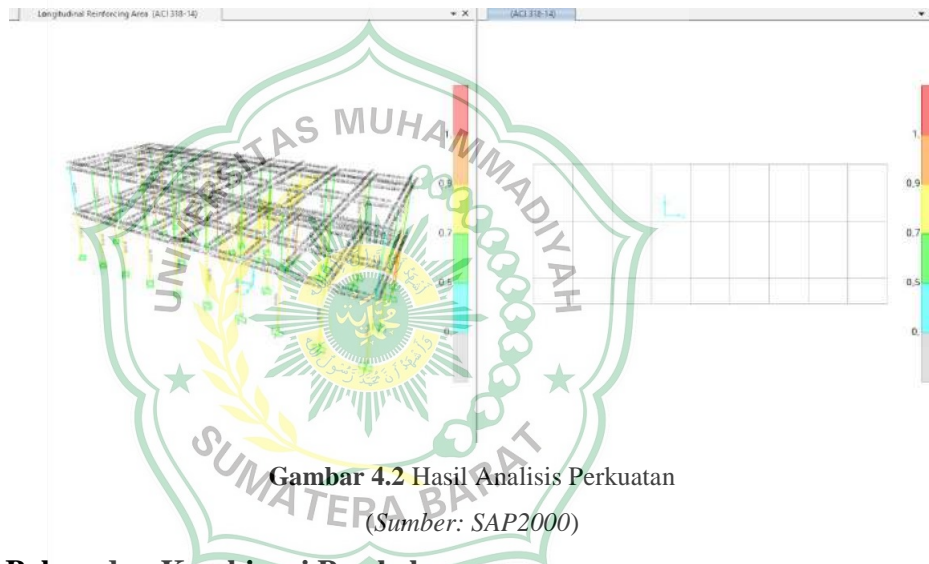
Tabel 4.1 Beban Mati dan Beban Hidup

Beban mati lantai 1 dan 2	Beban hidup lantai 1 dan 2
Berat sendiri pelat : 0,30 kN/m ²	Ruang kelas : 1,92 kN/m ²
Berat pasir tebal 1cm : 0,16 kN/m ²	
Berat spesi tebal 3cm : 0,66 kN/m ²	
Berat keramik tebal 1cm : 0,22 kN/m ²	
Berat <i>plafond</i> dan penggantung: 0,02 kN/m ²	
Berat instalasi ME : 0,25 kN/m ²	
Total : 4,31 kN/m ²	

c. Beban gempa

Lokasi penelitian merupakan zona gempa V maka data percepatan gempa diambil berdasarkan wilayah gempa serta untuk kurva *respon spectrum* diambil berdasarkan juga berdasarkan zona gempa lokasi penelitian.

Setelah dilakukannya analisis pada kolom dan balok berdasarkan kombinasi pembebanan maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini bahwasanya struktur eksisting masih mampu menahan beban tambahan lantai 3 dikarenakan tidak ada yang mengalami *over strength* (warna merah).



4.1.1 Beban dan Kombinasi Pembebanan

1. Beban Mati

Pada suatu perencanaan pembebanan pada struktur ada 2 jenis beban mati yang di tinjau:

- a. Beban mati (*dead load*)
- b. Beban mati tambahan (*super dead load*)

1) Beban mati tambahan pada pelat atap

a) Berat <i>waterproofing</i>	: 0,28 kN/m ²
b) Berat <i>plafond</i> dan penggantung	: 0,2 kN/m ²
c) Berat instalasi ME	: 0,25 kN.m ²
Total	: 0,73 kN/m ²

2) Beban mati tambahan pada pelat lantai

a) Berat sendiri pelat : $0,125 \times 2400$: $0,30 \text{ kN/m}^2$
b) Berat pasir tebal 1cm: $0,01 \times 16$: $0,16 \text{ kN/m}^2$
c) Berat spesi tebal 3cm: $0,03 \times 22$: $0,66 \text{ kN/m}^2$
d) Berat keramik tebal 1cm: $0,01 \times 22$: $0,22 \text{ kN/m}^2$
e) Berat <i>plafond</i> dan penggantung	: $0,02 \text{ kN/m}^2$
f) Berat instalasi ME	: $0,25 \text{ kN/m}^2$
Total	: $4,31 \text{ kN/m}^2$

2. Beban Hidup (*live load*)

Beban hidup yang dipakai berdasarkan SNI 1727:2020 pasal 4.3.1 pada tabel 4.3-1. Beban hidup terdistribusikan merata minimum, L0 dan beban merata terpusat minimum.

- Beban hidup pada pelat atap : $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup pada pelat lantai : $1,92 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup pada koridor : $3,83 \text{ kN/m}^2$

3. Beban Gempa

Dalam melakukan penginputan beban gempa data yang diperlukan sebagai berikut :

- Jenis tanah yang dipakai yaitu tanah lunak.
- Data *respons spectrum* wilayah kota Solok

Nama kota : Solok

Busur / *longitude* : $100^{\circ}27'' \text{ BT} - 101^{\circ}41'' \text{ BT}$

Lintang / *latitude* : $0^{\circ}32'' \text{ LU} - 1^{\circ}45'' \text{ LS}$

Kelas situs : SE (tanah lunak)

PGAm : $0,6876 \text{ g}$

Ss : $1,7935 \text{ g}$

S1 : $0,6821 \text{ g}$

TL : 8 detik

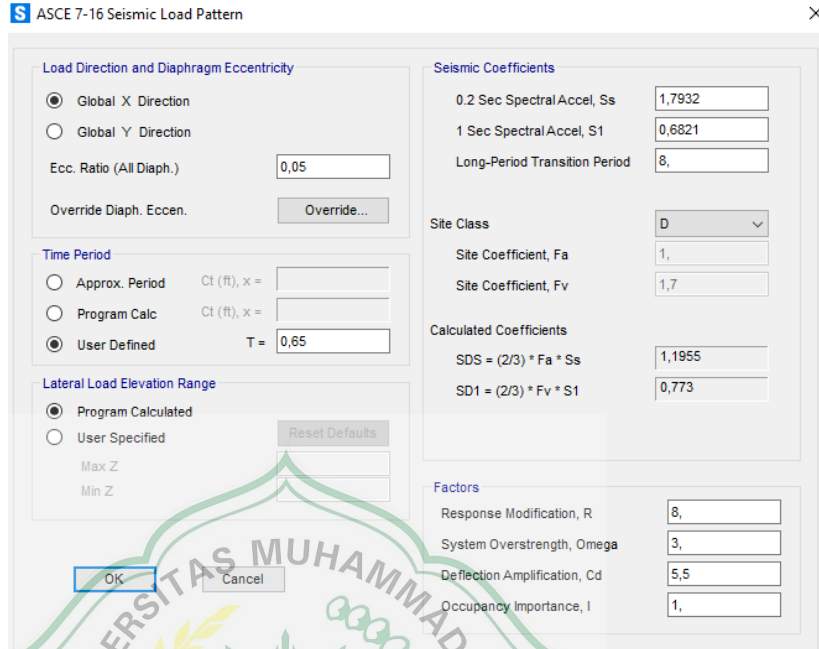
Fa : 1000 g

Fv : 1,6179

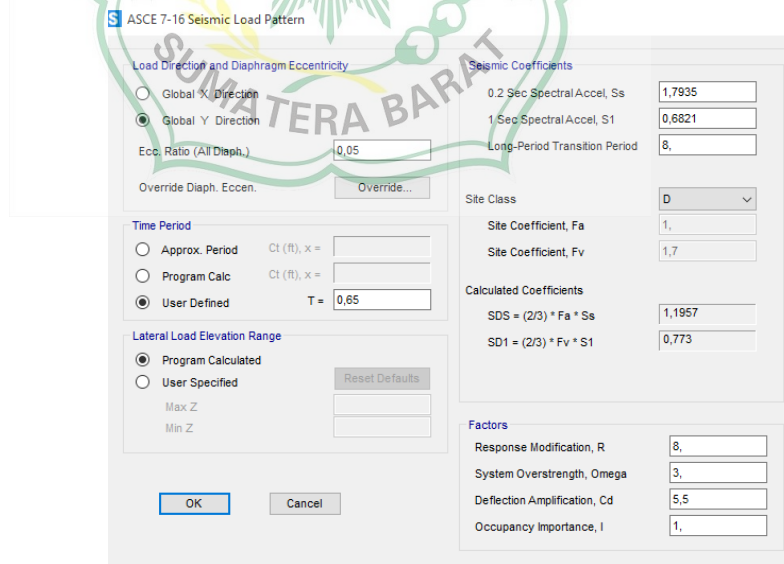
Sms : $1,7935 \text{ g}$

Sm1 : $1,1036 \text{ g}$

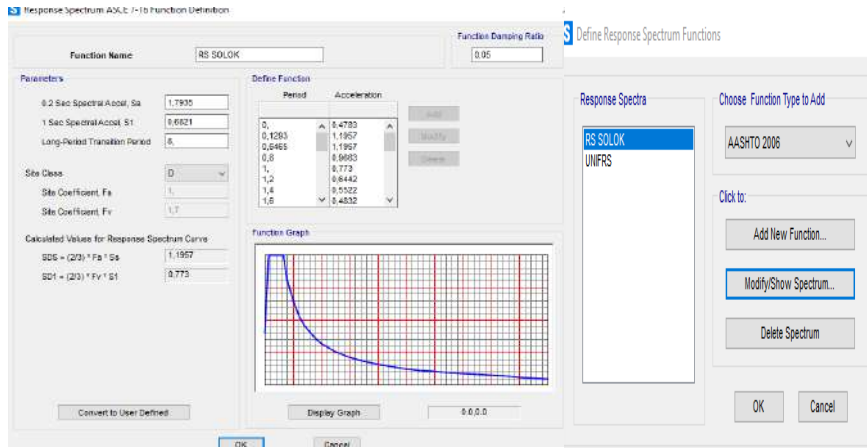
Sds : 1,1957 g
 Sd1 : 0,736 g



Gambar 4.3 Beban Gempa Static Ekuivalen Arah X
 (Sumber: SAP2000)

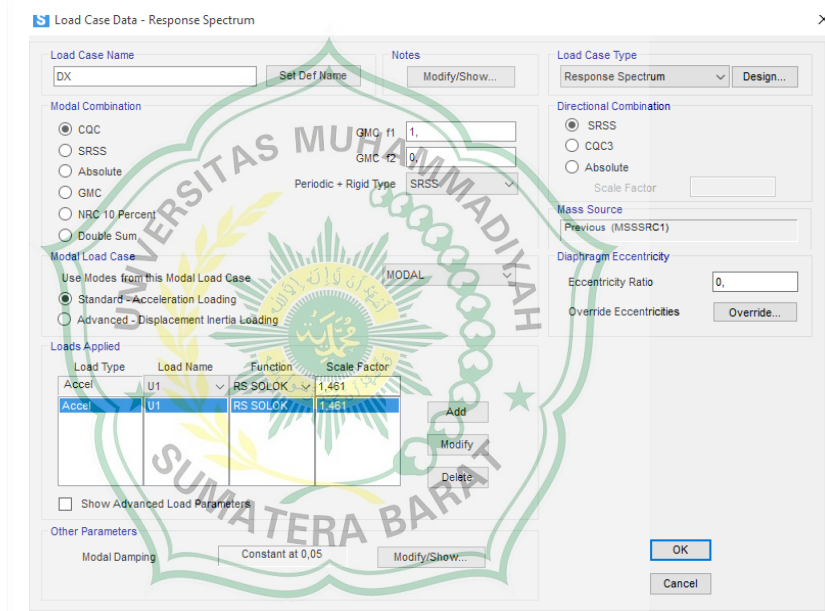


Gambar 4.4 Beban Gempa Static Ekuivalen Arah Y
 (Sumber: SAP2000)



Gambar 4.5 Respon Spectrum

(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.6 Respon Spectrum Case Arah X

(Sumber: SAP2000)

Gambar 4.7 Respon Spectrum Case Arah Y

(Sumber: SAP2000)

Berdasarkan SNI 1726:2019 mengenai skala gaya peraturan ini mengatakan bahwa gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari 100% gaya *seismic static*. Jika tidak memenuhi maka diperlukan pemberian skala gaya pada model struktur gedung.

Tabel 4.2 Hasil Penjumlahan Geser Dasar Gempa

Base Shear	Dinamik (VD) Geser Dasar (kN)	Statik (VS) Geser Dasar (kN)	Faktor skala VS / VD	kontrol (VD) \geq 100% Vs
arah x	1191,45	1013,95	0,8510243	OK
arah y	1051,71	1014,12	0,9642638	OK

4. Beban Kombinasi

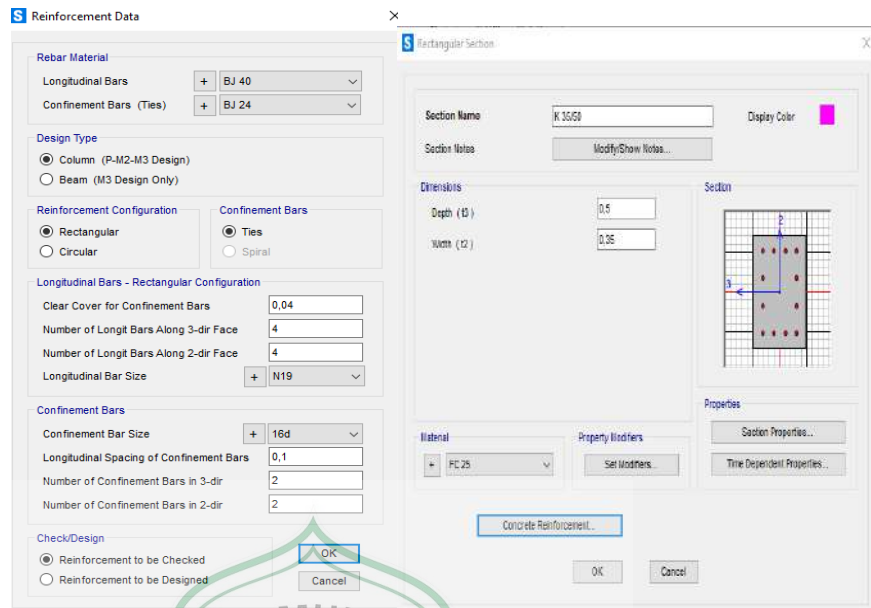
Beban kombinasi adalah gabungan dari beban mati, beban hidup, beban mati tambahan, dan beban gempa yang diinputkan pada SAP2000 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kombinasi Pembebanan

Combo	Pembebanan				
	DL	SDL	LL	DX	DY
Comb1	1,4	1,4	-	-	-
Comb2	1,2	1,2	1,6	-	-
Comb3	1,44	1,44	1	1	0,3
Comb4	1,44	1,44	1	1	-0,3
Comb5	1,44	1,44	1	-1	0,3
Comb6	1,44	1,44	1	-1	-0,3
Comb7	1,44	1,44	1	0,3	1
Comb8	1,44	1,44	1	-0,3	1
Comb9	1,44	1,44	1	0,3	1
Comb10	0,66	0,66	1	-0,3	1
Comb11	0,66	0,66	-	1	0,3
Comb12	0,66	0,66	-	1	-0,3
Comb13	0,66	0,66	-	-1	0,3
Comb14	0,66	0,66	-	-1	0,3
Comb15	0,66	0,66	-	1	0,3
Comb16	0,66	0,66	-	1	-0,3
Comb17	0,66	0,66	-	-1	0,3
Comb18	0,66	0,66	-	-1	-0,3
Gravitasi	1,2	1,2	1	-	-
Envelope					

4.1.2 Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Kolom

1. Kolom 35 x 50



Gambar 4.8 Input Tulangan Kolom 35 x 50

(Sumber: SAP2000)

$$P_u = 67,7 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = 105 \text{ kN/m}$$

$$M_3 = 118 \text{ kN/m}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

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

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

$$D = 19 \text{ mm}$$

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

$$F_c = 25 \text{ MPa}$$

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

Hitung :

$$P_n \text{ Perlu} = \frac{P_u}{\phi} = \frac{67,7}{0,65} = 104 \text{ kN/m}$$

$$M_n \text{ Perlu} = \frac{M_c}{\phi} = \frac{118}{0,65} = 181 \text{ kN/m}$$

Eksentrisitas :

$$e = \frac{M_n \text{ perlu}}{P_n \text{ perlu}} = \frac{181}{104} = 1,74 = 1741$$

$$e_{\min} = 15 + 0,05 \times h$$

$$= 15 + 0,05 \times 500$$

$$= 40 \text{ mm}$$

Syarat :

$$e_{\min} < e$$

$$40 < 1741 \dots \text{OK}$$

Hitung nilai :

$$\frac{d'}{h} = \frac{sb + \frac{d}{2} + sk}{h}$$

$$= \frac{40 + \frac{19}{2} + 10}{500}$$

$$= 0,12$$

Sumbu vertikal :

$$= \frac{Pu}{\phi \times Ag \times 0,85 \times f'c}$$

$$= \frac{67650}{0,65 \times 500 \times 500 \times 350 \times 0,85 \times 25}$$

$$= 0,02799$$

Sumbu horizontal :

$$= \frac{Pu}{\phi \times Ag \times 0,85 \times f'c} \times \frac{e}{h}$$

$$= 0,02799 \times \frac{1741}{500}$$

$$= 0,09748$$

Dari diagram interaksi kolom diperoleh :

$$\beta = 1$$

$$r = 0,01$$

Maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 1 \times 0,01$$

$$= 0,01$$

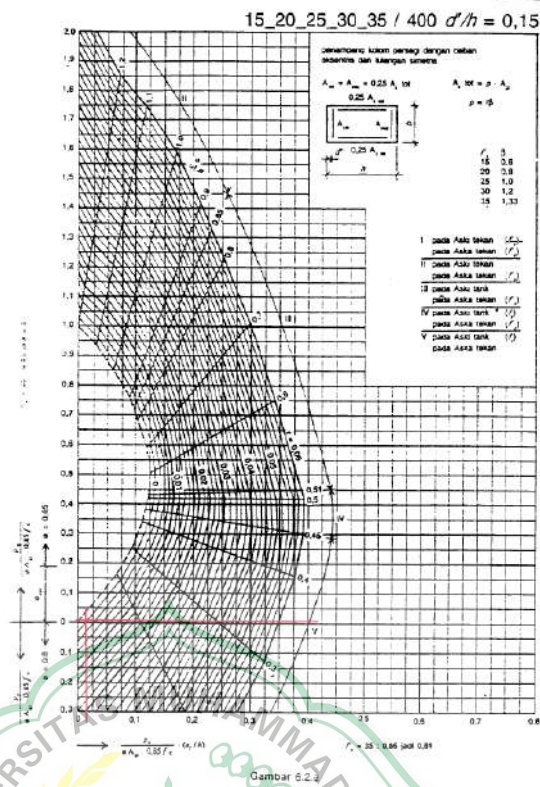
Hitung luas tulangan :

$$Ast = \rho \times Ag$$

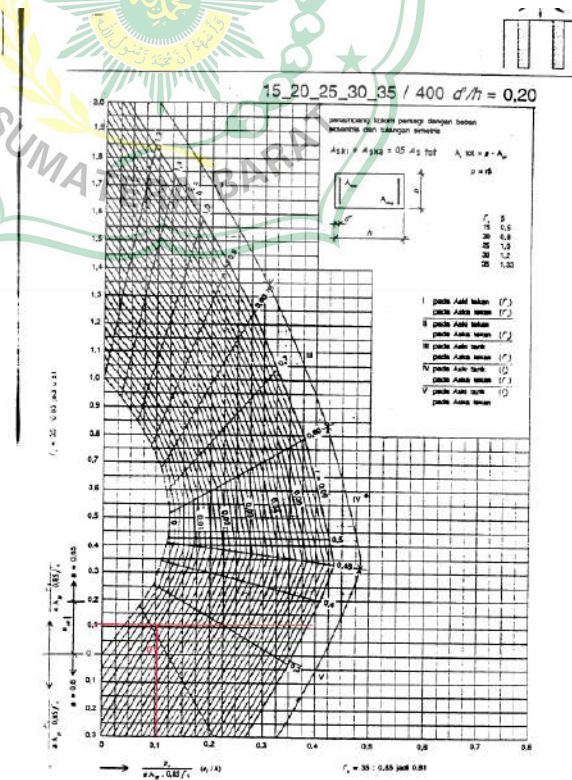
$$= 0,01 \times 500 \times 350$$

$$= 1750 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 12 \emptyset 19 = 2865,133 mm²



Gambar 4.9 Diagram Interaksi Kolom 35 x 50



Gambar 4.10 Diagram Interaksi Kolom 35 x 35

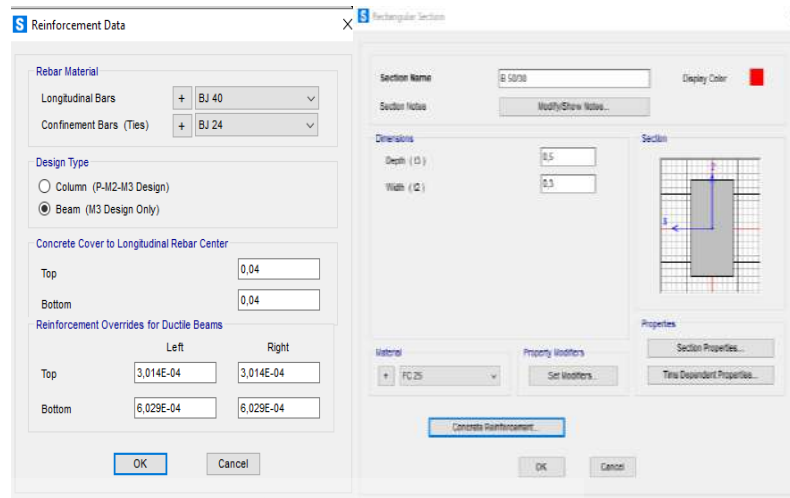
Setelah dilakukannya evaluasi lalu di plot ke diagram interaksi seperti pada gambar di atas maka di dapatkan bahwasannya kolom K35 x 50 berada dalam daerah diagram interaksi yang berarti kolom aman menahan beban jika dilakukan penambahan lantai. Untuk elemen kolom selanjutnya di hitung menggunakan uraian rumus yang sama maka dapat di lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.4 Rekapitulasi Penulangan Kolom

No	Lantai	Penampang	Sumbu x	Sumbu y	Rasio Kapasitas	Ket	
						SAP 2000	Manual
1	1		0,097	0,027	0,861	OK	OK
			0,117	0,109	0,89	OK	OK
2	2		0,097	0,027	0,697	OK	OK
			0,117	0,109	0,68	OK	OK

4.1.3 Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Balok

1. Balok 30 x 50



Gambar 4.11 Input Tulangan Balok 30 x 50

(Sumber: SAP2000)

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

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$D_{tu} = 16 \text{ mm}$$

$$D_{ts} = 10 \text{ mm}$$

$$F_{y1} = 400 \text{ Mpa}$$

$$F_{y2} = 240 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$S_b = 25 \text{ mm}$$

$$T_{\text{atas}} = 3 \text{ buah}$$

$$T_{\text{bwh}} = 6 \text{ buah}$$

Asumsi tulangan tekan dan tarik sudah/belum leleh:

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s' = T_s$$

$$0,85 \times F_c \times a \times b + A_s \times F_s = A_s \times F_s$$

$$0,85 \times 25 \times a \times 300 + 3 \frac{1}{4} \pi \times 16 \times 400 = 6 \frac{1}{4} \pi \times 16 \times 400$$

$$a = \frac{(6 \frac{1}{4} \pi \times 16 - 3 \frac{1}{4} \pi \times 16)}{0,85 \times 25 \times 300} \times 400$$

$$a = 37,84 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{37,84}{0,85} = 44,5 \text{ mm}$$

Kontrol Asumsi:

$$F_s = f \rightarrow \epsilon_s = \epsilon_y$$

$$F_{s'} = f_y \rightarrow \epsilon_{s'} = \epsilon_y$$

$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$d' = S_b + \frac{1}{2} DTU + DTS$$

$$= 25 + \frac{1}{2} 16 + 10$$

$$= 43 \text{ mm}$$

$$d = h - (s_b + \frac{1}{2} DTU + DTS + \frac{1}{2} 25)$$

$$= 500 - (25 + \frac{1}{2} 16 + 10 + \frac{1}{2} 25)$$

$$= 445 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} : c - d' = : c$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{44,5 - 43}{44,53} \times 0,002$$

$$= 0,00010$$

$$\epsilon_{s'} > \epsilon_y$$

$$0,00010 > 0,002$$

Jadi, tulangan tekan belum leleh sehingga asumsi yang digunakan

:

Kontrol daktilitas atau rasio penulangan:

Rasio penulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad \frac{F_c'}{4 f_y} = \frac{25 \times 0,5}{4 \times 400} = 0,003125$$

$$= 0,0035$$

Rasio penulangan maksimum (ρ_{max})

$$\rho_{max} = 0,75 P_b + p' \frac{F_c'}{f_y}$$

$$P_b = \frac{0,09 \times f_c \times \beta_1 \times 600}{600 \times f_y \times f_y}$$

$$\rho_{max} = \frac{A_{s'}}{b \times d}$$

$$= \frac{3 \times 0,25 \times \pi \times 16}{300 \times 445}$$

$$= 0,005$$

$$F_{s'} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} + p' \frac{f_{s'}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{600+400} + 0,005 \frac{400}{400} \\ &= 0,0316\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \times 0,032 + 0,006 \\ &= 0,0297\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{aktual} &= \frac{As'}{b \times d} \\ &= \frac{6 \times 0,25 \times \pi \times 16}{300 \times 445} \\ &= 0,0090\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d') \\ &= 0,85 \times f_c' \times a \times b + As' \times f_y \times (d - d') \\ &= 0,85 \times 25 \times 37,8 \times 300 + (445 - \frac{37,8}{2}) + 3(0,25) \pi 16 \times 400 \times \\ &= 97,11\end{aligned}$$

402

Penentuan factor reduksi kekuatan (ϕ)

$$\begin{aligned}d_t &= h - s_b + D_{ts} + \frac{1}{2} D_{tu} \\ &= 500 - 25 + 10 + \frac{1}{2} 16 \\ &= 457\end{aligned}$$

$$\epsilon_t : d_t - c = \epsilon_c : c$$

$$\epsilon_t = \frac{457 - 44,53}{457} \times 0,003$$

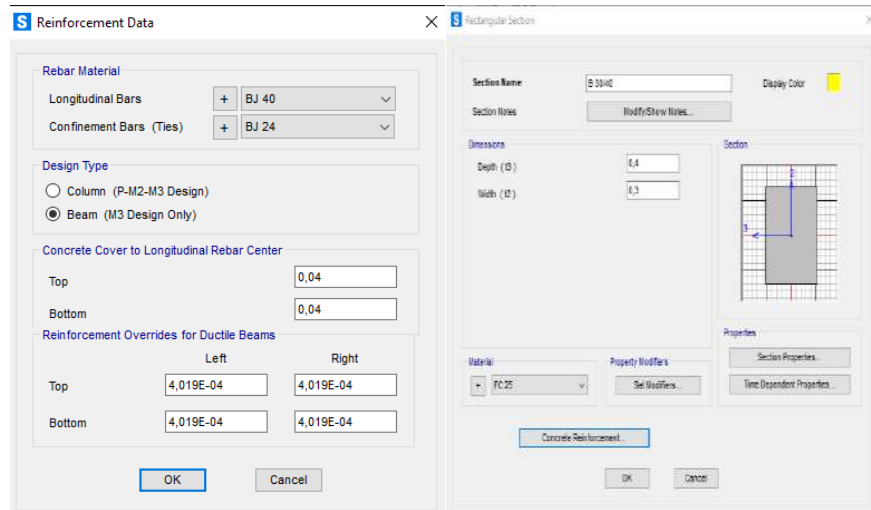
$$= 0,02779$$

$$= \frac{c}{d_t} = \frac{44,53}{457} = 0,097$$

Di dapat factor reduksi kekuatan :

$$\begin{aligned}M_u &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 97,11 \\ &= 87,402 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

2. Balok 30 x 40



Gambar 4.12 Input Tulangan Balok 30 x 40

(Sumber: SAP2000)

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

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

$$D_{tu} = 16 \text{ mm}$$

$$D_{ts} = 10 \text{ mm}$$

$$F_{y1} = 400 \text{ Mpa}$$

$$F_{y2} = 240 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$S_b = 25 \text{ mm}$$

$$T_{\text{atas}} = 4 \text{ buah}$$

$$T_{\text{bwh}} = 4 \text{ buah}$$

Asumsi tulangan tekan dan tarik sudah/belum leleh:

$$d' = S_b + \frac{1}{2} D_{TU} + D_{TS}$$

$$= 25 + \frac{1}{2} 16 + 10$$

$$= 43 \text{ mm}$$

$$d = h - (S_b + \frac{1}{2} D_{TU} + D_{TS} + \frac{1}{2} 25)$$

$$= 400 - (25 + \frac{1}{2} 16 + 10 + \frac{1}{2} 25)$$

$$= 344,5 \text{ mm}$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_c' = T_s$$

$$0,85 \times F_c \times a \times b + A_s \times F_s' = A_s \times F_y$$

$$0,85 \times 25 \times a \times 300 + 3(0,25) \pi 16 \times 400$$

$$6375 a + 482549 - \frac{17637152,48}{a} = 321699,08a$$

$$6375 a^2 + 482549 a - 17637152,48 = 321699,08a$$

$$6375 a^2 - 160849,544 a - 17637152,48 = 0$$

$$a^2 - 25,231 a - 2766,612 = 0$$

$$a_{1,2} = \frac{25,231 \pm 105,077}{2}$$

$$a_1 = 65,154$$

$$F_s = 600 \times 1 - \frac{d' \times \beta_1}{a}$$

$$= 600 \times 1 - \frac{43 \times 0,85}{65,154}$$

$$= 263,41$$

$$= 263,41 < 400 \text{ Mpa}$$

Kontrol daktilitas atau rasio penulangan:

Rasio penulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad \frac{F_c'}{4 f_y} = \frac{25 \times 0,5}{4 \times 400} = 0,003125$$

$$= 0,0035$$

Rasio penulangan maksimum (ρ_{max})

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b + \rho' \frac{F_s'}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,09 \times f_c \times \beta_1 \times 600}{600 \times f_y \times f_y}$$

$$\rho_{max} = \frac{A_s'}{b \times d}$$

$$= \frac{4 \times 0,25 \times \pi \times 16}{300 \times 344,5}$$

$$= 0,008$$

$$F_s' = 263,41 \text{ Mpa}$$

$$= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{600+400} + 0,008 \frac{263,41}{400}$$

$$= 0,0322$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0322 + 0,004$$

$$= 0,0282$$

$$\rho_{aktual} = \frac{A_s'}{b \times d}$$

$$= \frac{4 \times 0,25 \times \pi \times 16}{300 \times 344,5}$$

$$= 0,0078$$

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d')$$

$$= 0,9 \times f_c' \times a \times b + A_s' \times f_y \times (d - d')$$

$$= 0,9 \times 25 \times 65,154 \times 300 + (344,5 - \frac{65,154}{2}) \times 4 \times (0,25) \times \pi \times 16 \times 400$$

x302

$$= 97,40$$

Penentuan factor reduksi kekuatan (ϕ)

$$d_t = h - s_b + D_t s + \frac{1}{2} D_t u$$

$$= 400 - 25 + 10 + \frac{1}{2} \times 16$$

$$= 357$$

$$\epsilon_t : d_t - c = \epsilon_c : c$$

$$\epsilon_t = \frac{357 - 76,652}{357} \times 0,003$$

$$= 0,0024$$

$$\rho = \frac{c}{d_t} = \frac{65,154}{357} = 0,183$$

Di dapat factor reduksi kekuatan :

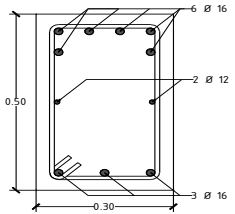
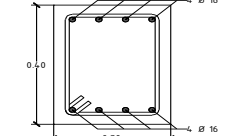
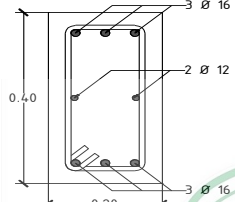
$$M_u = \phi \times M_n$$

$$= 0,9 \times 97,41$$

$$= 65,502 \text{ kN/m}$$

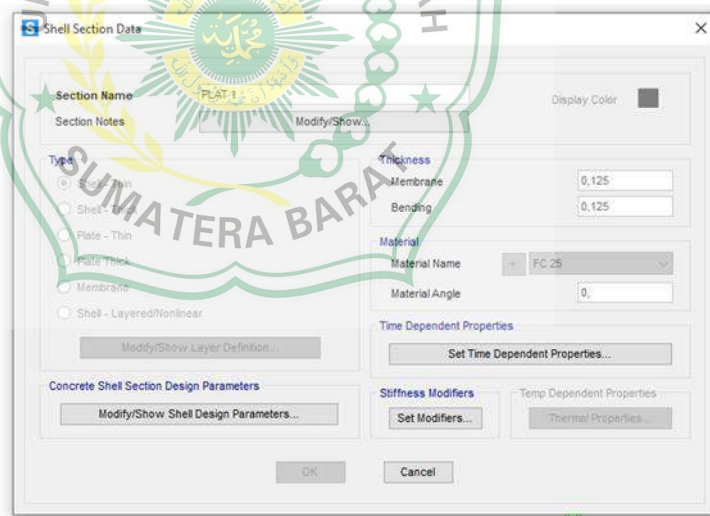
Setelah dilakukannya perhitungan dan di dapatkan bahwasannya $M_{u_{\text{manual}}} > M_{u_{\text{SAP}}}$ maka, elemen balok dapat menahan beban jika dilakukan penambahan lantai. Untuk elemen struktur balok selanjutnya di hitung menggunakan uraian rumus yang sama dan dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.5 Rekapitulasi Penulangan Balok

No	Penampang	Mn	ϕ	Mu Manual	>	Mu SAP	Ket
1		97,11	0,9	87,402	>	76,323	OK
2		97,4	0,9	87,7	>	65,502	OK
3		73,04	0,9	65,7	>	55,471	OK

4.1.4 Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Pelat

1. Pelat A



Gambar 4.13 Input Tulangan Pelat A

(Sumber: SAP2000)

- b = 2690 mm
- h = 3900 mm
- f_y = 280 MPa
- B1 = 200 mm (b)
= 400 mm (h)

$$\begin{aligned} B2 &= 300 \text{ mm (b)} \\ &= 500 \text{ mm (h)} \end{aligned}$$

Mencari I_{nx} dan I_{ny}

$$\begin{aligned} I_{nx} &= I_x - \frac{200}{2} - \frac{200}{2} \\ &= 2690 - \frac{200}{2} - \frac{200}{2} \\ &= 2490 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{ny} &= I_y - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} \\ &= 3900 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} \\ &= 3600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{I_{nx}}{I_{ny}} = \frac{3600}{2490} \\ &= 1,45 \end{aligned}$$

Nilai $\beta < 2$ maka pelat A termasuk ke dalam pelat 2 arah

$$\begin{aligned} h &= \frac{I_{nx}}{360} \\ &= \frac{3600}{36} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_{\min} - 10\% < h_{\min} < h_{\min} + 10\%$$

$$h_{\min} - 10\% = 100 - \frac{10}{100} \times 100 = 90 \text{ mm}$$

$$h_{\min} + 10\% = 100 + \frac{10}{100} \times 100 = 110 \text{ mm}$$

Momen inersia balok :

$$\begin{aligned} I_{B1} &= \frac{1}{12} bh^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 200 \times 400^3 \\ &= 1.066.666.667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{B2} &= \frac{1}{12} bh^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 \\ &= 3.125.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{B2} &= \frac{2 I_{B1} + 2 I_{B2}}{4} \\ &= \frac{2 (1.066.666.667) + 2 (3.125.000.0)}{4} \end{aligned}$$

$$= 2.095.833.333,3 \text{ mm}^4$$

Momen inersia pelat :

$$\begin{aligned} I_{px} &= \frac{1}{12} I_{px} (h_{\min})^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 2490 \times 110^3 \\ &= 276.182.500 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{py} &= \frac{1}{12} I_{py} (h_{\min})^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 3600 \times 110^3 \\ &= 399.300.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{2 I_{px} + 2 I_{py}}{4} \\ &= \frac{2 (276.182.500) + 2 (399.300.000)}{4} \\ &= 337.741.250 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$a_{fm} = \frac{I_B}{I_P} \times \frac{E_B}{E_P}$$

Misalkan $E_B = E_P = 20.000 \text{ MPa}$ maka:

$$\begin{aligned} a_{fm} &= \frac{I_B}{I_P} \\ &= \frac{2.095.833.333,3}{337.741.250} \\ &= 6,205 \end{aligned}$$

Karena $a_{fm} > 2$ maka:

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{I_n \times 0,8 + \left(\frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta \times a_{fm}} \\ &= \frac{3600 \times 0,8 + \left(\frac{280}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1,45) \times 6,205} \\ &= 30,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban Pelat A:

$$\text{Beban hidup ruang kelas} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban mati} = 4,31 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (4,31) + 1,6 (1,92) \\ &= 8,244 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$L_x = 2690 \text{ mm}$$

$$L_y = 3900 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{2690}{3900}$$

$$= 1,45$$

Karena nilai $\beta = 1,45$ maka didapatkan nilai koefisien berdasarkan tabel PB1 71(Momen pelat persegi akibat beban merata)

$$Mlx \quad 1,4 \quad 53 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 56$$

$$Mly \quad 1,4 \quad 53 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 56$$

$$Mtx \quad 1,4 \quad 38 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 37$$

$$Mty \quad 1,4 \quad 38 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 37$$

$$\text{Koefisien Mlx} = \frac{(((1,45-1,4) \times (56-53)) + ((1,5-1,4) \times 53))}{1,5-1,4}$$

$$= 54,49$$

$$\text{Koefisien Mly} = \frac{(((1,45-1,4) \times (56-53)) + ((1,5-1,4) \times 53))}{1,5-1,4}$$

$$= 54,49$$

$$\text{Koefisien Mtx} = \frac{(((1,45-1,4) \times (37-38)) + ((1,5-1,4) \times 38))}{1,5-1,4}$$

$$= 37,50$$

$$\text{Koefisien Mty} = \frac{(((1,45-1,4) \times (37-38)) + ((1,5-1,4) \times 38))}{1,5-1,4}$$

$$= 37,50$$

Momen terfaktor:

$$Mlx = 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= 0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 53,49$$

$$= 3,25 \text{ kNm}$$

$$Mly = 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= 0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 53,49$$

$$= 3,25 \text{ kNm}$$

$$Mtx = -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= -0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 37,5$$

$$= -2,24 \text{ kNm}$$

$$Mty = -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= -0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 37,5$$

$$= -2,24 \text{ kNm}$$

$$\text{Kapasitas rasio : } \frac{Mu}{\phi Mn} \leq 1$$

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Ket :

D10- 150

$$\text{Tebal pelat} = 125\text{mm}$$

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

$$Fc = 25\text{MPa}$$

$$Z_m = \frac{1000}{150} = 6,67 = 7 \text{ buah}$$

$$d = h - sb$$

$$= 12,5 - 2$$

$$= 10,5$$

$$a = \frac{As \times \pi \times fy}{0,85 \times fc \times b}$$

$$= \frac{0,85 \times 3,14 \times 10^2 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$= 1,034$$

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= Z_m \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \times 280 \left(10,5 - \frac{1,034}{2} \right)$$

$$= 7 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \times 280 \left(10,5 - \frac{1,034}{2} \right)$$

$$= 1537 \text{ Nmm} = 1,537 \text{ kNm}$$

$$Mlx = \frac{Mu}{\phi Mn} = \frac{3,25}{0,8 \times 1,537} = 2,644$$

$$2,644 \geq 1 \dots\dots \text{over capacity}$$

$$Mly = \frac{Mu}{\phi Mn} = \frac{3,25}{0,8 \times 1,537} = 2,644$$

$$2,644 \geq 1 \dots\dots \text{over capacity}$$

$$Mtx = \frac{Mu}{\phi Mn} = \frac{2,24}{0,8 \times 1,537} = 1,820$$

$$1,820 \geq 1 \dots\dots \text{over capacity}$$

$$Mty = \frac{Mu}{\phi Mn} = \frac{2,24}{0,8 \times 1,537} = 1,820$$

$$1,820 \geq 1 \dots\dots \text{over capacity}$$

Untuk elemen struktur pelat selanjutnya di hitung menggunakan uraian rumus yang sama maka, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.6 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Type Pelat	Lokasi	Tulangan	Mu	ϕ	Mn	Rasio Kapasitas	Ket
A	Lx	D10-125	3,25	0,8	1,537	2,644	over capacity
	Ly	D10-125	3,25	0,8	1,537	2,644	over capacity
	tx	D10-125	-2,24	0,8	1,537	1,82	over capacity
	ty	D10-125	-2,24	0,8	1,537	1,82	over capacity
B	Lx	D10-125	1,47	0,8	1,537	1,197	over capacity
	Ly	D10-125	1,47	0,8	1,537	1,197	over capacity
	tx	D10-125	-0,92	0,8	1,537	0,746	memenuhi
	ty	D10-125	-0,92	0,8	1,537	0,746	memenuhi

4.1.5 Cek Perilaku Struktur

1. Pemeriksaan Jumlah Ragam

Untuk mengontrol jumlah perbedaan SNI 1726:2019 menyatakan bahwa analisis harus mencakup jumlah perbedaan yang cukup untuk memperoleh kontribusi massa gabungan minimal 90% massa sebenarnya pada setiap arah horizontal yang dievaluasi oleh mode.

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.760044	0	0.85039	5.982E-06	0	0.85039	5.982E-06	0.09313
MODAL	Mode	2	0.645476	0.03776	0	0	0.03776	0.85039	5.982E-06	1.389E-20
MODAL	Mode	3	0.591484	0.80809	0	2.713E-19	0.84585	0.85039	5.982E-06	5.018E-19
MODAL	Mode	4	0.254374	3.409E-18	0.11467	1.118E-05	0.84585	0.96508	1.716E-05	0.30351
MODAL	Mode	5	0.215526	0.00062	3.256E-18	1.039E-16	0.84646999...	0.96506	1.716E-05	3.193E-16
MODAL	Mode	6	0.196749	0.11562	7.06E-18	3.187E-17	0.96209	0.96506	1.716E-05	2.687E-16
MODAL	Mode	7	0.166385	3.714E-16	3.829E-05	0.00193	0.96209	0.9651	0.00194	0.00025
MODAL	Mode	8	0.159062	4.485E-05	1.569E-17	4.837E-15	0.96213	0.9651	0.00194	3.303E-16
MODAL	Mode	9	0.154503	1.27E-17	0.03008	0.00645	0.96213	0.99517	0.00839	0.04497
MODAL	Mode	10	0.150291	3.701E-18	0.00421	0.06295	0.96213	0.99938	0.07134	0.00051
MODAL	Mode	11	0.143707	5.522E-17	4.292E-06	0.0004	0.96213	0.99938	0.07174	3.928E-05
MODAL	Mode	12	0.13833	1.295E-05	6.567E-18	1.719E-14	0.96215	0.99938	0.07174	2.007E-13

Gambar 4.14 Jumlah Partisipasi Massa Rations

(Sumber: SAP2000)

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa jumlah partisipasi massa pada 12 mode arah x dan arah y sebesar 90% atau 0,9 yang berarti sudah memenuhi syarat.

2. Pengecekan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat desain tidak boleh lebih besar dibandingkan simpangan antar tingkat izin, ini sudah diatur dalam SNI 1726:2019.

Tabel 4.7 Simpangan Lantai Arah X

Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
Atap	4000	14,7588	42,3202	100	OK
LT.2	4000	7,0642	38,8530	100	OK
Dasar	0	0	0	0	

Tabel 4.8 Simpangan Lantai Arah Y

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
Atap	4000	25,1143	76,2624	100	OK
LT.2	4000	11,2484	61,8664	100	OK
Dasar	0	0	0	0	

Untuk simpangan dilantai 1:

$$\Delta_x = \frac{\delta x C_d}{I} < \Delta_a$$

$$\Delta_a = \frac{0,025 \times 4000}{1}$$

$$\Delta_x = \frac{(14,7588 - 7,0642)}{1} \times 5,5 < \frac{0,025 \times 4000}{1}$$

$$\Delta_x = 42,3203 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \dots \dots \text{OK}$$

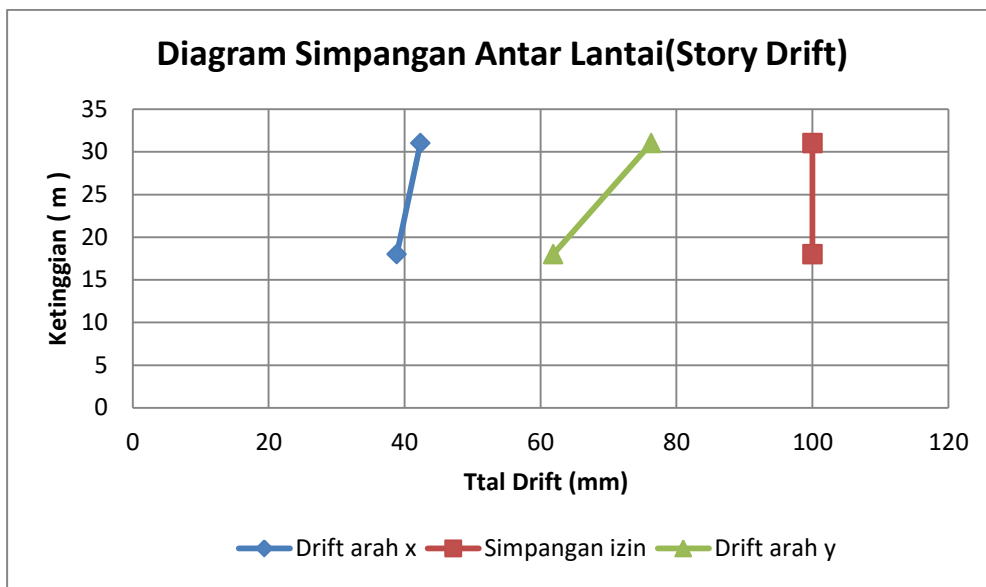
Untuk simpangan dilantai 2:

$$\Delta_x = \frac{\delta x C_d}{I} < \Delta_a$$

$$\Delta_a = \frac{0,025 \times 4000}{1}$$

$$\Delta_x = \frac{(25,1143 - 11,2484)}{1} \times 5,5 < \frac{0,025 \times 4000}{1}$$

$$\Delta_x = 76,26245 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \dots \dots \text{OK}$$



Gambar 4.15 Diagram Simpangan Antar Lantai Arah x dan y

4.2 Analisis Statik Nonlinear (pushover analysis)

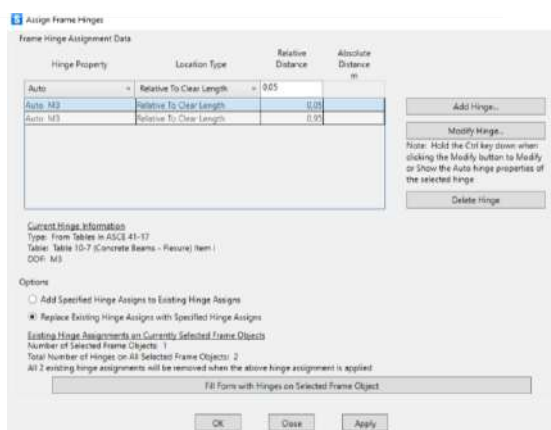
4.2.1 Membuat Nonlinear Case

Untuk menghitung deformasi yang terjadi pada puncak bangunan maka perlu dilakukannya metode dasar yaitu menentukan titik yang akan dipakai yaitu titik pada lantai 2 gedung.

4.2.2 Mendefinisikan Sendi Plastis

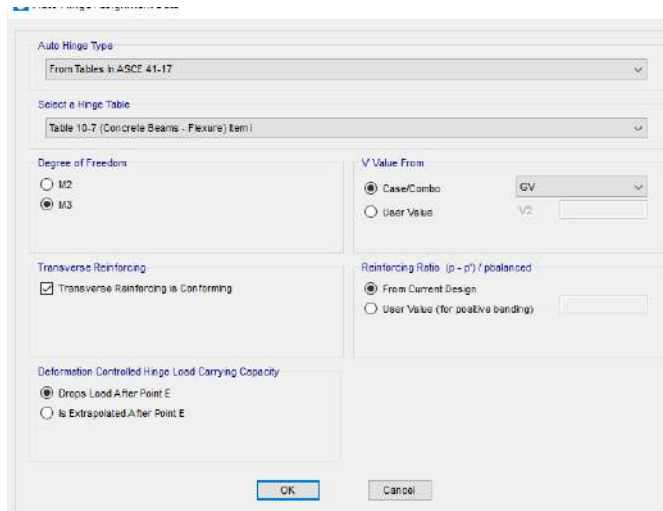
Plastic Hinge Properties adalah balok yang mengalami deformasi dan tidak mampu dalam menahan mmomen. Plastic Hinge Properties ini dihitung dengan SAP2000 secara otomatis.

1. Sendi Plastis Pada Balok



Gambar 4.16 Hinge Pada Balok

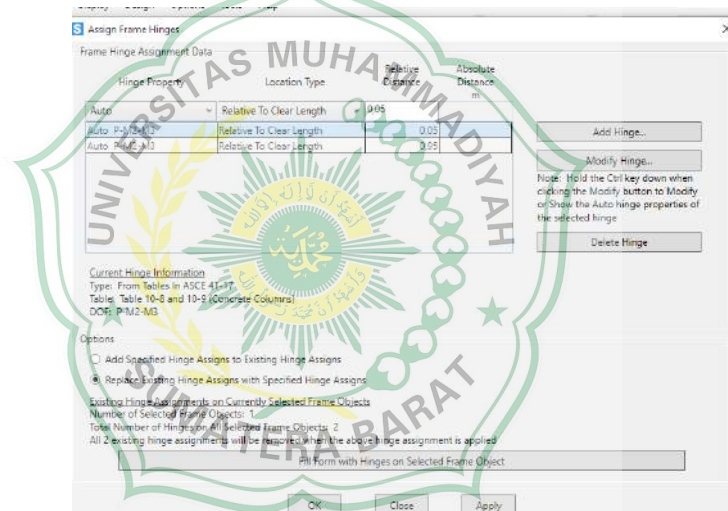
(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.17 Auto Hinges ASCE 41-17

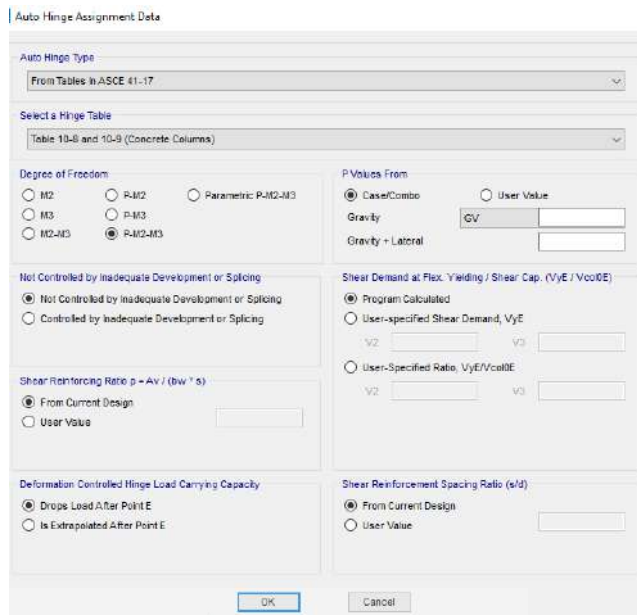
(Sumber: SAP2000)

2. Sendi Plastis Pada Kolom



Gambar 4.18 Hinge pada Kolom

(Sumber: SAP2000)



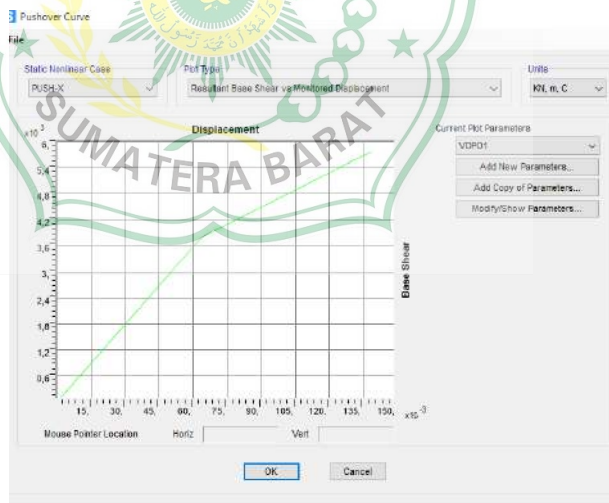
Gambar 4.19 Auto Hinges ASCE 41-17

(Sumber: SAP2000)

4.2.3 Running Program

Pada saat melakukan *running* pada SAP2000 case yang akan kita pakai yaitu gravitasi, push-x, push-y.

4.2.4 Kurva Kapasitas *Pushover*



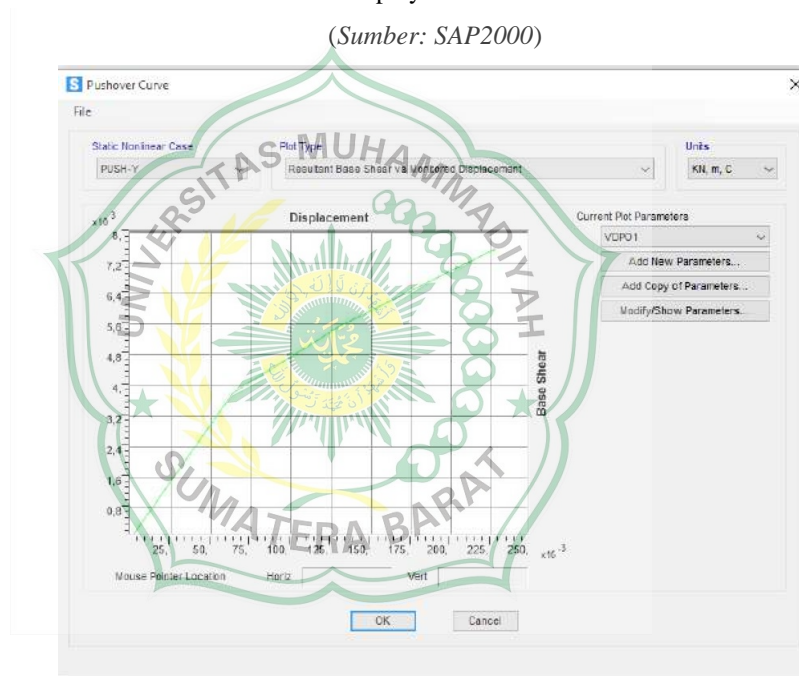
Gambar 4.20 Pushover Curve X

(Sumber: SAP2000)

LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce KN	AtoB Unitless	BtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless	BeyondE Unitless	AtoIO Unitless	IOtoLS Unitless
PUSH-X	0	1,05E-13	0	388	12	0	0	0	400	0
PUSH-X	1	63,714167	3798,055	259	141	0	0	0	400	0
PUSH-X	2	128,707615	5516,767	216	184	0	0	0	329	69
PUSH-X	3	128,851116	5505,285	213	187	0	0	0	327	71
PUSH-X	4	129,461112	5558,119	213	187	0	0	0	327	71
PUSH-X	5	130,574618	5577,146	211	189	0	0	0	326	72
PUSH-X	6	138,264532	5770,338	186	214	0	0	0	318	80

Gambar 4.21 Display Table Pushover Curve x

(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.22 Pushover Curve Y

(Sumber: SAP2000)

Pushover Capacity Curve

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Pushover Capacity Curve

filter:

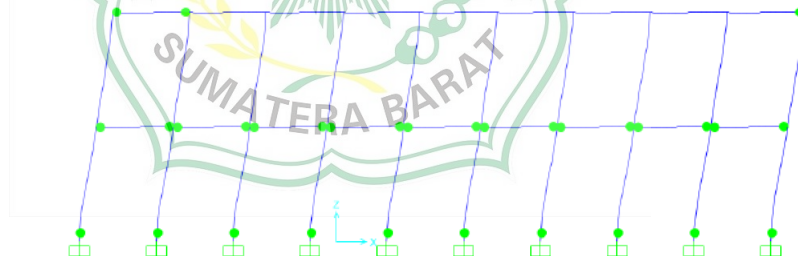
	LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce KN	AtoB Unitless	BtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless	BeyondE Unitless	AtoO Unitless	ItoLS Unitless
▶	PUSH-Y	0	1,05E-13	0	388	12	0	0	0	400	0
	PUSH-Y	1	63,714167	3798,055	259	141	0	0	0	400	0
	PUSH-Y	2	128,707615	5516,767	216	184	0	0	0	329	69
	PUSH-Y	3	129,148116	5519,607	213	187	0	0	0	327	71
	PUSH-Y	4	210,715159	7220,741	163	237	0	0	0	283	115
	PUSH-Y	5	211,148696	7222,405	163	237	0	0	0	282	116
	PUSH-Y	6	226,801358	7562,865	160	240	0	0	0	250	148
	PUSH-Y	7	226,220631	7508,963	160	240	0	0	0	250	148

Gambar 4.23 Display Table Pushover Curve y

(Sumber: SAP2000)

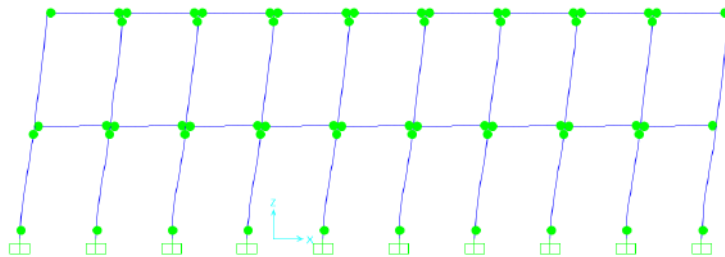
Setelah dilakukan *running pushover* pada SAP2000 maka diperoleh untuk arah x-x terdapat 6 Step dan pada arah y-y terdapat 7 step yang akan memberikan gaya dorong pada struktur sampai struktur mengalami keruntuhan.

Berikut gambar terjadinya sendi plastis pada elemen struktur untuk beban dorong arah x-x.



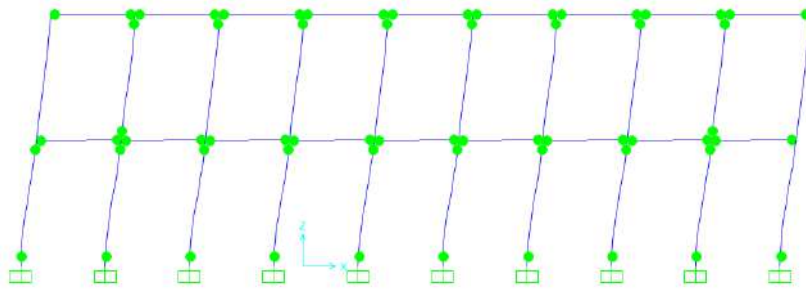
Gambar 4.24 Push x Step 1

(Sumber: SAP2000)



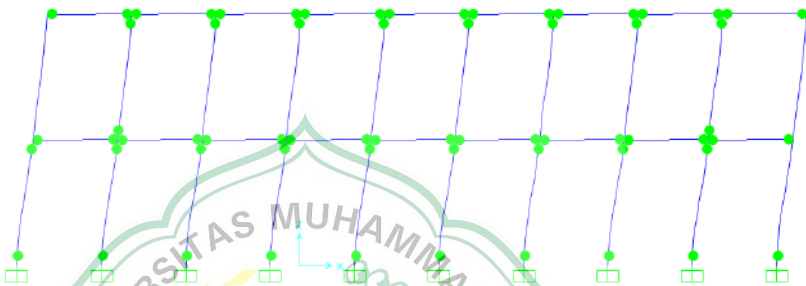
Gambar 4.25 Push x Step 2

(Sumber: SAP2000)



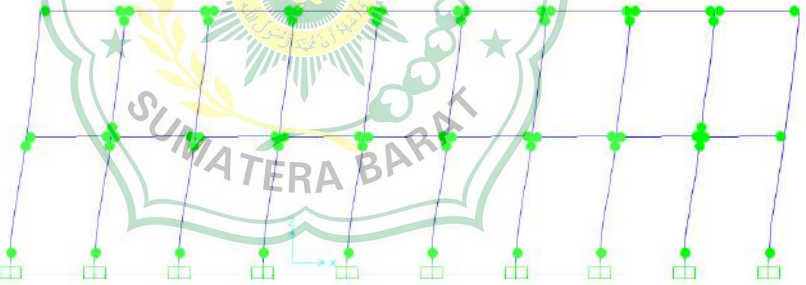
Gambar 4.26 Push x Step 3

(Sumber: SAP2000)



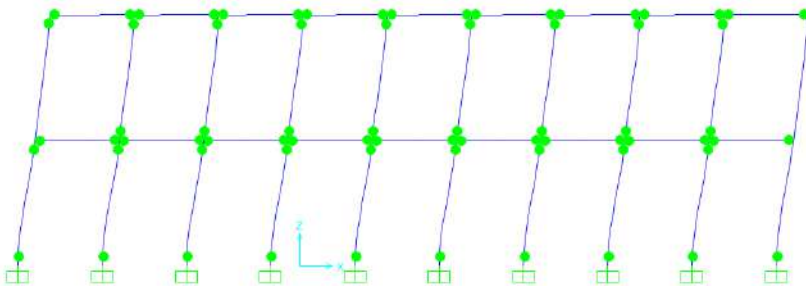
Gambar 4.27 Push x Step 4

(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.28 Push x Step 5

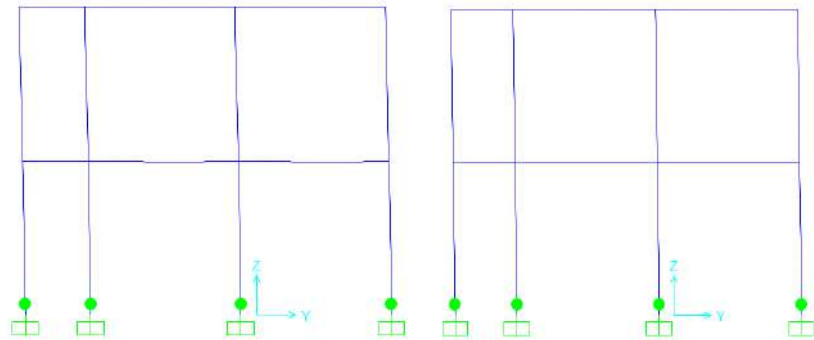
(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.29 Push x Step 6

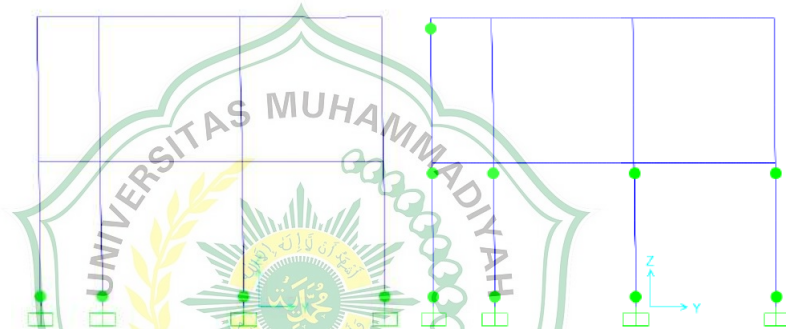
(Sumber: SAP2000)

Berikut gambar terjadinya sendi plastis pada elemen struktur untuk beban dorong arah y-y.



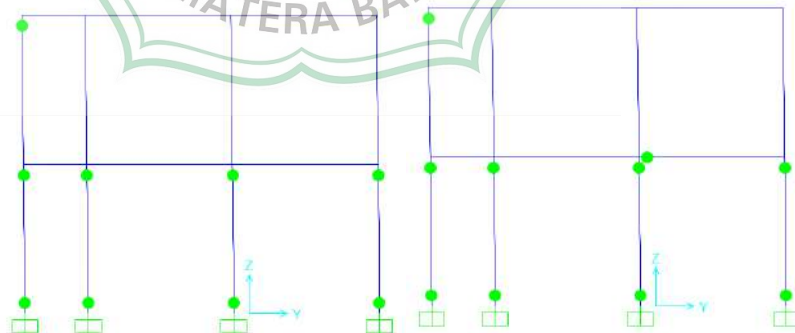
Gambar 4.30 Push y Step 1 dan 2

(Sumber: SAP2000)



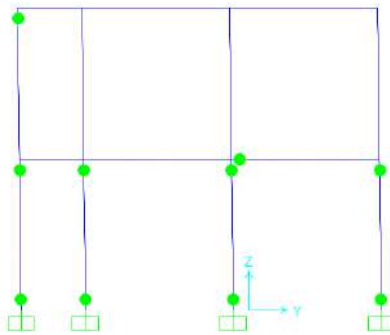
Gambar 4.31 Push y Step 3 dan 4

(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.32 Push y Step 5 dan 6

(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.33 Push y Step 7

(Sumber: SAP2000)

4.2.5 Level Kinerja Struktur

Untuk wilayah solok dengan tanah sedang diketahui:

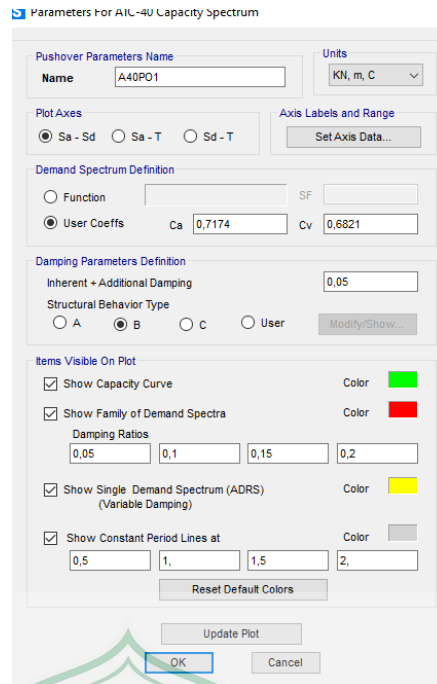
Parameter respon percepatan pada periode 0,2 dt $S_{ms} = 1,79359$.

Parameter respon percepatan pada periode 1,0 dt $S_{m1} = 0,6821$

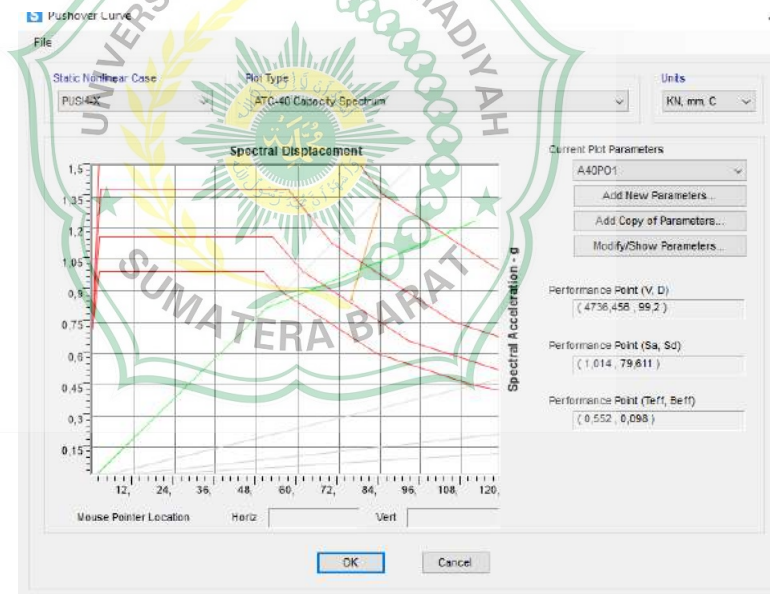
Hitung nilai C_A dan C_V berdasarkan ATc-40 :

$$\begin{aligned}
 C_A &= 0,4 \times S_{ms} \\
 &= 0,4 \times 1,79359 \\
 &= 0,717436
 \end{aligned}$$

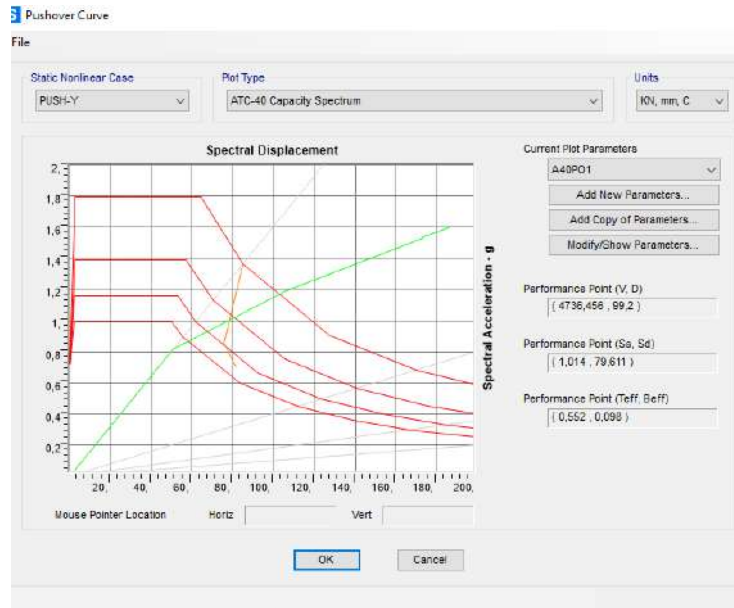
$$\begin{aligned}
 C_V &= S_{m1} \\
 &= 0,6821
 \end{aligned}$$



Gambar 4.34 Parameter Kapasitas Spectra ATC-40
(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.35 Spektrum Kapasitas Arah x
(Sumber: SAP2000)



Gambar 4.36 Spektrum Kapasitas Arah y

(Sumber: SAP2000)

Dalam menentukan tingkat kinerja parameter diperlukan nilai perpindahan atap saat *performance point* dan nilai perpindahan atap saat *first yield* (beban dorong ke 1) dengan tinggi total bangunan 8 meter. Dikarenakan tidak adanya perpotongan kurva *pushover demand* y-y dengan kurva kapasitas *spectrum* y-y maka hasil *output* dari *displacement* pada kurva *spectrum* kapasitas y-y tidak muncul simpangan totalnya.

1. Simpangan total max

$$\text{Arah x-x} = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{99,2}{8000} = 0,0124 = (\text{Damage control})$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{99,2}{8000} = 0,0124 = (\text{Damage control})$$

2. Simpangan inelastic max

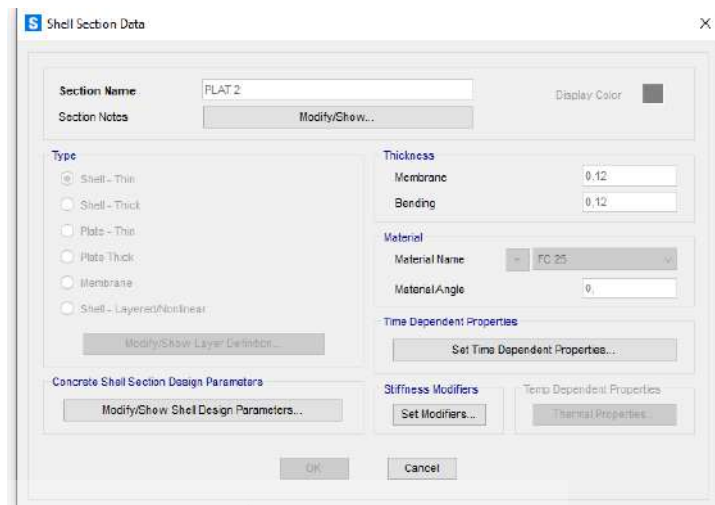
$$\text{Arah x-x} = \frac{D_t - D_1}{H_{total}} = \frac{99,2 - 0,063714}{8000} = 0,012 = (\text{Damage control})$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{D_t - D_1}{H_{total}} = \frac{99,2 - 0,063714}{8000} = 0,012 = (\text{Damage control})$$

Berdasarkan ATC-40 struktur termasuk dalam kategori *damage control* (DO) yang berarti transisi antara *immediate occupancy* (IO) dan *life safety* bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dan resiko korban jiwa manusia kecil sehingga dapat dilakukan penambahan 1 lantai pada gedung SDN 14 Laing Kota Solok.

4.3 Perencanaan Penambahan Lantai 3 dan *Roftoop*

4.3.1 Pelat



Gambar 4.37 Input Tulangan Pelat Lantai 3

(Sumber: SAP2000)

$$b = 2690 \text{ mm}$$

$$h = 3900 \text{ mm}$$

$$f_y = 280 \text{ MPa}$$

$$B1 = 200 \text{ mm (b)}$$

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

$$B2 = 300 \text{ mm (b)}$$

$$= 500 \text{ mm (h)}$$

Mencari I_{nx} dan I_{ny}

$$I_{nx} = I_x - \frac{200}{2} - \frac{200}{2}$$

$$= 2690 - \frac{200}{2} - \frac{200}{2}$$

$$= 2490 \text{ mm}$$

$$I_{ny} = I_y - \frac{300}{2} - \frac{300}{2}$$

$$= 3900 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2}$$

$$= 3600 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{I_{nx}}{I_{ny}} = \frac{3600}{2490}$$

$$= 1,45$$

Nilai $\beta < 2$ maka pelat A termasuk ke dalam pelat 2 arah

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{In}{360} \\
 &= \frac{3600}{36} \\
 &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$h_{\min} - 10 \% < h_{\min} < h_{\min} + 10 \%$$

$$h_{\min} - 10 \% = 100 - \frac{10}{100} \times 100 = 90 \text{ mm}$$

$$h_{\min} + 10 \% = 100 + \frac{10}{100} \times 100 = 110 \text{ mm}$$

Momen inersia balok :

$$\begin{aligned}
 I_{B1} &= \frac{1}{12} bh^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 200 \times 400^3 \\
 &= 1.066.666.667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{B2} &= \frac{1}{12} bh^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 \\
 &= 3.125.000.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{B2} &= \frac{2 I_{B1} + 2 I_{B2}}{4} \\
 &= \frac{2 (1.066.666.667) + 2 (3.125.000.0)}{4} \\
 &= 2.095.833.333,3 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Momen inersia pelat :

$$\begin{aligned}
 I_{px} &= \frac{1}{12} I_{px} (h_{\min})^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 2490 \times 110^3 \\
 &= 276.182.500 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{py} &= \frac{1}{12} I_{py} (h_{\min})^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 3600 \times 110^3 \\
 &= 399.300.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{2 I_{px} + 2 I_{py}}{4} \\
 &= \frac{2 (276.182.500) + 2 (399.300.000)}{4} \\
 &= 337.741.250 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$a_{fm} = \frac{I_B}{I_P} \times \frac{E_B}{E_P}$$

Minsalkan $E_b = E_p = 20.000 \text{ MPa}$ maka:

$$\begin{aligned} a_{fm} &= \frac{I_B}{I_P} \\ &= \frac{2.095.833.333,3}{337.741.250} \\ &= 6,205 \end{aligned}$$

Karena $a_{fm} > 2$ maka:

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{I}{36 + 9\beta \times a_{fm}} \\ &= \frac{3600 \times 0,8 + \left(\frac{280}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1,45) \times 6,205} \\ &= 30,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban Pelat :

$$\text{Beban hidup ruang kelas} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban mati} = 4,31 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (4,31) + 1,6 (1,92) \\ &= 8,244 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$L_x = 2690 \text{ mm}$$

$$L_y = 3900 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{L_y}{L_x} = \frac{2690}{3900} \\ &= 1,45 \end{aligned}$$

Karena nilai $\beta = 1,45$ maka didapatkan nilai koefisien berdasarkan tabel PB1 71(Momen pelat persegi akibat beban merata)

$$M_{lx} \quad 1,4 \quad 53 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 56$$

$$M_{ly} \quad 1,4 \quad 53 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 56$$

$$M_{tx} \quad 1,4 \quad 38 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 37$$

$$M_{ty} \quad 1,4 \quad 38 \quad 1,45 \quad 1,5 \quad 37$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien } M_{lx} &= \frac{(((1,45-1,4) \times (56-53)) + ((1,5-1,4) \times 53))}{1,5-1,4} \\ &= 54,49 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien Mly} = \frac{(((1,45-1,4) \times (56-53)) + ((1,5-1,4) \times 53))}{1,5-1,4}$$

$$= 54,49$$

$$\text{Koefisien Mtx} = \frac{(((1,45-1,4) \times (37-38)) + ((1,5-1,4) \times 38))}{1,5-1,4}$$

$$= 37,50$$

$$\text{Koefisien Mty} = \frac{(((1,45-1,4) \times (37-38)) + ((1,5-1,4) \times 38))}{1,5-1,4}$$

$$= 37,50$$

Momen terfaktor:

$$Mlx = 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= 0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 53,49$$

$$= 3,25 \text{ kNm}$$

$$Mly = 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= 0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 53,49$$

$$= 3,25 \text{ kNm}$$

$$Mtx = -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= -0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 37,5$$

$$= -2,24 \text{ kNm}$$

$$Mty = -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$$

$$= -0,001 \times 8,244 \times 2,69^2 \times 37,5$$

$$= -2,24 \text{ kNm}$$

Asumsi :

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

Selimut beton = 20 mm

h (tebal pelat) = 120 mm

$$d \text{ (tinggi efektif pelat) } = h - sb - \frac{D}{2}$$

$$= 120 - 20 - \frac{10}{2}$$

$$= 95 \text{ mm}$$

Pembesian Pelat :

1) Tulangan lapangan arah x

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3,251}{0,8} = 4,064 \text{ kNm}$$

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan asumsi } \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9d = 0,9 \times 95 = 85,5 \text{ mm}$$

Maka As:

$$\begin{aligned} As &= \frac{Mn}{fy \times 0,9 \times d} \\ &= \frac{4,064 \times 10^6}{280 \times 85,5} \\ &= 169,739 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} \\ &= \frac{169,739 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 2,237 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} As &= \frac{Mn}{fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)} \\ &= \frac{4,064 \times 10^6}{280 \times \left(95 - \frac{2,237}{2}\right)} \\ &= 154,584 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Apabila digunakan tulangan D10, maka luas 1 buah tulangan:

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 78,50 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah tulangan dalam 1m lebar pelat adalah :

$$\sum tul = \frac{As}{A1} = \frac{154,58}{78,50} = 1,969 \text{ buah}$$

Jadi jarak antar tulangan adalah:

$$S = \frac{1000}{1,969} = 507,813 \text{ mm}$$

Maka dipakai D10-150mm

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{150} = 6,67 \text{ buah, maka:}$$

$$\begin{aligned} \text{As aktual} &= 6,67 \times 78,50 \\ &= 523,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek daktilitas:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{280} = 0,0050$$

$$\rho = \frac{As \text{ aktual}}{b \times h} = \frac{523,33}{1000 \times 120}$$

$$= 0,0044$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka yang digunakan = 0,0050

$$0,0050 = \frac{As}{b \times h}$$

$$As = 0,0050 \times 1000 \times 120$$

$$= 600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka jumlah tulangan} = \frac{600}{78,50} = 7,643 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{7,643} = 130,83 \text{ mm}$$

Maka jarak tulangan yang digunakan D10-130

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{130} = 7,692 \text{ buah}$$

$$\text{As aktual} = 7,692 \times 78,50$$

$$= 603,85 \text{ mm}^2$$

2) Tulangan lapangan arah y

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3,251}{0,8} = 4,064 \text{ kNm}$$

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan asumsi } \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9d = 0,9 \times 95 = 85,5 \text{ mm}$$

Maka As:

$$As = \frac{Mn}{fy \times 0,9 \times d}$$

$$= \frac{4,064 \times 10^6}{280 \times 85,5}$$

$$= 169,739 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$$

$$= \frac{169,739 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$= 2,237$$

Jadi :

$$As = \frac{Mn}{fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$= \frac{4,064 \times 10^6}{280 \times \left(95 - \frac{2,237}{2}\right)}$$

$$= 154,584 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan D10, maka luas 1 buah tulangan:

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{1}{4} \pi \times d \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10 \\ &= 78,50 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah tulangan dalam 1m lebar pelat adalah :

$$\sum tul = \frac{As}{A1} = \frac{154,58}{78,50} = 1,969 \text{ buah}$$

Jadi jarak antar tulangan adalah:

$$S = \frac{1000}{1,969} = 507,813 \text{ mm}$$

Maka dipakai D10-150mm

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{150} = 6,67 \text{ buah, maka:}$$

$$\begin{aligned} \text{As aktual} &= 6,67 \times 78,50 \\ &= 523,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek daktilitas:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,0050 \\ \rho &= \frac{As \text{ aktual}}{b \times h} = \frac{523,33}{1000 \times 120} \\ &= 0,0044 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka yang digunakan = 0,0050

$$\begin{aligned} 0,0050 &= \frac{As}{b \times h} \\ As &= 0,0050 \times 1000 \times 120 \\ &= 600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka jumlah tulangan} = \frac{600}{78,50} = 7,643 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{7,643} = 130,83 \text{ mm}$$

Maka jarak tulangan yang digunakan D10-130

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{130} = 7,692 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{As aktual} &= 7,692 \times 78,50 \\ &= 603,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3) Tulangan tumpuan arah x

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,237}{0,8} = 2,796 \text{ kNm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan asumsi } \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9d = 0,9 \times 95 = 85,5 \text{ mm}$$

Maka A_s :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_n}{f_y \times 0,9 \times d} \\ &= \frac{2,796 \times 10^6}{280 \times 85,5} \\ &= 116,810 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ &= \frac{116,810 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 1,539 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_n}{f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)} \\ &= \frac{2,796 \times 10^6}{280 \times \left(95 - \frac{1,539}{2}\right)} \\ &= 105,132 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Apabila digunakan tulangan D10, maka luas 1 buah tulangan:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 78,50 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah tulangan dalam 1m lebar pelat adalah :

$$\sum tul = \frac{A_s}{A_1} = \frac{105,13}{78,50} = 1,339 \text{ buah}$$

Jadi jarak antar tulangan adalah:

$$S = \frac{1000}{1,339} = 746,678 \text{ mm}$$

Maka dipakai D10-150mm

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{150} = 6,67 = 7 \text{ buah, maka:}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ aktual} &= 7 \times 78,50 \\ &= 549,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek daktilitas:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,0050$$

$$\rho = \frac{As_{aktual}}{b \times h} = \frac{549,500}{1000 \times 120} = 0,0046$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka yang digunakan = 0,0050

$$0,0050 = \frac{As}{b \times h}$$

$$As = 0,0050 \times 1000 \times 120 = 600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka jumlah tulangan} = \frac{600}{78,50} = 7,643 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{7,643} = 130,83 \text{ mm}$$

Maka jarak tulangan yang digunakan D10-130

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{130} = 7,692 \text{ buah}$$

$$As_{aktual} = 7,692 \times 78,50 = 603,85 \text{ mm}^2$$

4) Tulangan tumpuan arah y

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2,237}{0,8} = 2,796 \text{ kNm}$$

$$Mn = As \times f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan asumsi } \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9d = 0,9 \times 95 = 85,5 \text{ mm}$$

Maka As:

$$As = \frac{Mn}{f_y \times 0,9 \times d} = \frac{2,796 \times 10^6}{280 \times 85,5} = 116,810 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{116,810 \times 280}{0,85 \times 25 \times 1000} = 1,539$$

Jadi :

$$As = \frac{Mn}{f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{2,796 \times 10^6}{280 \times \left(95 - \frac{1,539}{2}\right)}$$

$$= 105,132 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan D10, maka luas 1 buah tulangan:

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{1\pi}{4} \times d \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10 \\ &= 78,50 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah tulangan dalam 1m lebar pelat adalah :

$$\sum tul = \frac{As}{A1} = \frac{105,13}{78,50} = 1,339 \text{ buah}$$

Jadi jarak antar tulangan adalah:

$$S = \frac{1000}{1,339} = 746,678 \text{ mm}$$

Maka dipakai D10-150mm

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{150} = 6,67 = 7 \text{ buah, maka:}$$

$$\begin{aligned} \text{As aktual} &= 7 \times 78,50 \\ &= 549,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek daktilitas:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,0050 \\ \rho &= \frac{As \text{ aktual}}{b \times h} = \frac{549,500}{1000 \times 120} \\ &= 0,0046 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka yang digunakan = 0,0050

$$0,0050 = \frac{As}{b \times h}$$

$$\begin{aligned} As &= 0,0050 \times 1000 \times 120 \\ &= 600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka jumlah tulangan} = \frac{600}{78,50} = 7,643 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{7,643} = 130,83 \text{ mm}$$

Maka jarak tulangan yang digunakan D10-130

$$\text{Jumlah aktual} = \frac{1000}{130} = 7,692 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{As aktual} &= 7,692 \times 78,50 \\ &= 603,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

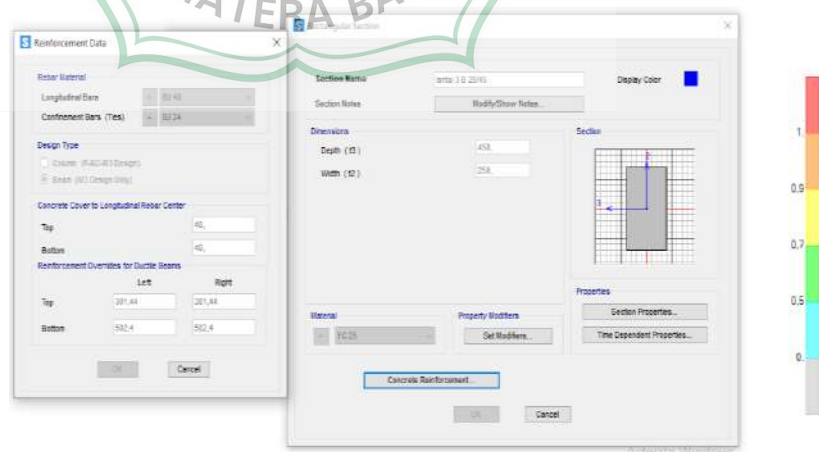
Untuk elemen struktur pelat selanjutnya di hitung menggunakan uraian rumus yang sama maka, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.9 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Type Pelat	Lokasi	Koefisien	Mu	As	Tulangan
A3	Lx	54,49	3,25	158,584	D10-125
	Ly	54,49	3,25	158,584	D10-125
	tx	37,5	-2,24	105,132	D10-125
	ty	37,5	-2,24	105,132	D10-125
B3	Lx	57,87	1,47	67,244	D10-125
	Ly	57,87	1,47	67,244	D10-125
	tx	36,07	-0,92	44,096	D10-125
	ty	36,07	-0,92	44,096	D10-125
A atap	Lx	54,98	0,822	49,172	D10-150
	Ly	54,98	0,822	49,172	D10-150
	tx	37,34	-0,56	33,24	D10-150
	ty	37,34	-0,56	33,24	D10-100
B atap	Lx	58,03	0,314	18,745	D10-150
	Ly	58,03	0,314	18,745	D10-100
	tx	36	-0,2	11,629	D10-150
	ty	36	-0,2	11,629	D10-100

4.3.2 Balok

1. Balok 25 x 45



Gambar 4.38 Input Tulangan Balok 25 x 45

(Sumber: SAP2000)

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

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

$$\begin{aligned} S_b &= 25 \text{ mm} \\ F_c &= 25 \text{ MPa} \\ F_y &= 400 \text{ MPa} \\ \text{Mu Lapangan} &= 53908600 \text{ Nmm} \\ \text{Mu Tumpuan} &= 121964200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Be} &= \frac{L}{4} = \frac{8070}{4} = 2017,5 \text{ mm} & \text{Ln} &= L - B_w \\ \text{Be} &= B_w + 16 t & &= 8070 - 250 \\ &= 250 + 16 (100) & &= 7820 \text{ mm} \\ &= 1850 \text{ mm} \\ \text{Be} &= B_w + \text{Ln} \\ &= 300 + 7820 \\ &= 8070 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI I-15-1991-03 pasal 3.1.10 ditetapkan bahwa lebar ekuivalen (Be) diambil berdasarkan nilai terkecil yaitu : 1850 mm

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} L &= 8,07 \text{ m} \\ T_b &= 10 \text{ cm} \\ b &= 250 \text{ mm} \\ h &= 450 \text{ mm} \\ F_c &= 25 \text{ MPa} \\ F_y &= 400 \text{ MPa} \\ \text{Mu} &= 53908600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Be} &= 1850 \text{ mm} \\ B_w &= 250 \text{ mm} \\ S_b &= 25 \text{ mm} \\ D_{\text{tul geser}} &= 10 \text{ mm} \\ D_{\text{tul utama}} &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - s_b - \left(\frac{1}{2} D_{\text{tul utama}} \right) - D_{\text{tul geser}} \\ &= 450 - 25 - \frac{16}{2} - 10 \\ &= 407 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d' = s_b + D_{\text{tul geser}} + \left(\frac{D_{\text{tul geser}}}{2} \right)$$

$$= 25 + 10 + \left(\frac{16}{2}\right)$$

$$= 43 \text{ mm}$$

$$t = 100 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ perlu} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{53908600}{0,8} = 67385750 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ ada} &= 0,85 \times f_c \times b_e \times t \left(d - \frac{t}{2}\right) \\ &= 0,85 \times 25 \times 1850 \times 100 \left(407 - \frac{100}{2}\right) \\ &= 1403456250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Mn perlu < Mn ada di hitung sebagai balok biasa

$$\begin{aligned} a \text{ aktual} &= d - \sqrt{d^2 - \frac{2 Mu}{0,85 \times 25 \times 0,8 \times 1850}} \\ &= 407 - \sqrt{407^2 - \frac{2 \times 53908600}{0,85 \times 25 \times 0,8 \times 1850}} \\ &= 4,233 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \times f_c \times B_e \times a \text{ aktual}}{B_w \times d \times f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 1850 \times 4,233}{250 \times 407 \times 400} \\ &= 0,0040 \end{aligned}$$

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

Karena $\rho_{min} < \rho$ maka yang digunakan ρ

$$\begin{aligned} As &= \rho \times B_w \times d \\ &= 0,0040 \times 250 \times 407 \\ &= 416,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan yang di pakai :

$$\begin{aligned} 3D - 16 &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \times 3 \\ &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2\right) \times 3 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dikarenakan $602,88 \text{ mm} > 416,1 \text{ mm}$ maka tulangan 3D-16 aman digunakan.

b. Tulangan Tumpuan

$$L = 8,07 \text{ m}$$

$$Tb = 10 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
b &= 250 \text{ mm} \\
h &= 450 \text{ mm} \\
F_c &= 25 \text{ MPa} \\
F_y &= 400 \text{ MPa} \\
M_u &= 121964200 \text{ Nmm} \\
B_e &= 1850 \text{ mm} \\
B_w &= 250 \text{ mm} \\
S_b &= 25 \text{ mm} \\
D_{\text{tul geser}} &= 10 \text{ mm} \\
D_{\text{tul utama}} &= 16 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d &= h - s_b - \left(\frac{1}{2} D_{\text{tul utama}} \right) - D_{\text{tul geser}} \\
&= 450 - 25 - \frac{16}{2} - 10 \\
&= 407 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d' &= s_b + D_{\text{tul geser}} + \left(\frac{D_{\text{tul geser}}}{2} \right) \\
&= 25 + 10 + \left(\frac{16}{2} \right) \\
&= 43 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$t = 100 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{121964200}{0,8} = 152455250 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
M_n \text{ ada} &= 0,85 \times f_c \times b_e \times t \left(d - \frac{t}{2} \right) \\
&= 0,85 \times 25 \times 1850 \times 100 \left(407 - \frac{100}{2} \right) \\
&= 1403456250 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$M_n \text{ perlu} < M_n \text{ ada}$ di hitung sebagai balok biasa

$$\begin{aligned}
a \text{ aktual} &= d - \sqrt{d^2 - \frac{2 M_u}{0,85 \times 25 \times 0,8 \times 1850}} \\
&= 407 - \sqrt{407^2 - \frac{2 \times 121964200}{0,85 \times 25 \times 0,8 \times 1850}} \\
&= 9,642
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{0,85 \times f_c \times B_e \times a \text{ aktual}}{B_w \times d \times f_y} \\
&= \frac{0,85 \times 25 \times 1850 \times 9,642}{250 \times 407 \times 400} \\
&= 0,0093
\end{aligned}$$

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

Karena $\rho_{min} < \rho$ maka yang digunakan ρ

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times B_w \times d \\ &= 0,0093 \times 250 \times 407 \\ &= 947,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan yang di pakai :

$$\begin{aligned} 5D - 16 &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \times 5 \\ &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2\right) \times 5 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dikarenakan $1004,8 \text{ mm} > 947,4 \text{ mm}$ maka tulangan 5D-16 aman digunakan.

c. Tulangan Geser

1) Tumpuan

$$F_c = 25 \text{ MPa}$$

$$V_u = 76,103 \text{ kN}$$

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

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

$$D_{tul \text{ geser}} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak} = 100 \text{ mm}$$

$$d = h - s_b - \left(\frac{1}{2} D_{tul \text{ utama}}\right) - D_{tul \text{ geser}}$$

$$= 400 - 25 - \frac{16}{2} - 10$$

$$= 357 \text{ mm}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{f_c}{6}} \times B_w \times d$$

$$= \sqrt{\frac{25}{6}} \times 250 \times 357$$

$$= 74226,1 \text{ N} = 74,2261 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 157,00 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times D}{s}$$

$$= \frac{157,00 \times 240 \times 357}{100}$$

$$= 134517,6 \text{ N} = 134,5176 \text{ Kn}$$

$$= \phi \times V_c + V_s$$

$$= 0,8 \times 74,226 + 134,518$$

$$= 156,5578 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$156,5578 > 76,103 \dots \text{ Aman}$$

2) Lapangan

$$F_c = 25 \text{ MPa}$$

$$V_u = 38,182 \text{ kN}$$

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

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

$$D_{tul \text{ geser}} = 10 \text{ mm}$$

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

$$d = h - s_b - \left(\frac{1}{2} D_{tul \text{ utama}}\right) - D_{tul \text{ geser}}$$

$$= 400 - 25 - \frac{16}{2} - 10$$

$$= 357 \text{ mm}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{f_c}{6}} \times B_w \times d$$

$$= \sqrt{\frac{25}{6}} \times 250 \times 357$$

$$= 74226,1 \text{ N} = 74,2261 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 157,00 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times D}{s}$$

$$= \frac{157,00 \times 240 \times 357}{150}$$

$$= 89678,4 \text{ N} = 89,6784 \text{ Kn}$$

$$= \phi \times V_c + V_s$$

$$= 0,8 \times 74,226 + 89,678$$

$$= 122,9284 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$122,9284 > 38,182 \dots \text{Aman}$$

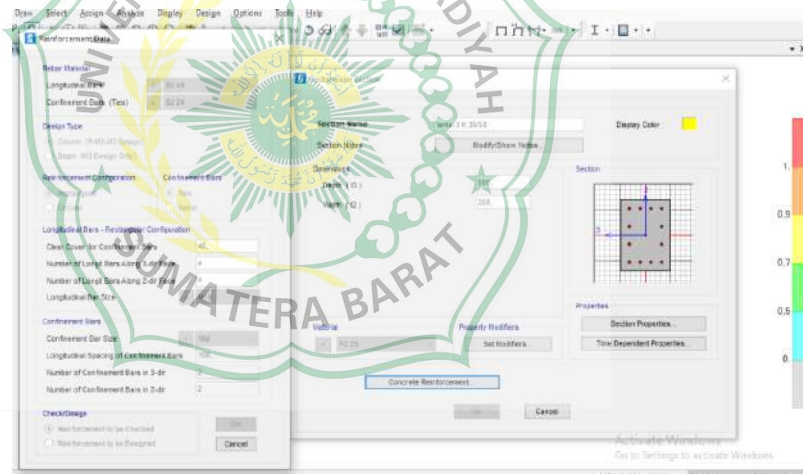
Untuk elemen struktur balok selanjutnya di hitung menggunakan uraian rumus yang sama maka, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.10 Rekapitulasi Penulangan Balok

Elemen	Lokasi	Tumpuan	Lapangan	Tulangan Geser
B 25 x 45	Atas	5D16	3D16	D10-100
	Bawah	3D16	5D16	D10-150
B 25 x 35	Atas	3D16	3D16	D10-100
	Bawah	3D16	3D16	D10-150
B 20 x 30	Atas	4D16	3D16	D10-100
	Bawah	3D16	4D16	D10-150

4.3.3 Kolom

1. Kolom 35 x 50



Gambar 4.39 Input Tulangan Kolom 35 x 50

(Sumber: SAP2000)

a. Tulangan Utama

$$P_u = 6,703 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = 65,4547 \text{ kN/m}$$

$$M_3 = 104,8 \text{ kN/m}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

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

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

$$D = 19 \text{ mm}$$

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

$$F_c = 25 \text{ MPa}$$

Hitung :

$$P_n \text{ Perlu} = \frac{Pu}{\phi} = \frac{6,703}{0,65} = 10,312 \text{ kN/m}$$

$$M_n \text{ Perlu} = \frac{Mc}{\phi} = \frac{104,8}{0,65} = 161,231 \text{ kN/m}$$

Eksentrisitas :

$$e = \frac{M_n \text{ perlu}}{P_n \text{ perlu}} = \frac{161,231}{10,312} = 15,635 = 15635$$

$$e_{\min} = 15 + 0,05 \times h$$

$$= 15 + 0,05 \times 500$$

$$= 40 \text{ mm}$$

Syarat :

$$e_{\min} < e$$

$$40 < 15635 \dots \text{OK}$$

Hitung nilai :

$$\frac{d'}{h} = \frac{sb + \frac{d}{2} + sk}{h}$$

$$= \frac{40 + \frac{19}{2} + 10}{500}$$

$$= 0,119$$

Sumbu vertikal :

$$= \frac{Pu}{\phi \times A_g \times 0,85 \times f_c}$$

$$= \frac{6703}{0,65 \times 500 \times 350 \times 0,85 \times 25}$$

$$= 0,00277$$

Sumbu horizontal :

$$= \frac{Pu}{\phi \times A_g \times 0,85 \times f_c} \times \frac{e}{h}$$

$$= 0,00277 \times \frac{15635}{500}$$

$$= 0,086$$

Dari diagram interaksi kolom diperoleh :

$$\beta = 1$$

$$r = 0,0065$$

Maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 1 \times 0,0065$$

$$= 0,0065$$

Hitung luas tulangan :

$$A_{st} = \rho \times A_g$$

$$= 0,0065 \times 500 \times 350$$

$$= 1137,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang di pakai :

$$12D - 19 = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \times 12$$

$$= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2\right) \times 12$$

$$= 2148,849 \text{ mm}^2$$

Dikarenakan $2148,849 \text{ mm}^2 > 1137,5 \text{ mm}^2$ maka tulangan 12D-19 aman digunakan.

b. Tulangan Geser

1) Arah Tumpuan

$$h = 500 \text{ mm}$$

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

$$P_u = 6,703 \text{ kN}$$

$$V_u = 46,909 \text{ kN}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

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

$$N = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak (S)} = 100 \text{ mm}$$

$$d' = sb + \phi_{senggang} + \frac{\phi}{2}$$

$$= 40 + 10 + \frac{19}{2}$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

$$D = h - d'$$

$$= 500 - 59,5$$

$$= 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{Pu}{14 + Ag}\right) \times \sqrt{\frac{f_c}{6}} \times B \times D$$

$$= \left(1 + \frac{6,703}{14 \times 500 \times 350}\right) \times \sqrt{\frac{25}{6}} \times 500 \times 440,5$$

$$= 183,17 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times N^2$$

$$= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{A_v \times f_y \times V_c}{S}$$

$$= \frac{157 \times 240 \times 183,17}{100}$$

$$= 690,20 \text{ kN}$$

$$\phi \times V_c + A_s$$

$$= 0,8 \times 183,17 + 690,20$$

$$= 655,03 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$655,03 \text{ kN} > 46,909 \text{ kN} \dots \text{ Aman}$$

2) Arah Lapangan

$$h = 500 \text{ mm}$$

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

$$P_u = 6,703 \text{ kN}$$

$$V_u = 23,455 \text{ kN}$$

$$F_c = 25 \text{ MPa}$$

$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$N = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak (S)} = 150 \text{ mm}$$

$$d' = s_b + \phi_{senggang} + \frac{\phi}{2}$$

$$= 40 + 10 + \frac{19}{2}$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

$$D = h - d'$$

$$= 500 - 59,5$$

$$= 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{Pu}{14 + Ag}\right) \times \sqrt{\frac{f_c}{6}} \times B \times D$$

$$= \left(1 + \frac{6,703}{14 \times 500 \times 350}\right) \times \sqrt{\frac{25}{6}} \times 500 \times 440,5$$

$$= 183,17 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times N^2$$

$$= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{A_v \times f_y \times V_c}{s}$$

$$= \frac{157 \times 240 \times 183,17}{150}$$

$$= 460,13 \text{ kN}$$

$$\phi \times V_c + A_s$$

$$= 0,8 \times 183,17 + 460,13$$

$$= 482,48 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$482,48 \text{ kN} > 23,455 \text{ kN} \dots \text{Aman}$$

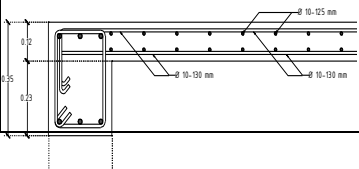
Untuk elemen struktur kolom selanjutnya di hitung menggunakan uraian rumus yang sama maka, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.11 Rekapitulasi Penulangan Kolom

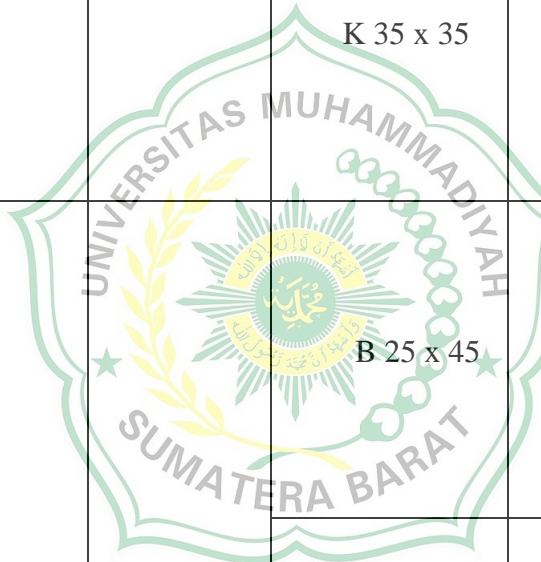
Elemen	Tulangan Utama	Tulangan Geser
K 35 x 50	12D19	D10-100
		D10-150
K 35 x 35	8D19	D10-100
		D10-150

4.3.4 Rekap Dimensi Elemen Struktur

Tabel 4.12 Rekapitulasi Elemen Struktur

No	Elemen	Dimensi	Gambar
1	Pelat	Pelat A	

2	Kolom	K 35 x 50	
		K 35 x 35	
		B 25 x 45	
3	Balok	B 25 x 35	
		B 20 x 30	





BAB V

KESIMPULAN

1. Kapasitas Eksisting

a. Kolom

Setelah dilakukannya evaluasi lalu hasil evaluasi dimasukkan kedalam diagram interaksi yang ternyata hasil perhitungannya berada dalam daerah diagram interaksi yang berarti kolom bias menahan beban jika dilakukan penambahan lantai.

b. Balok

Setelah dilakukannya perhitungan manual untuk mencari nilai momen ultimate (M_u) lalu dibandingkan dengan nilai M_u pada SAP yang mendapatkan hasil $M_{u_{\text{manual}}} > M_u \text{ SAP}$ yang berarti struktur balok masih bias menahan beban jika dilakukan penambahan lantai.

c. Pelat

Setelah dilakukannya perhitungan manual pelat juga masih bisa menahan beban jika dilakukan penambahan lantai.

2. Perilaku Struktur

Pada pemeriksaan jumlah ragam jumlah partisipasi massa arah x dan y harus sebesar 90% atau 0,9 dan pada 12 mode arah x dan y mendapatkan nilai sebesar 0,96 yang berarti aman dan pada pengecekan simpangan perlantai nilai $\Delta_x < \Delta_a$ yang artinya juga aman.

3. Pushover

Setelah dilakukannya perhitungan dan berdasarkan ATC-40 struktur eksisting termasuk kategori *damage control* yang berarti bangunan mampu menahan gempa yang terjadi dan resiko korban jiwa manusia yang kecil sehingga dapat dilakukan penambahan lantai.

4. Perencanaan

a. Pelat

Tabel 5.1 Hasil Perencanaan Pelat

Type Pelat	Tulangan	Type Pelat	Tulangan
A3	D10-125	A atap	D10-150
	D10-125		D10-150
	D10-125		D10-150
	D10-125		D10-100
B3	D10-125	B atap	D10-150
	D10-125		D10-100
	D10-125		D10-150
	D10-125		D10-100

b. Balok

Tabel 5.2 Hasil Perencanaan Balok

Elemen	Lokasi	Tulangan Utama	Tulangan Geser
B 25 x 45	Tumpuan	5D16	D10-100
	Lapangan	3D16	D10-150
B 25 x 35	Tumpuan	3D16	D10-100
	Lapangan	3D16	D10-150
B 20 x 30	Tumpuan	4D16	D10-100
	Lapangan	3D16	D10-150

c. Kolom

Tabel 5.3 Hasil Perencanaan Kolom

Elemen	Tulangan Utama	Lokasi	Tulangan Geser
K 35 x 50	12D19	Tumpuan	D10-100
		Lapangan	D10-100
K 35 x 35	8D19	Tumpuan	D10-100
		Lapangan	D10-150

DAFTAR PUSTAKA

- Athallah, F. I., & Aryanata, R. (2023). *Evaluasi Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Eksisting (Studi Kasus Gedung Bea Cukai Semarang)*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Batara, I. (2021). *Contoh Desain Struktur Bangunan Dengan SAP 2000*. Mamuju.
- Badan Standar Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847-2019)*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019)*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2020). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020)*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Habirun, A. N., & Shidiq, M. I. (2014). *Analisis Perbaikan dan Perkuatan Struktur Gedung BNI 46 Gatot Subroto - Jakarta Pusat*. Politeknik Negeri Bandung.
- Hayuningtyas, L. S., & Pratama, L. Z. (2023). *Perencanaan Struktur Gedung Sekolah Bertingkat 5 Lantai di Jl. Soekarno Hatta, Semarang*. Semarang: Universitas Semarang.
- Kurniawan, D., Habirun, A. N., & Pratama, A. (2024, Januari). Evaluasi Struktur Gedung Fakultas Hukum Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. *Rang Teknik Journal*, 184-191.
- Oesman, M. (2014). *Struktur Beton*. Bandung: Mardiana Oesman.
- Pratama, A. (2023). *Evaluasi Struktur Gedung Fakultas Hukum Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*. Bukittinggi: Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Steenie E, H. Y., & Windah, R. S. (2014). Jurnal Sipil Statik. *Analisis Pushover Pada Bangunan Dengan Soft First Story*, 214-224.

PERENCANAAN SEKOLAH SD NEGERI 14 LAING SOLOK

KEGIATAN :

PEMBANGUNAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN LANTAI 3



TAHUN PEMBANGUNAN
2024

Daftar Gambar

ARSITEKTUR

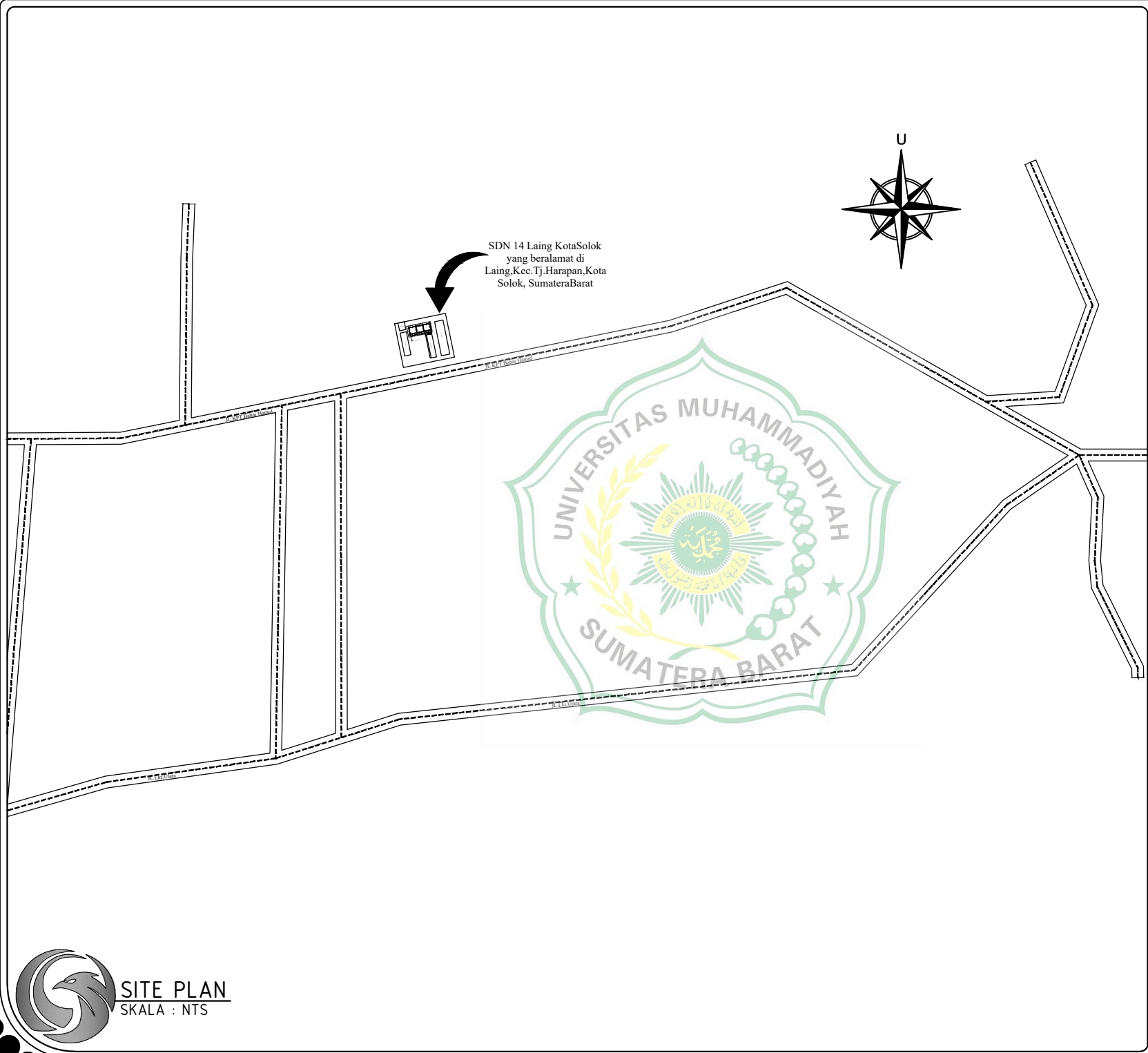
NO	NAMA GAMBAR	SKALA	KODE/NO
1.	DENAH EKSISTING LOKAL LT 1	1:100	ARS/01
2.	DENAH EKSISTING LOKAL LT 2	1:100	ARS/02
3.	DENAH PERENCANAAN LT 3	1:100	ARS/03
4.	POTONGAN A-A	1:110	ARS/04
5.	POTONGAN B-B	1:100	ARS/05
6.	TAMPAK DEPAN	1:110	ARS/06
7.	TAMPAK KANAN	1:100	ARS/07
8.	TAMPAK KIRI	1:100	ARS/08
9.	TAMPAK BELAKANG	1:110	ARS/09
10.	TAMPAK ATAS	1:100	ARS/10

STUKTUR (EKSISTING)

NO	NAMA GAMBAR	SKALA	KODE/NO
1.	DENAH EKSISTING KOLOM LT 1	1:100	STR/01
2.	DENAH EKSISTING KOLOM LT 2	1:100	STR/02
3.	DETAIL EKSISTING KOLOM	1:15	STR/03
4.	DENAH EKSISTING BALOK LT 2 (B2)	1:100	STR/04
5.	DENAH EKSISTING BALOK LT 2 (B1)	1:100	STR/05
6.	DENAH EKSISTING BALOK LT 2 (B3)	1:100	STR/06
7.	DETAIL EKSISTING BALOK LT 2	1:15	STR/07
8.	DENAH EKSISTING BALOK LT 3 (B2)	1:100	STR/08
9.	DENAH EKSISTING BALOK LT 3 (B1)	1:100	STR/09
10.	DENAH EKSISTING BALOK LT 3 (B3)	1:100	STR/10
11.	DETAIL EKSISTING BALOK LT 3	1:15	STR/11
12.	DENAH EKSISTING PLAT LT 2	1:100	STR/12
13.	PEMBESIAN EKSISTING PLAT LT 2	1:100	STR/13
14.	DETAIL EKSISTING PLAT	1:20	STR/14
15.	DETAIL EKSISTING PLAT	1:20	STR/15

STUKTUR (PERENCANAAN)

NO	NAMA GAMBAR	SKALA	KODE/NO
1.	DENAH KOLOM LT 3	1:100	STR/01
2.	DETAIL KOLOM	1:15	STR/02
3.	DENAH BALOK ROOFTOP (B4)	1:100	STR/03
4.	DENAH BALOK ROOFTOP (B5)	1:100	STR/04
5.	DENAH BALOK ROOFTOP (B6)	1:100	STR/05
6.	DETAIL BALOK	1:15	STR/06
7.	DENAH PLAT LANTAI 3	1:100	STR/07
8.	PEMBESIAN PLAT LANTAI 3	1:100	STR/08
9.	DETAIL PLAT	1:20	STR/09
10.	DETAIL PLAT	1:20	STR/10
8.	PEMBESIAN PLAT LANTAI 3	1:100	STR/11
9.	DETAIL PLAT	1:20	STR/12
10.	DETAIL PLAT	1:20	STR/13



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER :	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN :	-	
KONTRAKTOR :	-	
- :	-	
- :	-	

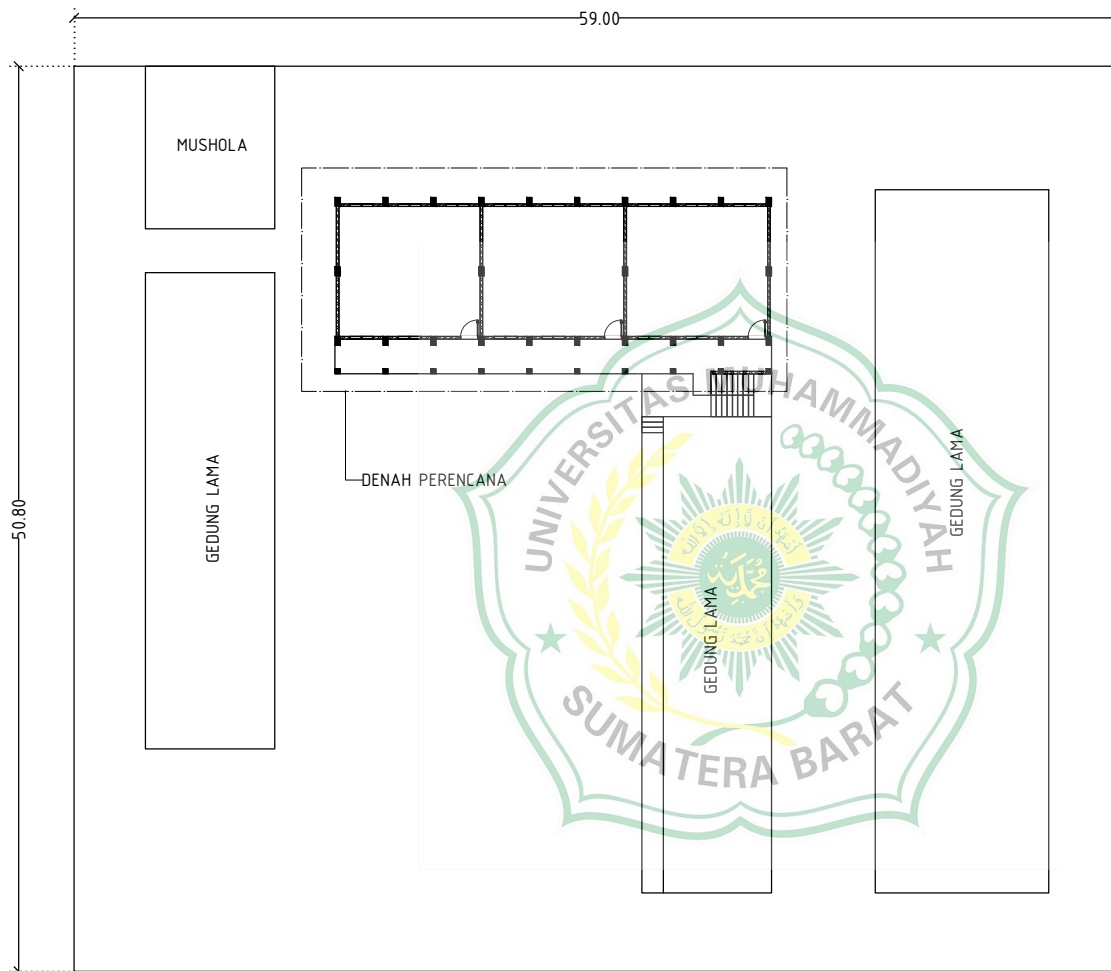
NAMA GAMBAR :
SITE PLAN

SKALA :
NTS
1

TAHUN:
2024

KODE :
-

HALAMAN :
01



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
TAMPAK ATAS

SKALA :
1:300
1:100

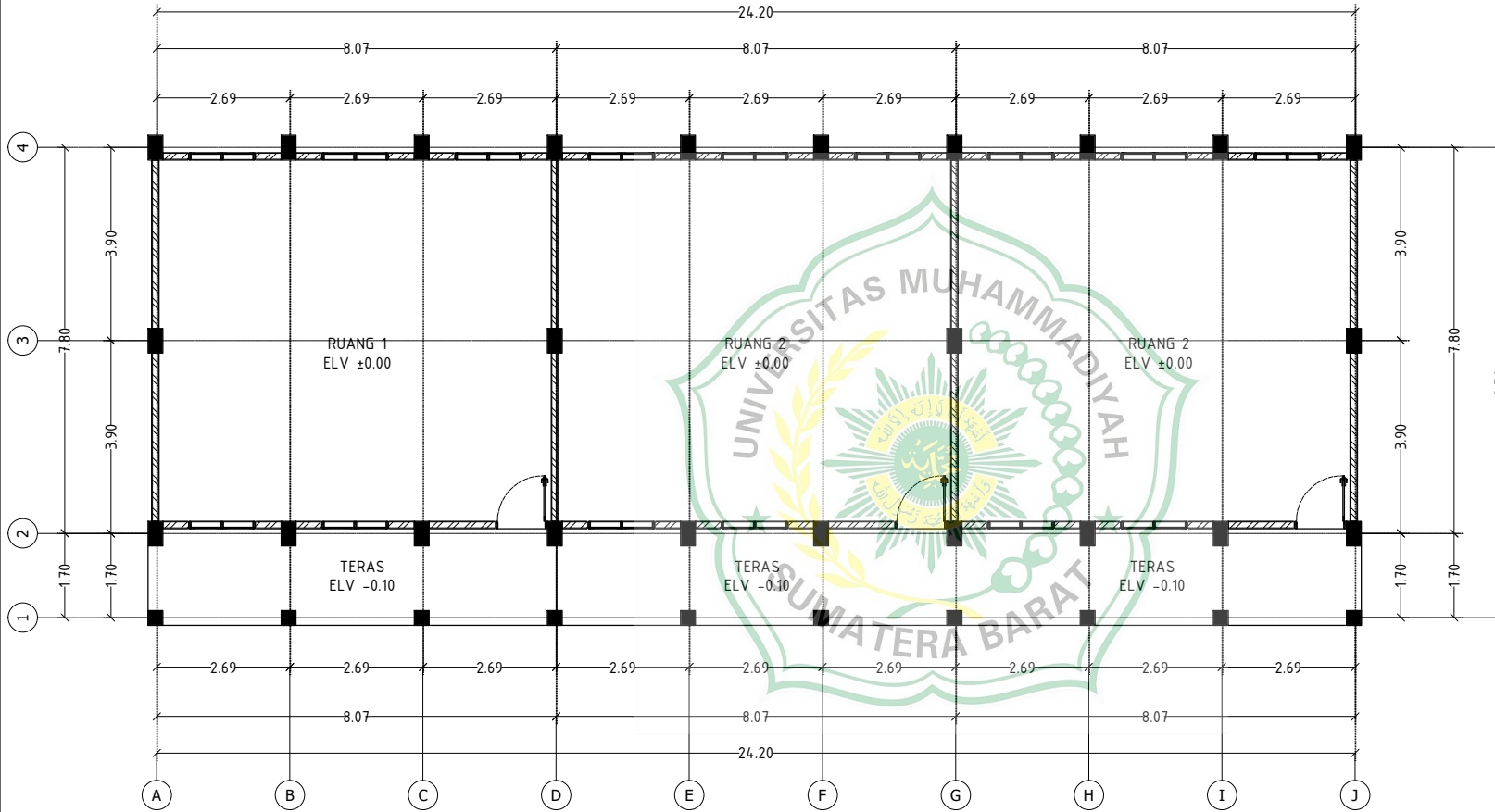
TAHUN:
2024

KODE :
-

HALAMAN :
02



TAHUN 2024



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DENAH EKSTING LOKAL LT 1

SKALA :

1:100

TAHUN:

2024

KODE :

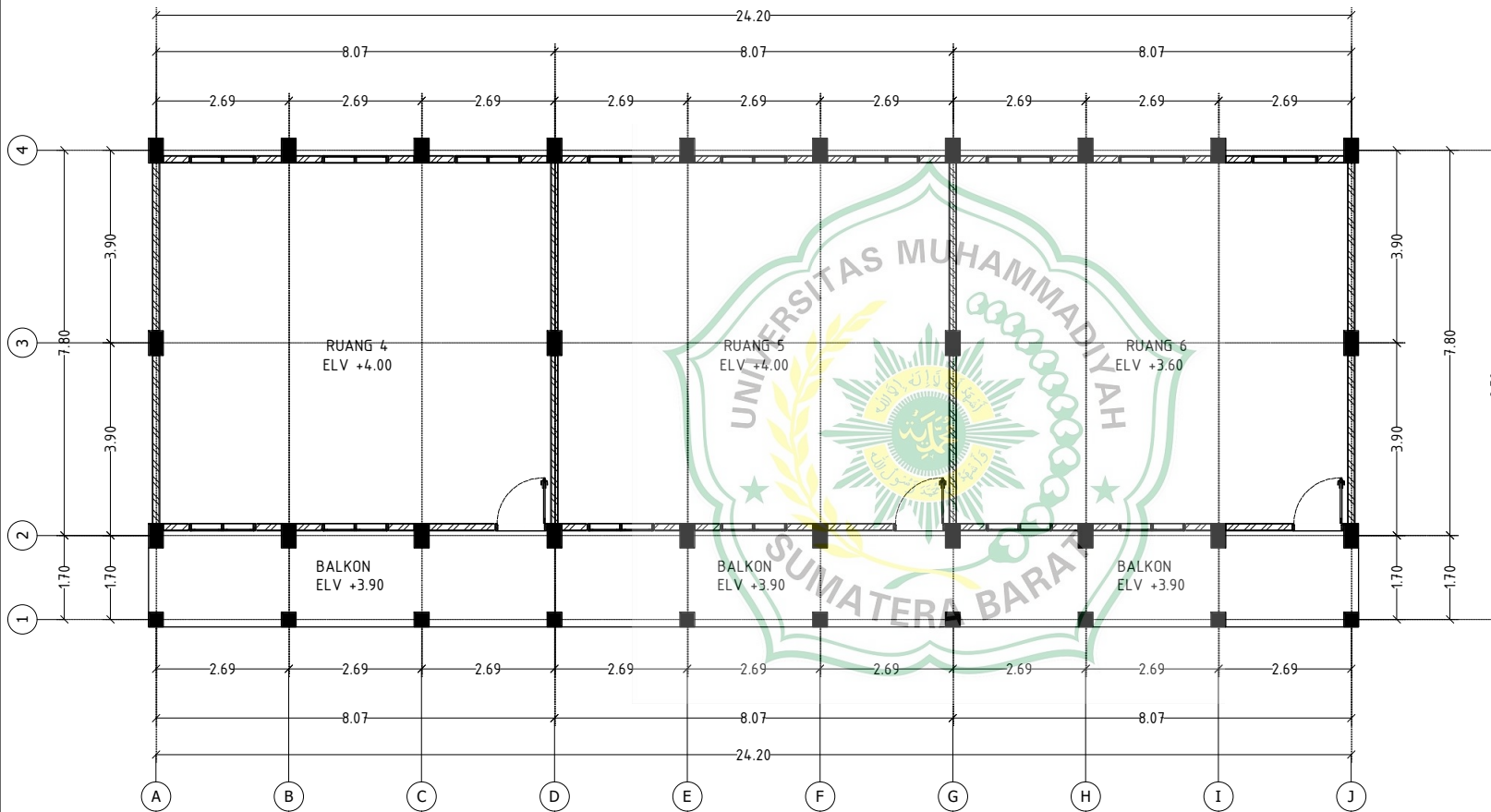
ARS

HALAMAN :

01



DENAH EKSTING LOKAL LT 1
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DENAH EKISISITING LOKAL LT 2

SKALA :

1:100



DENAH EKISISITING LOKAL LT 2
SKALA 1:100

TAHUN:

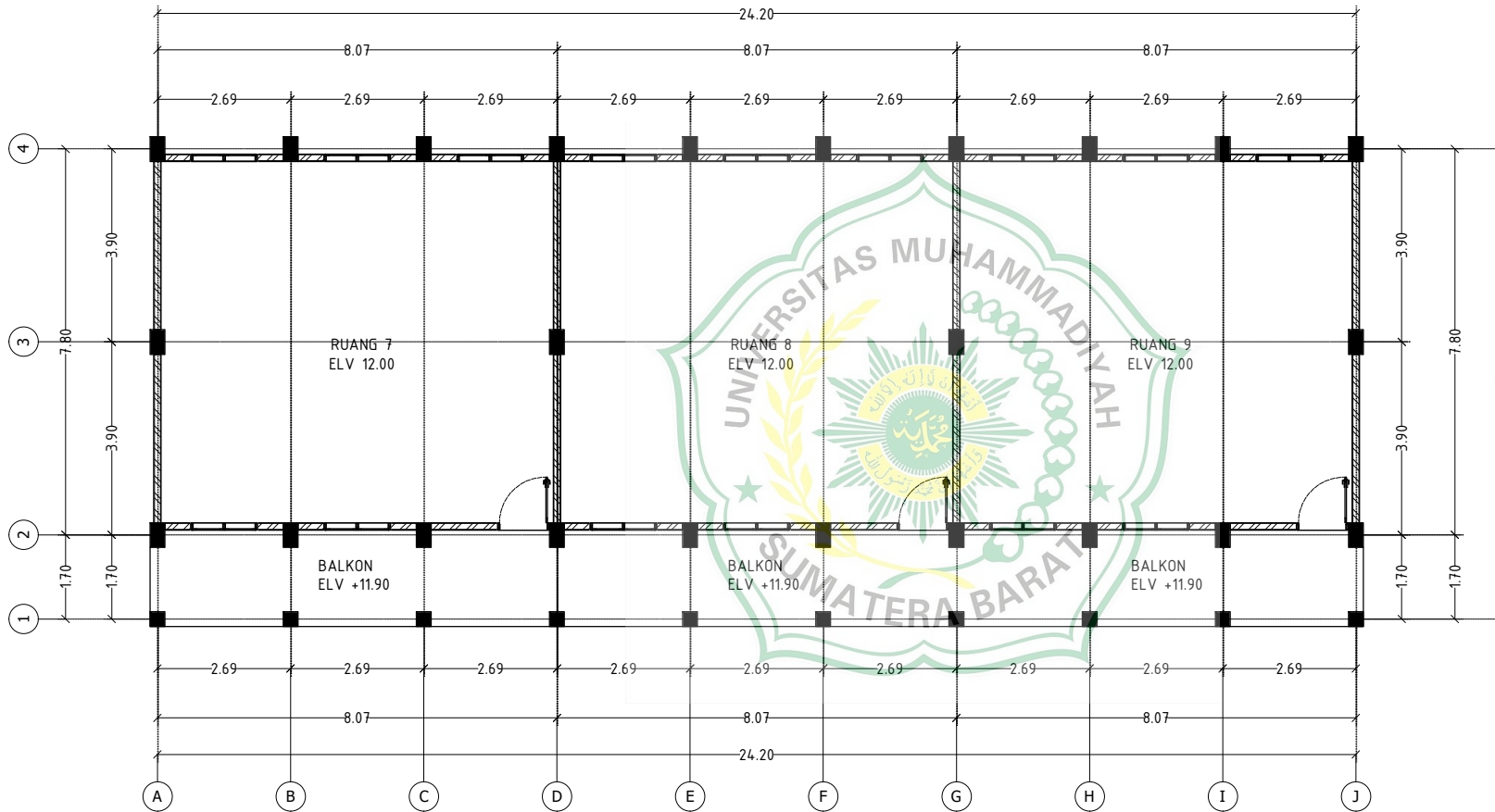
2024

KODE :

ARS

HALAMAN :

02



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH PERENCANAAN LT 3

SKALA :
1:100

TAHUN:
2024

KODE :
ARS

HALAMAN :
03



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
POTONGAN A-A

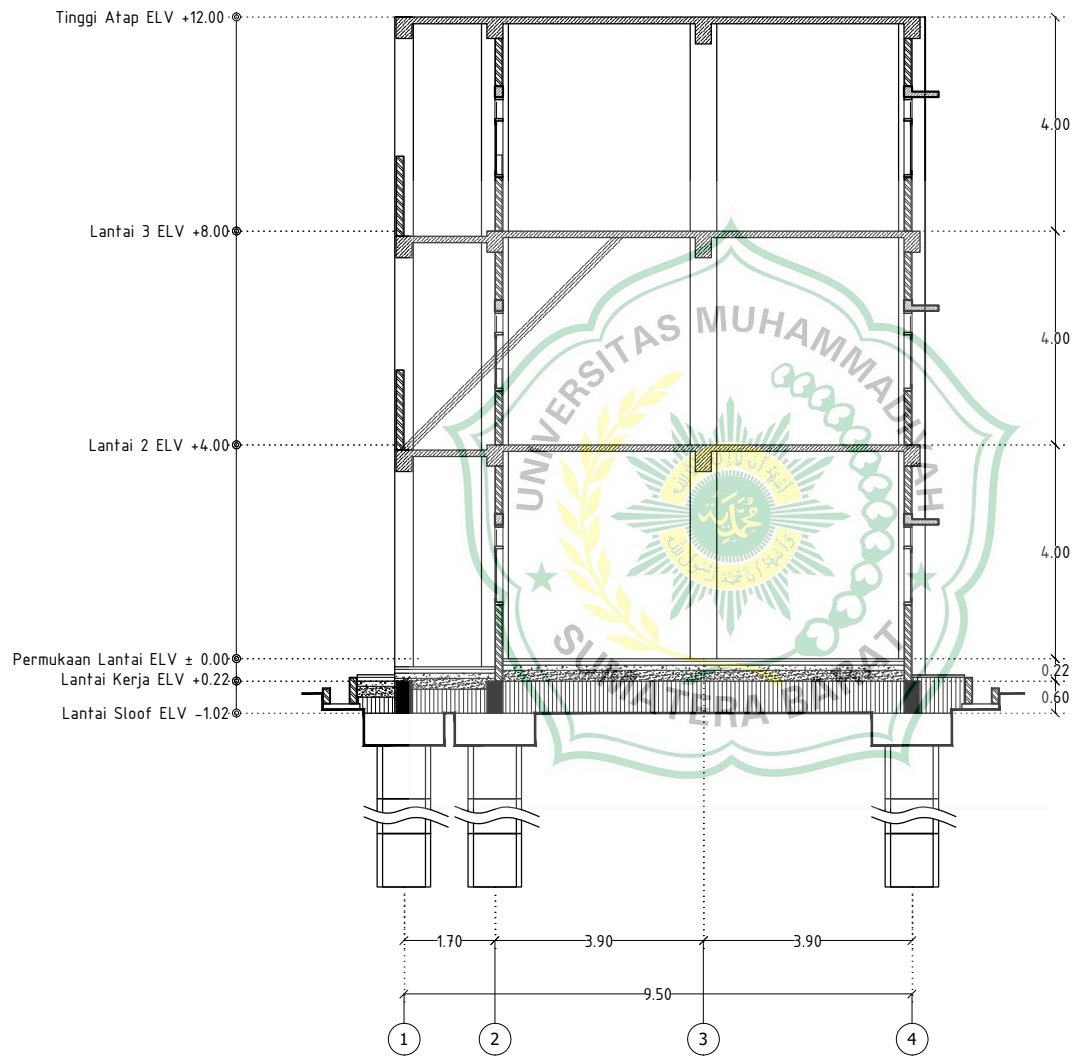
SKALA :
1:110

TAHUN:
2024

KODE :
ARS

HALAMAN :
04

POTONGAN A-A
SKALA 1:110



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

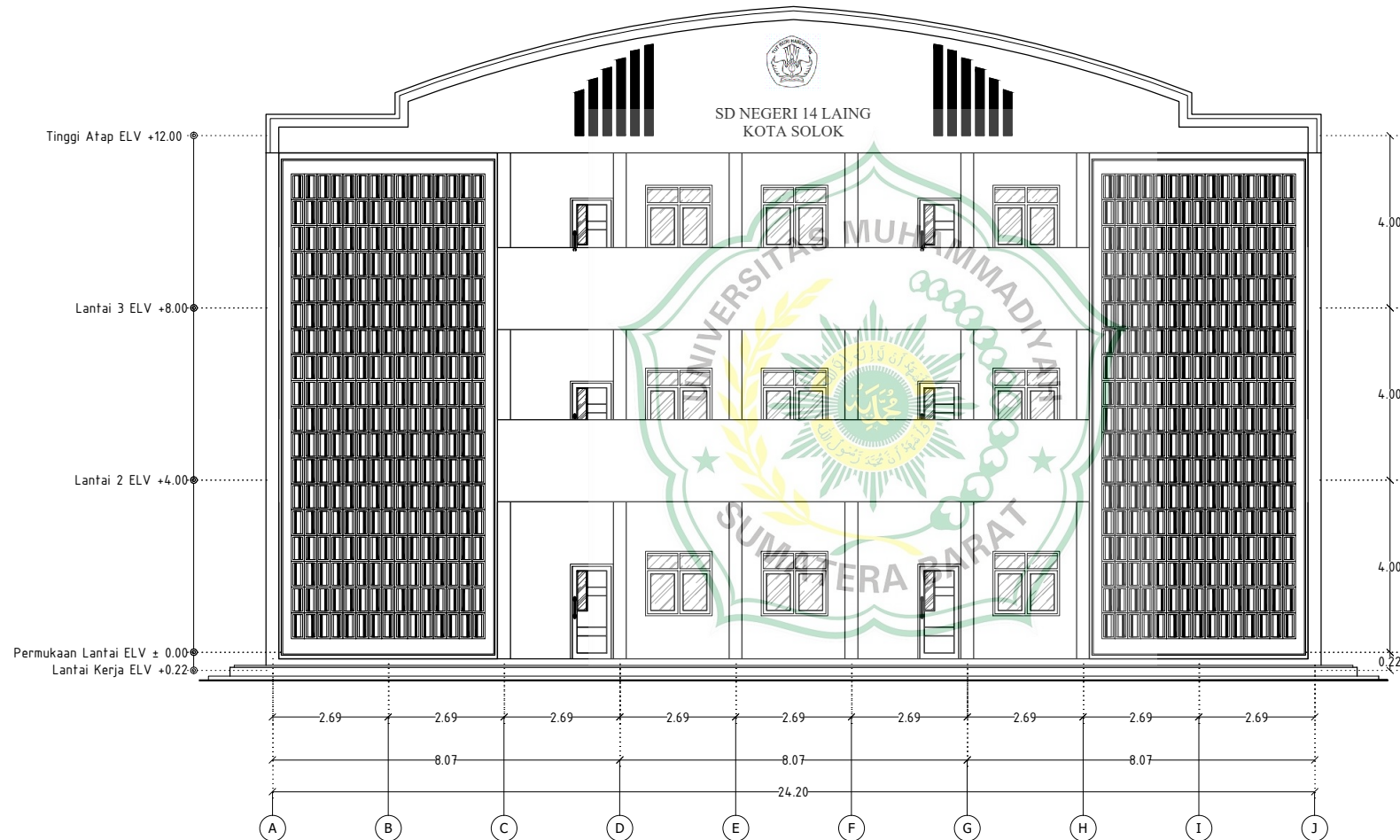
NAMA GAMBAR :
POTONGAN B-B

SKALA :
1:100

TAHUN:
2024

KODE :
ARS

HALAMAN :
05



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

TAMPAK DEPAN

SKALA :

1:110

TAHUN:

2024

KODE :

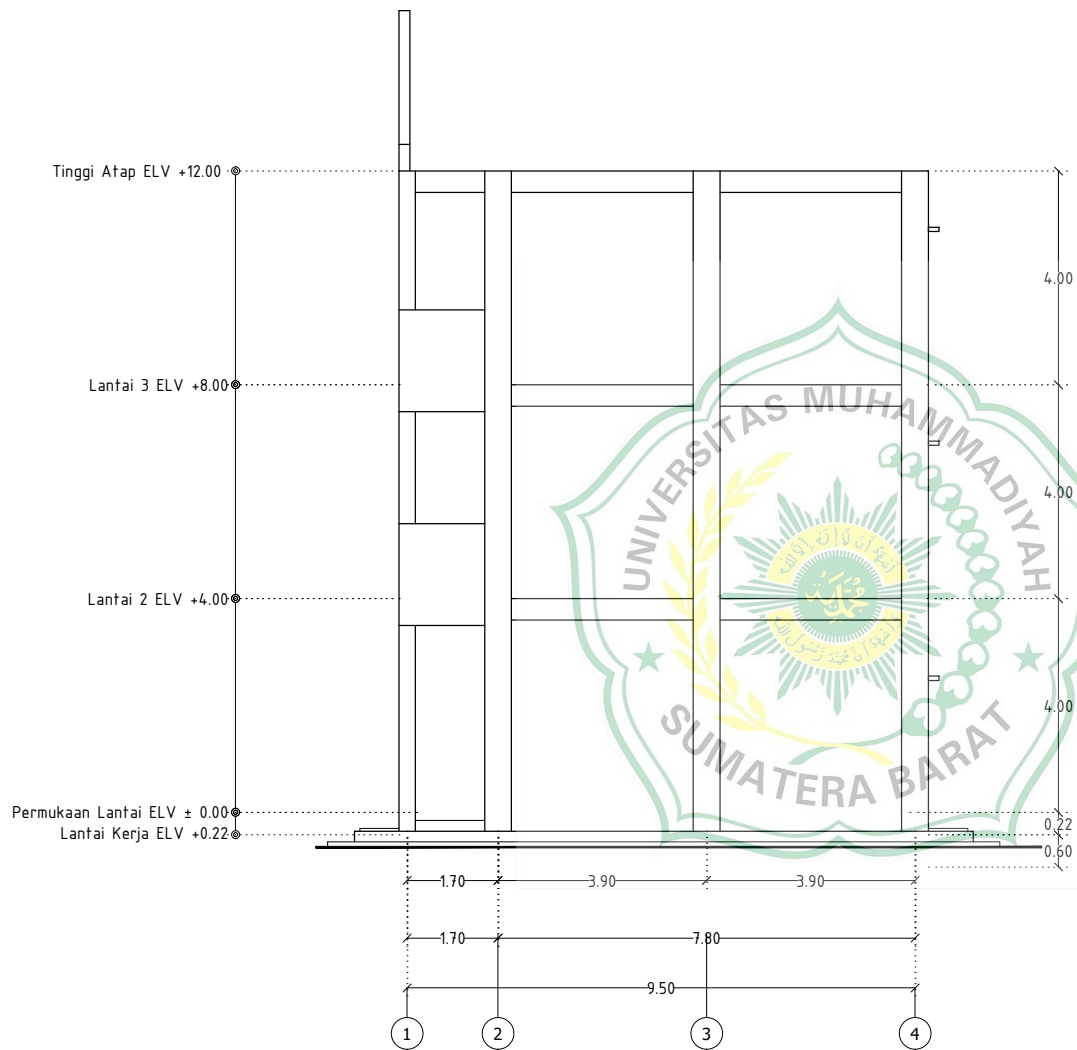
ARS

HALAMAN :

06



TAMPAK DEPAN
SKALA 1:110



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
TAMPAK KANAN

SKALA :
1:100

TAHUN:

2024

KODE :

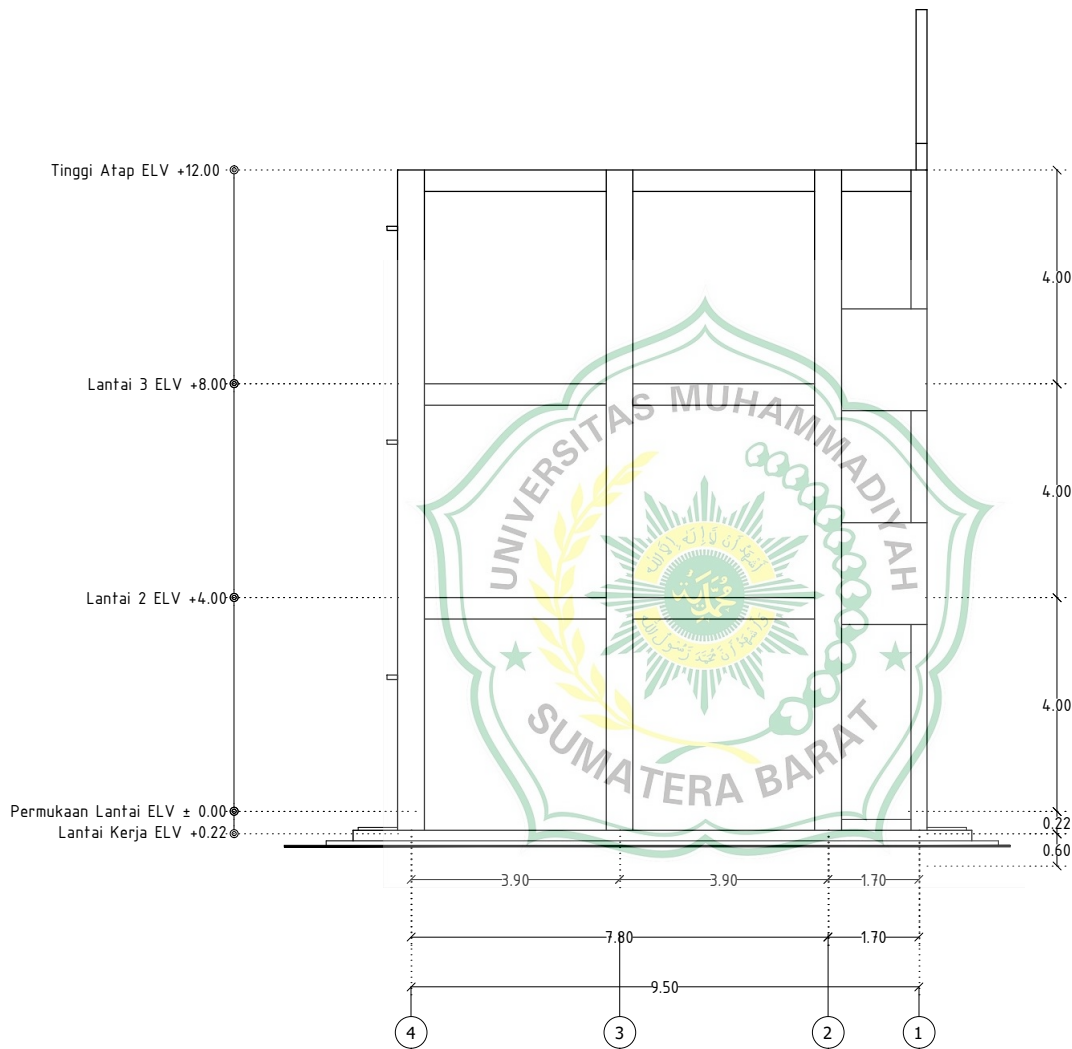
ARS

HALAMAN :

07



TAMPAK KANAN
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
TAMPAK KIRI

SKALA :
1:100

TAHUN:

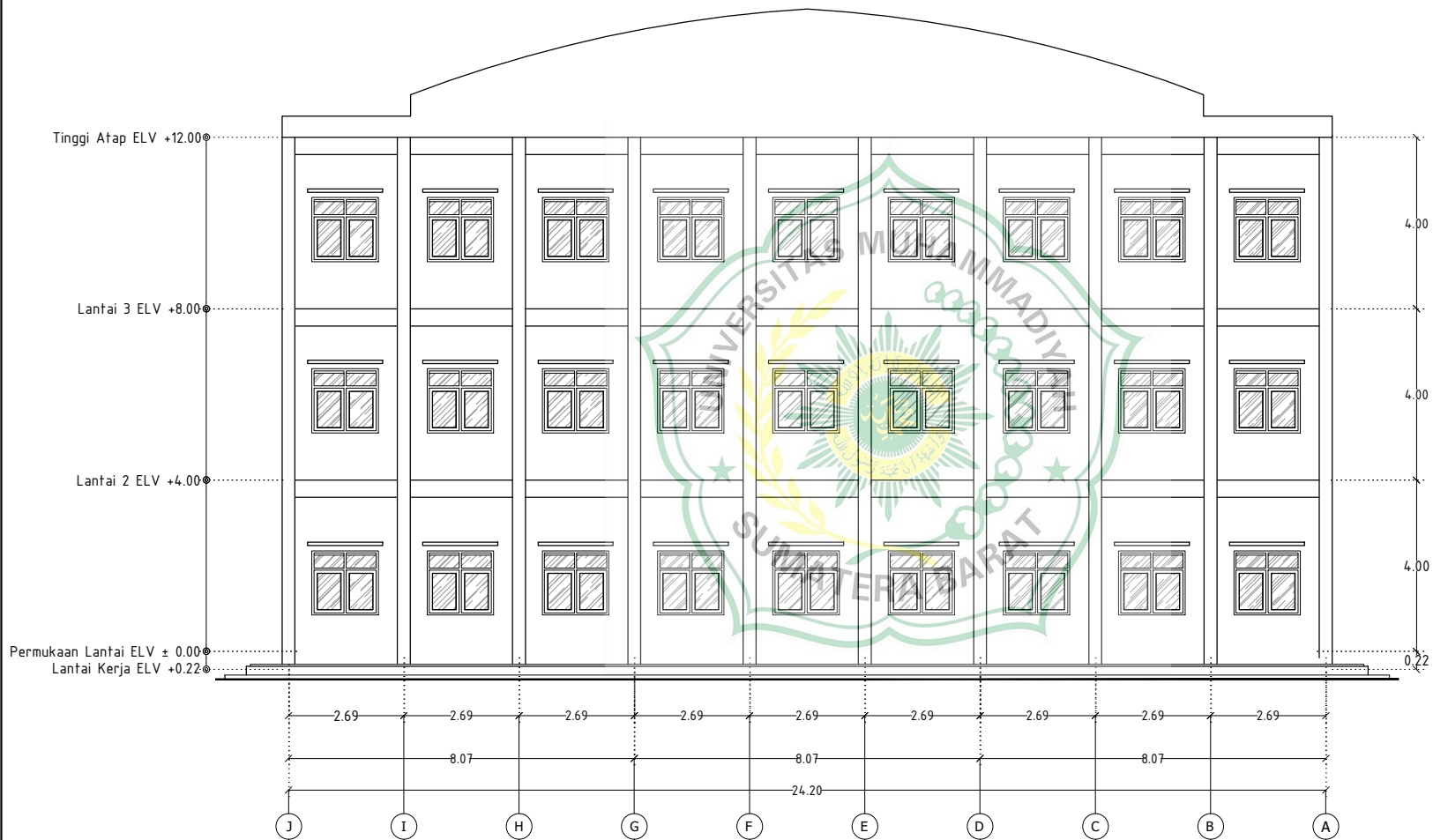
2024

KODE :

ARS

HALAMAN :

08



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
TAMPAK BELAKANG

SKALA :
1:110

TAHUN:

2024

KODE :

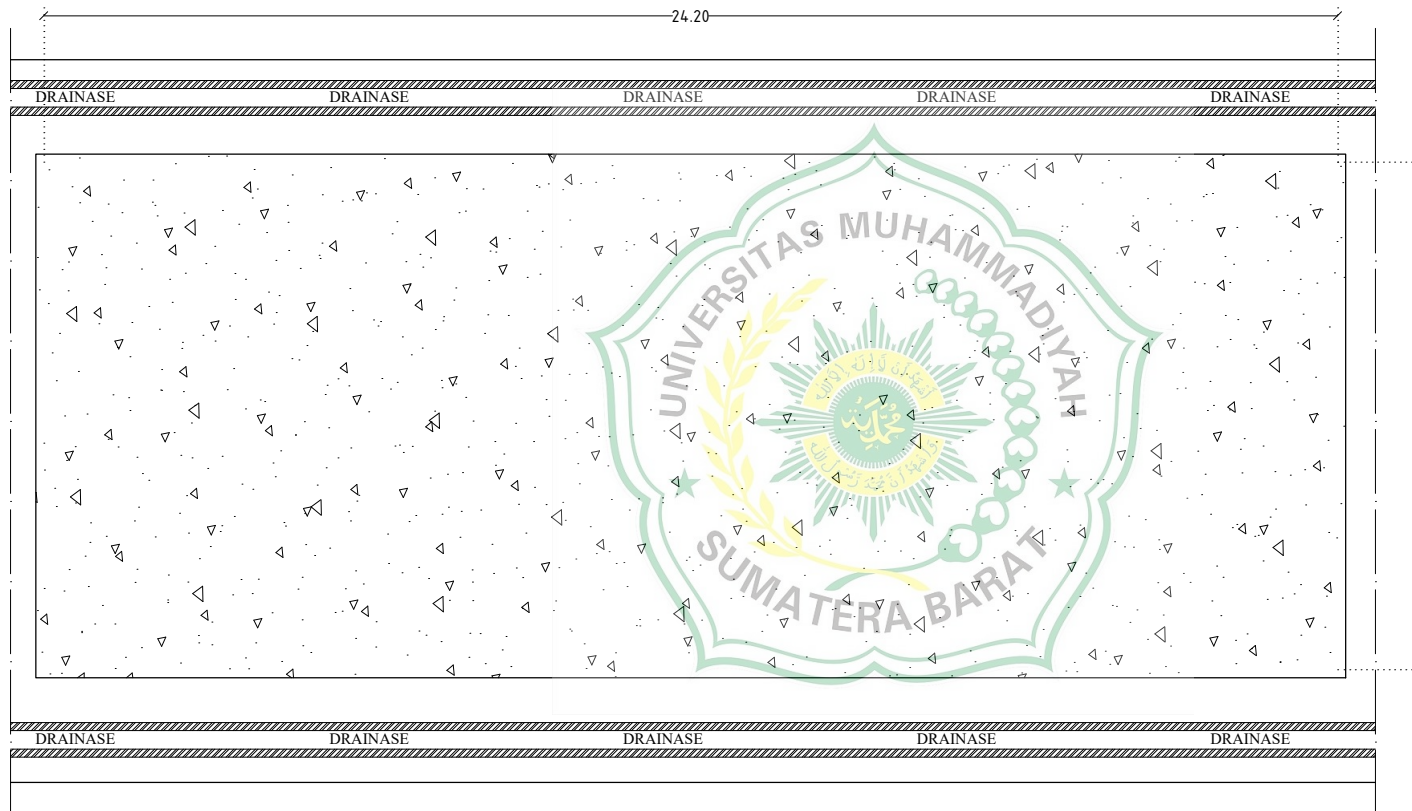
ARS

HALAMAN :

09



TAMPAK BELAKANG
SKALA 1:110



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

TAMPAK ATAS

SKALA :

1:100

TAHUN:

2024

KODE :

ARS

HALAMAN :

10

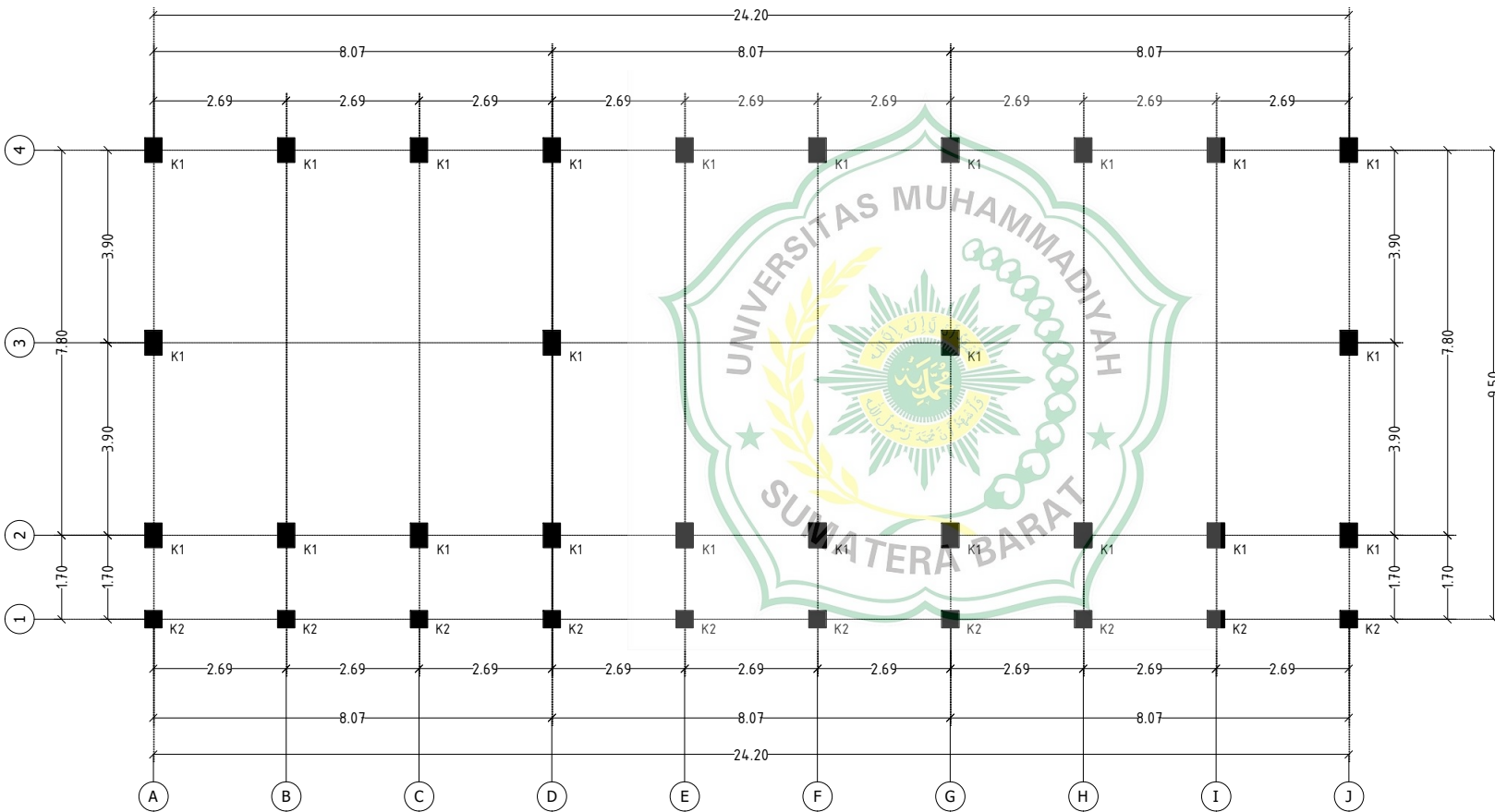


TAMPAK ATAS
SKALA 1:100



STRUKTRUK
EKSISTING LT 1 & 2

TAHUN 2024



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH EKSTING KOLOM LT 1

SKALA :
1:100

TAHUN:

2024

KODE :

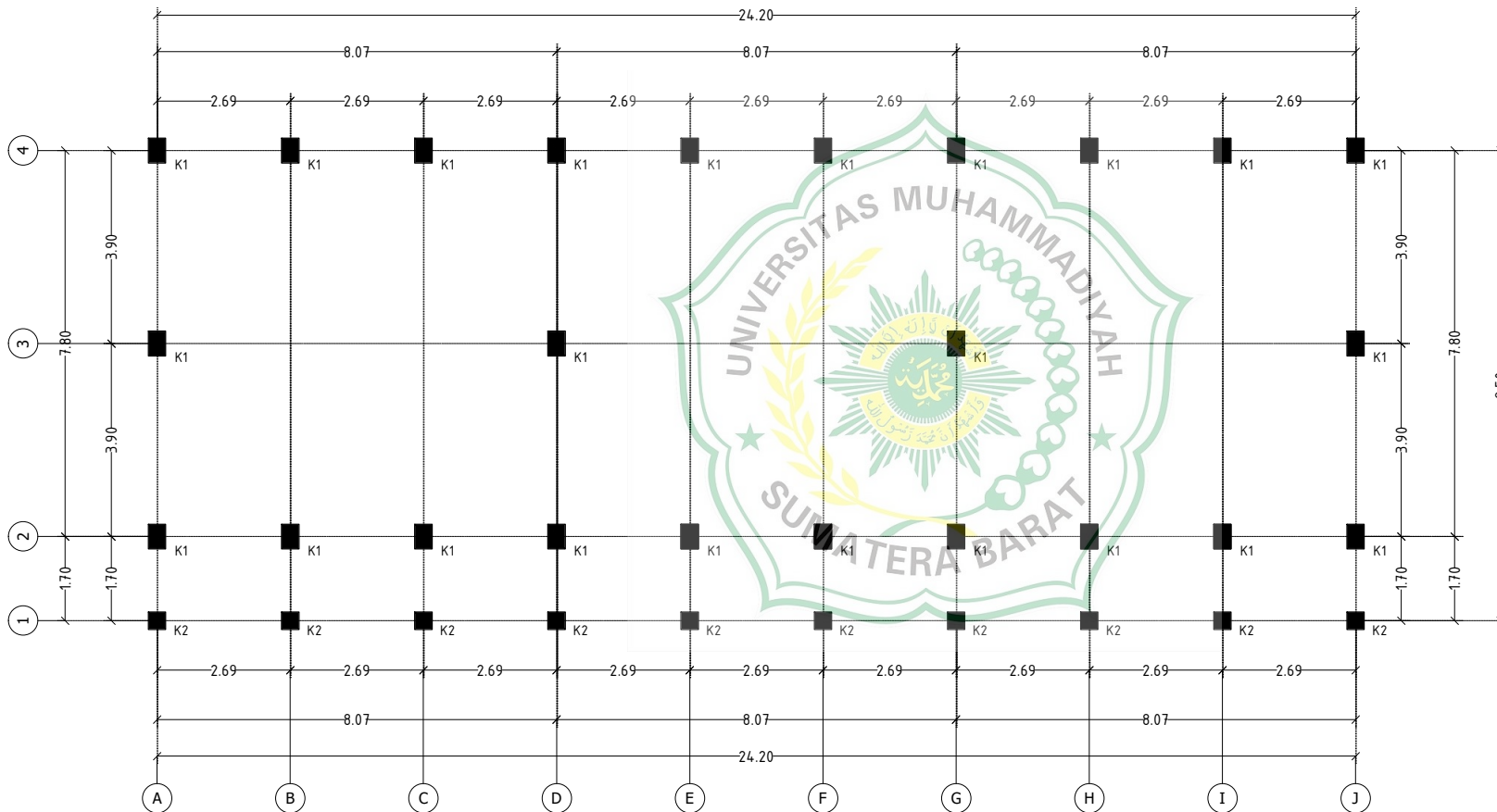
STR

HALAMAN :

01



DENAH EKSTING KOLOM LT 1
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH EKSTING KOLOM LT 2

SKALA :
1:100

TAHUN:

2024

KODE :

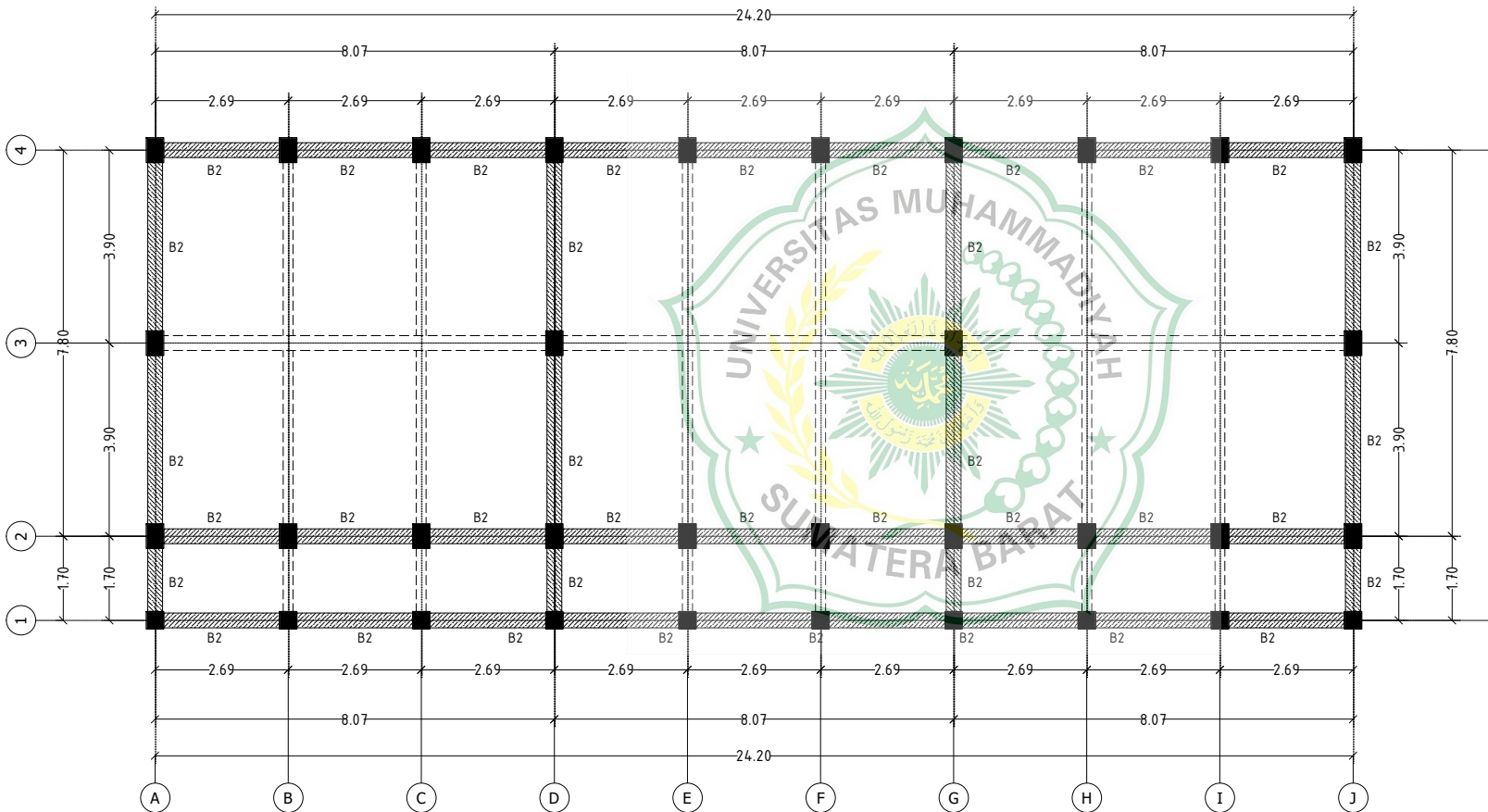
STR

HALAMAN :

02



DENAH EKSTING KOLOM LT 2
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DENAH EKSTING BALOK LT 2 (B2)

SKALA :

1:100



DENAH EKSTING BALOK LT 2 (B2)
SKALA 1:100

TAHUN:

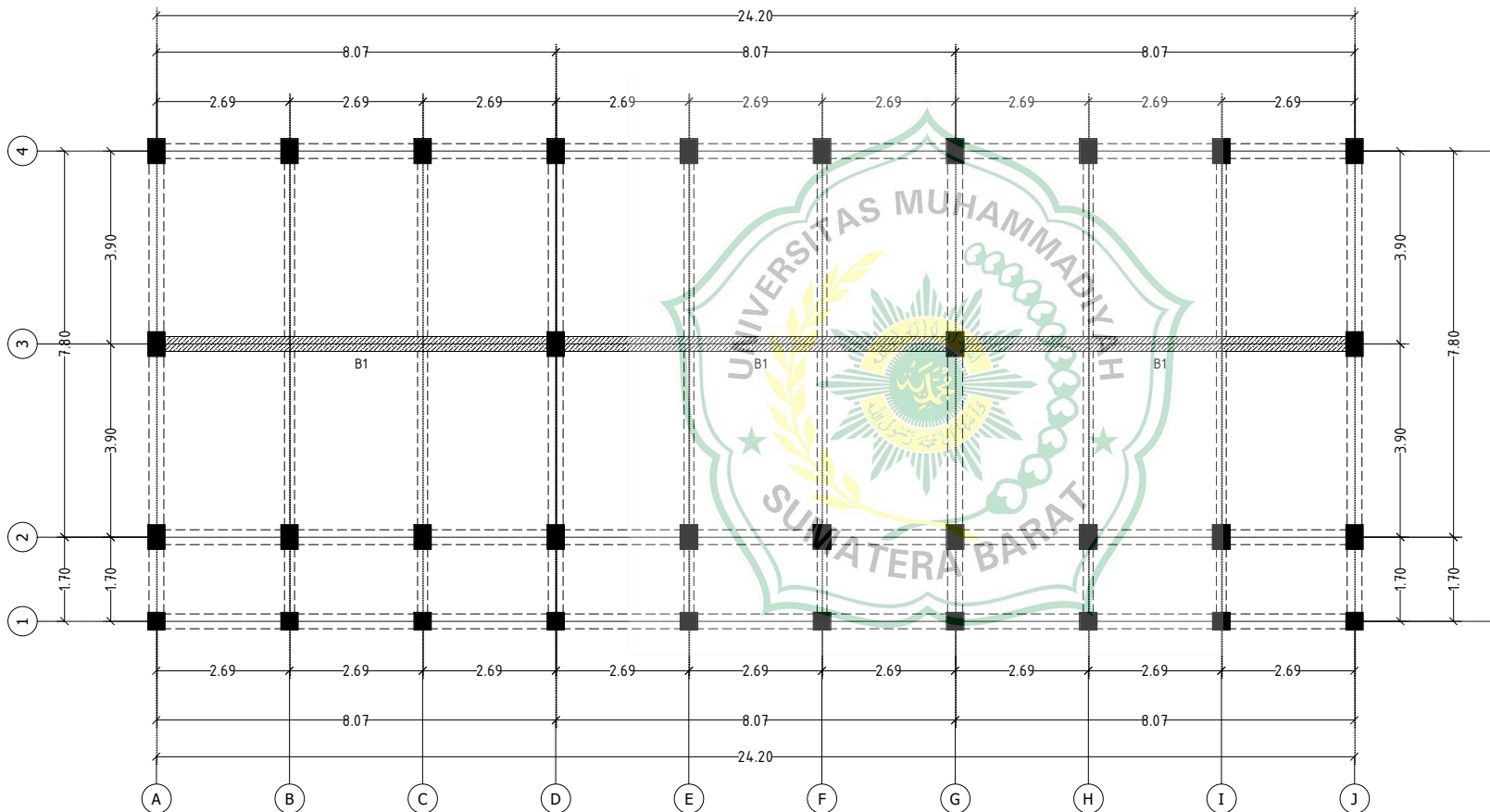
2024

KODE :

STR

HALAMAN :

04



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DENAH EKSTING BALOK LT 2 (B1)

SKALA :

1:100

TAHUN:

2024

KODE :

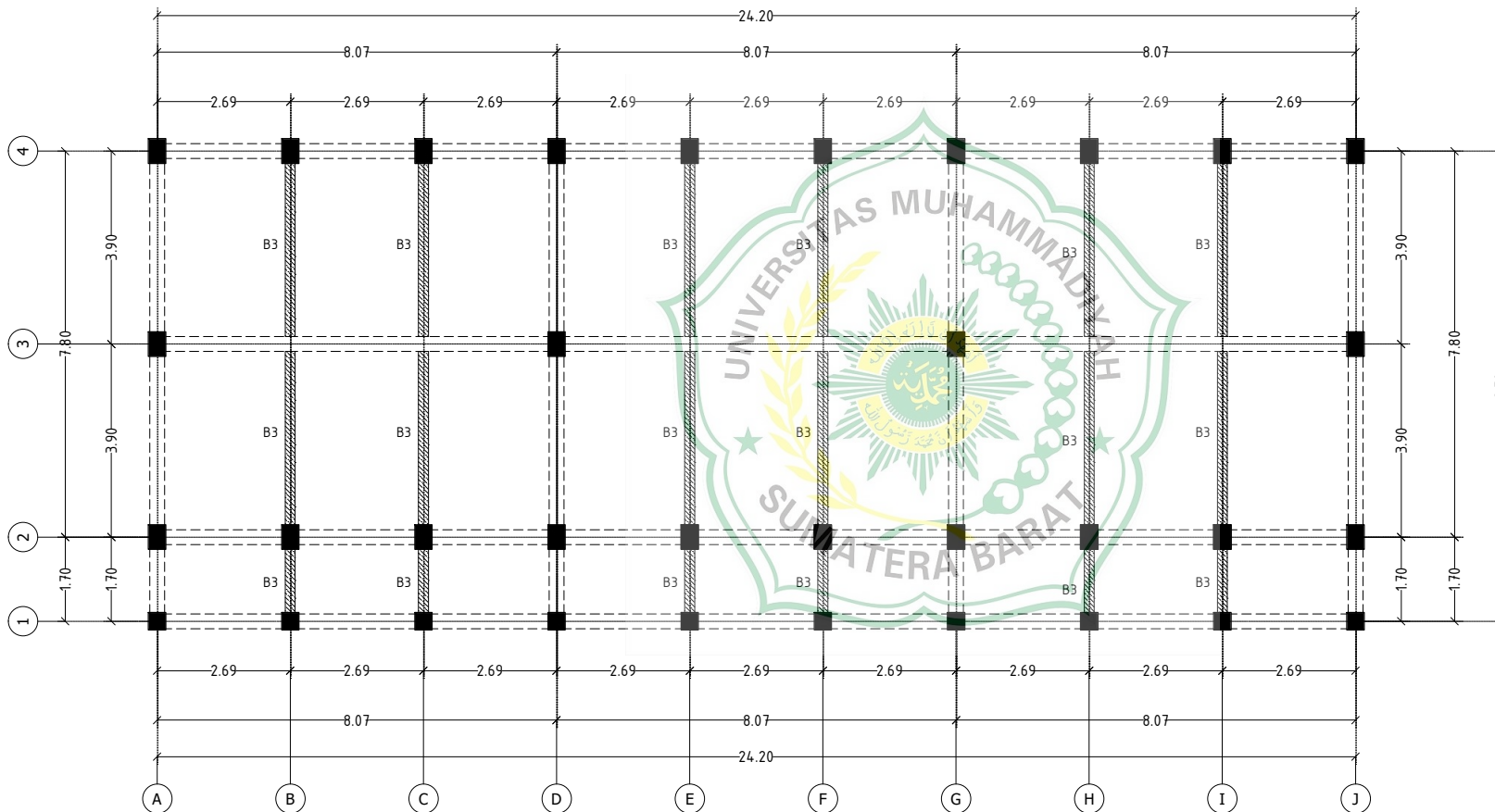
STR

HALAMAN :

05



DENAH EKSTING BALOK LT 2 (B1)
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBANGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH EKSITING BALOK LT 2 (B3)

SKALA :
1:100

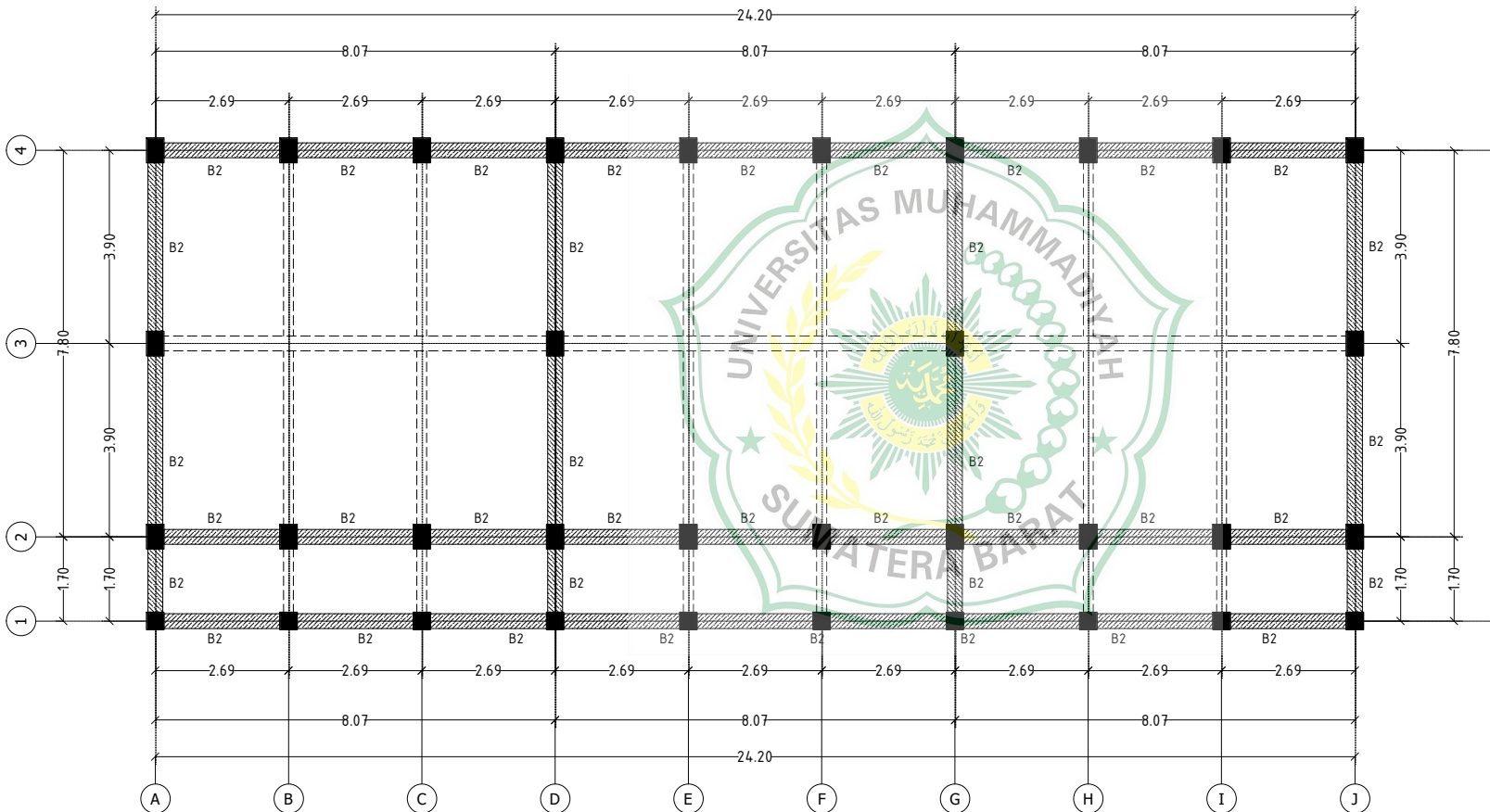


DENAH EKSITING BALOK LT 2 (B3)
SKALA 1:100

TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
06



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DENAH EKSTING BALOK LT 3 (B2)

SKALA :

1:100



DENAH EKSTING BALOK LT 3 (B2)
SKALA 1:100

TAHUN:

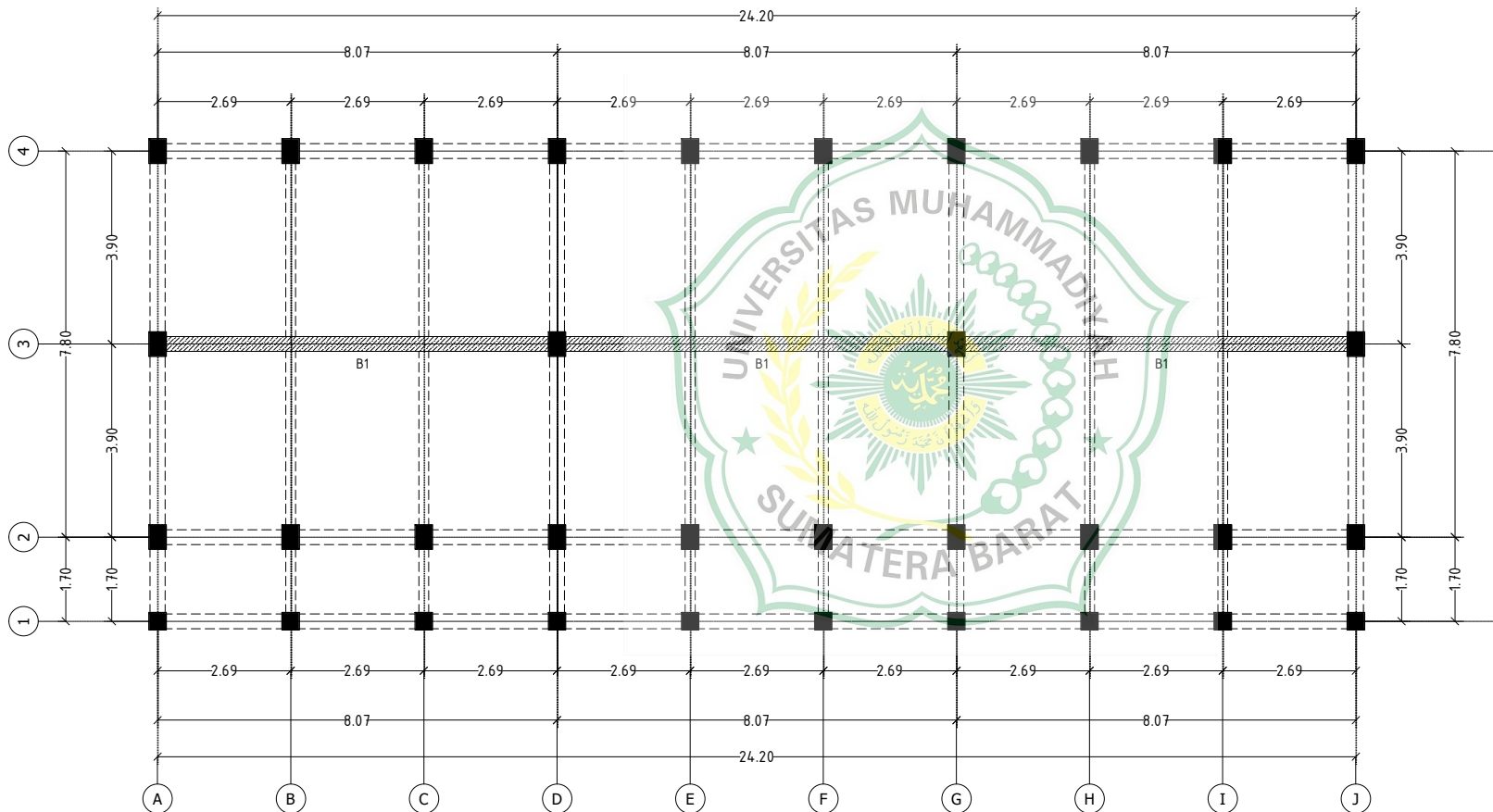
2024

KODE :

STR

HALAMAN :

08



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DENAH EKSTING BALOK LT 3 (B1)

SKALA :

1:100

TAHUN:

2024

KODE :

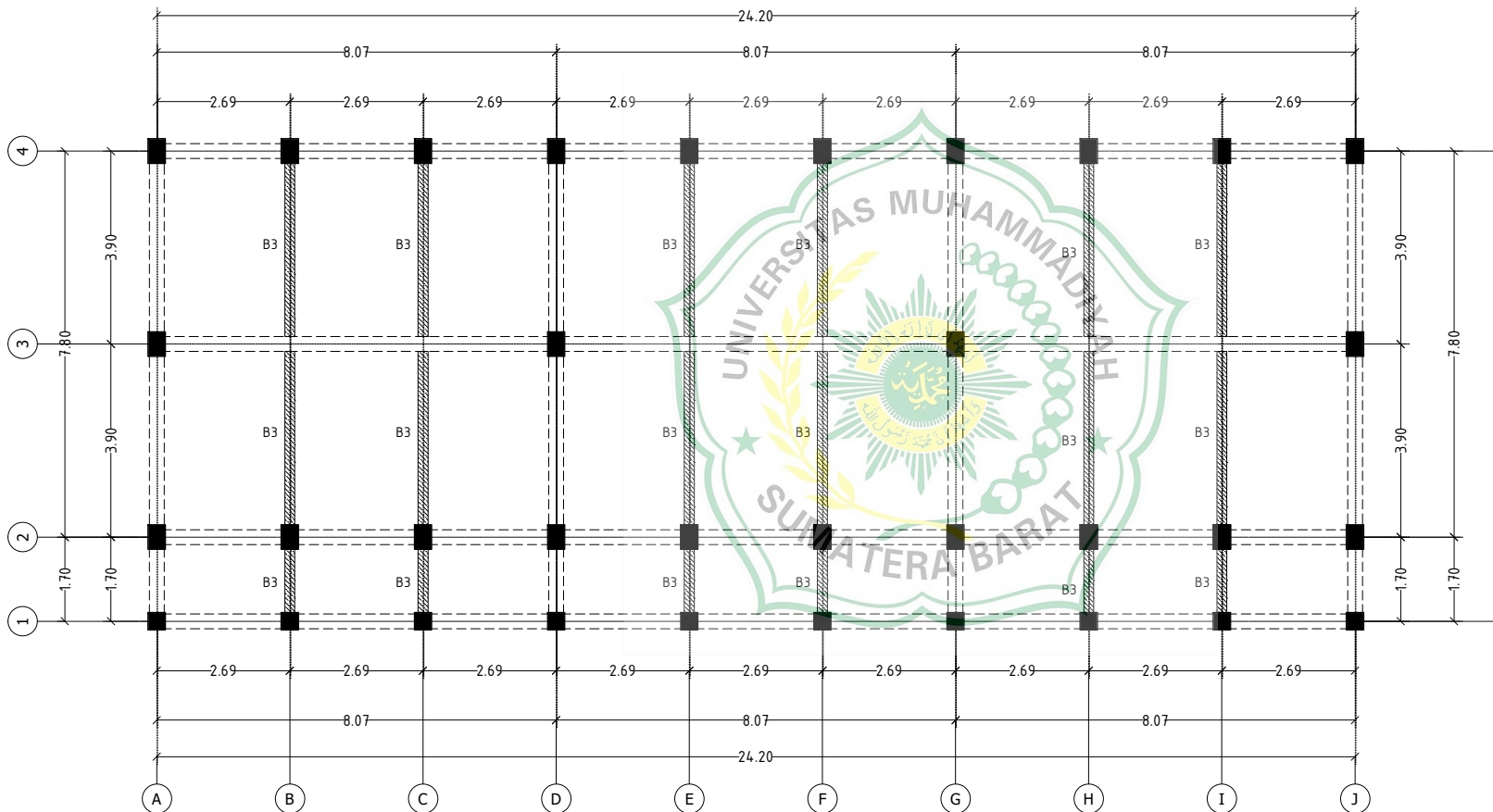
STR

HALAMAN :

09



DENAH EKSTING BALOK LT 3 (B1)
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH EKSITING BALOK LT 3 (B3)

SKALA :
1:100



DENAH EKSITING BALOK LT 3 (B3)
SKALA 1:100

TAHUN:

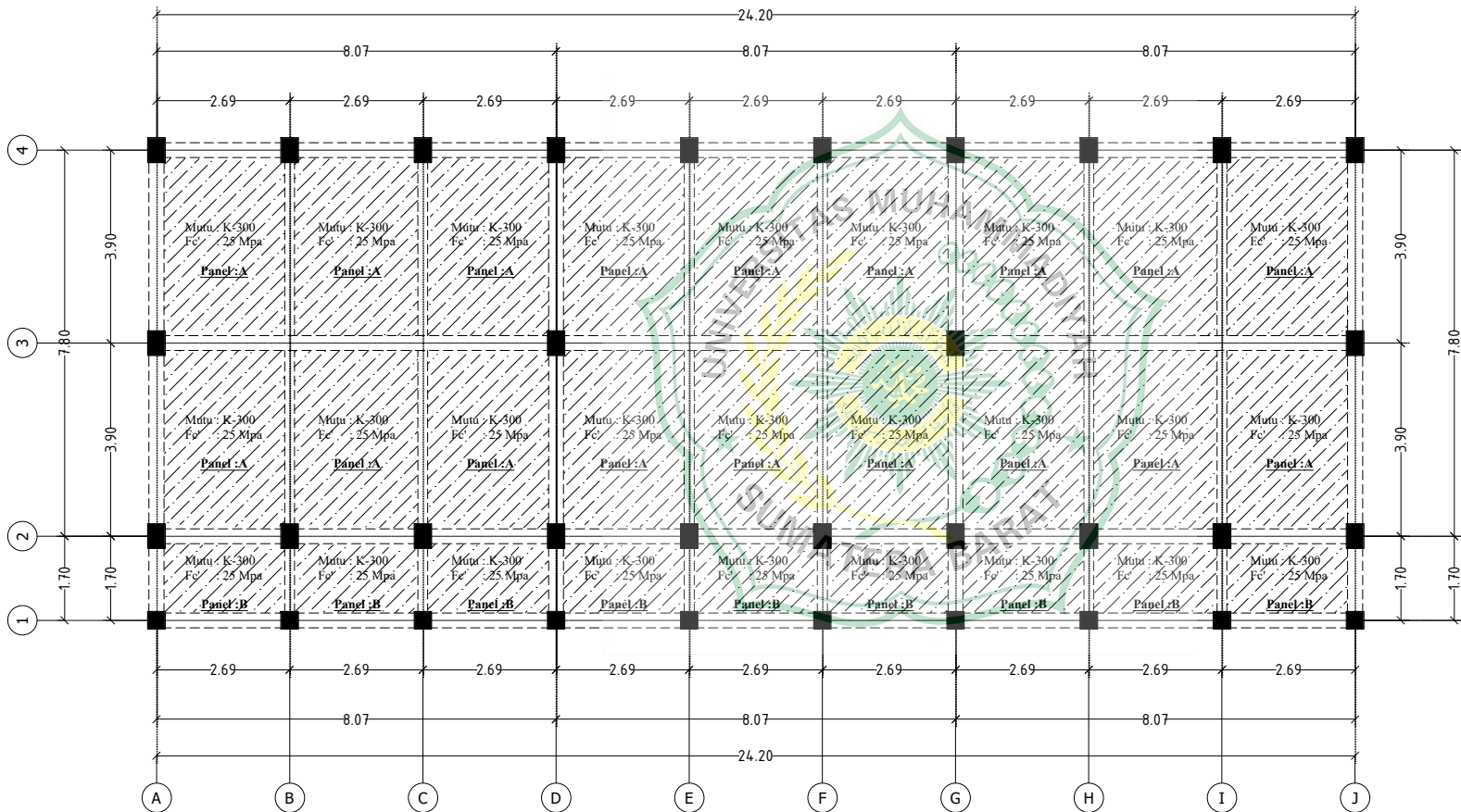
2024

KODE :

STR

HALAMAN :

10



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

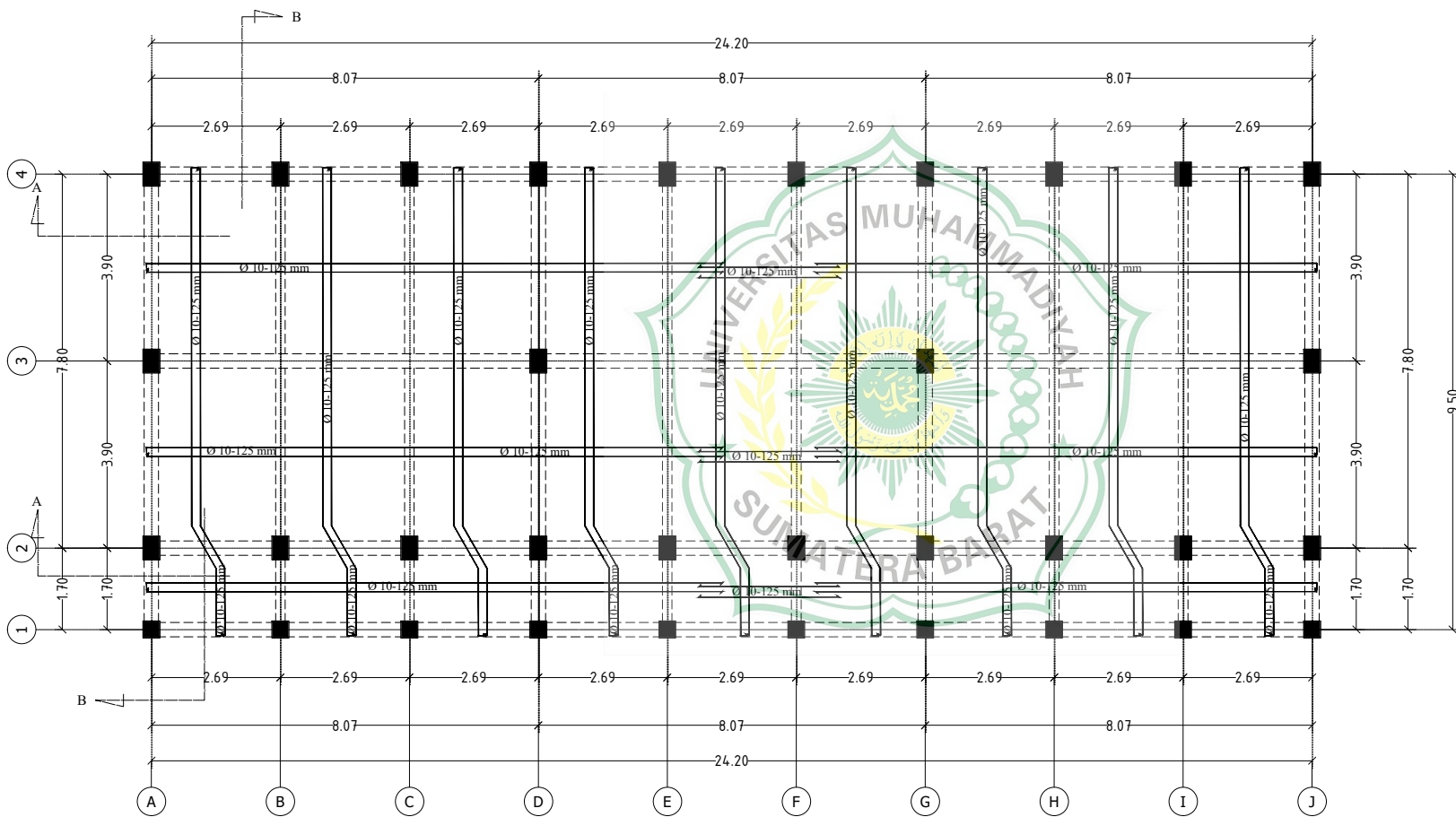
NAMA GAMBAR :
DENAH EKSTING PLAT LT 2

SKALA :
1:100

TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
12



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
PEMBESIAN EKSISTING PLAT LT 2

SKALA :
1:100



PEMBESIAN EKSISTING PLAT LT 2
SKALA 1:100

TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
13

TYPE KOLOM (K1) 350 mm x 500 mm			KOLOM (K1)			KOLOM (K1')		
Dimensi : B : 350 mm H : 500 mm Selimut Beton : = 40 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	4 ϕ 19	2+2 ϕ 19	4 ϕ 19	4 ϕ 19	2+2 ϕ 19	4 ϕ 19

TYPE KOLOM (K2) 350 mm x 350 mm			KOLOM (K2)			KOLOM (K2')		
Dimensi : B : 350 mm H : 350 mm Selimut Beton : = 40 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	3 ϕ 19	2 ϕ 19	3 ϕ 19	3 ϕ 19	2 ϕ 19	3 ϕ 19

KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DETAIL EKSISTING KOLOM LT 1

SKALA :
1:15

TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
03



DETAIL EKSISTING KOLOM
SKALA 1:15

TYPE BI (B1) 300 mm x 500 mm			BALOK (B1)			BALOK (B1')		
Dimensi : B : 300 mm H : 500 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	6 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16	3 ϕ 16	2 ϕ 12	6 ϕ 16

TYPE BI (B2) 300 mm x 400 mm			BALOK (B2)			BALOK (B2')		
Dimensi : B : 300 mm H : 400 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	4 ϕ 16	-	4 ϕ 16	4 ϕ 16		4 ϕ 16

TYPE BI (B3) 200 mm x 400 mm			BALOK (B3)			BALOK (B3')		
Dimensi : B : 200 mm H : 400 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	3 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16	3 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16

KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DETAIL EKSISTING BALOK LT 2

SKALA :
1:15

TAHUN:

2024

KODE :

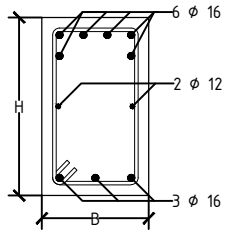
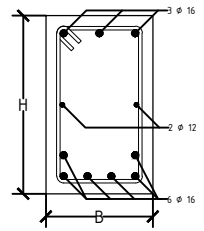
STR

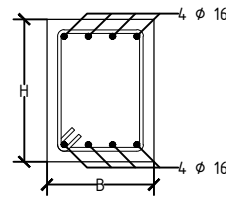
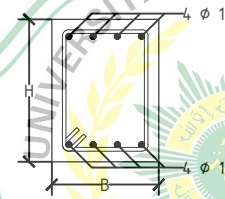
HALAMAN :

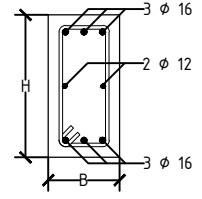
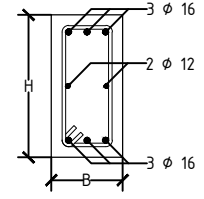
07



DETAIL EKSISTING BALOK LT 2
SKALA 1:15

TYPE BI (B1) 300 mm x 500 mm			BALOK (B1)			BALOK (B1')		
Dimensi : B : 300 mm H : 500 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	6 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16	3 ϕ 16	2 ϕ 12	6 ϕ 16

TYPE BI (B2) 300 mm x 400 mm			BALOK (B2)			BALOK (B2')		
Dimensi : B : 300 mm H : 400 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	4 ϕ 16	-	4 ϕ 16	4 ϕ 16	-	4 ϕ 16

TYPE BI (B3) 200 mm x 400 mm			BALOK (B3)			BALOK (B3')		
Dimensi : B : 200 mm H : 400 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	3 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16	3 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16

KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DETAIL EKSISTING BALOK LT 3

SKALA :

1:15

TAHUN:

2024

KODE :

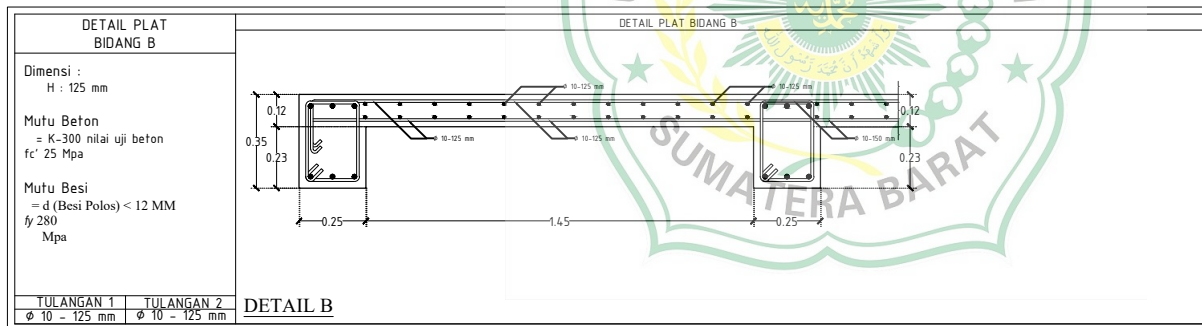
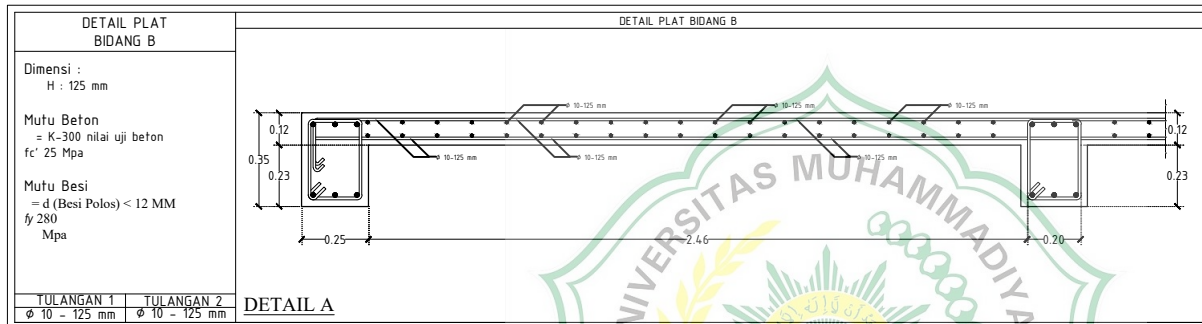
STR

HALAMAN :

11



DETAIL EKSISTING BALOK LT 3
SKALA 1:15



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DETAIL EKSISTING PLAT

SKALA :
1:20

TAHUN:

2024

KODE :

STR

HALAMAN :

15



DETAIL EKSISTING PLAT
SKALA 1:20

KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DETAIL EKSISTING PLAT

SKALA :
1:20

TAHUN:

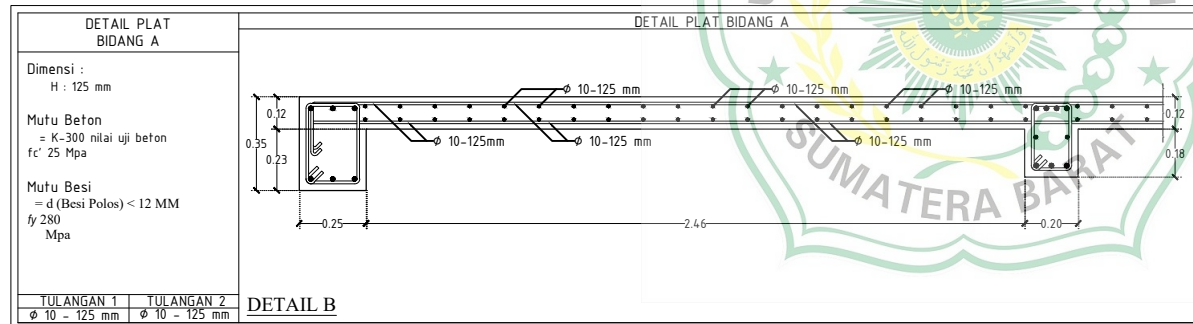
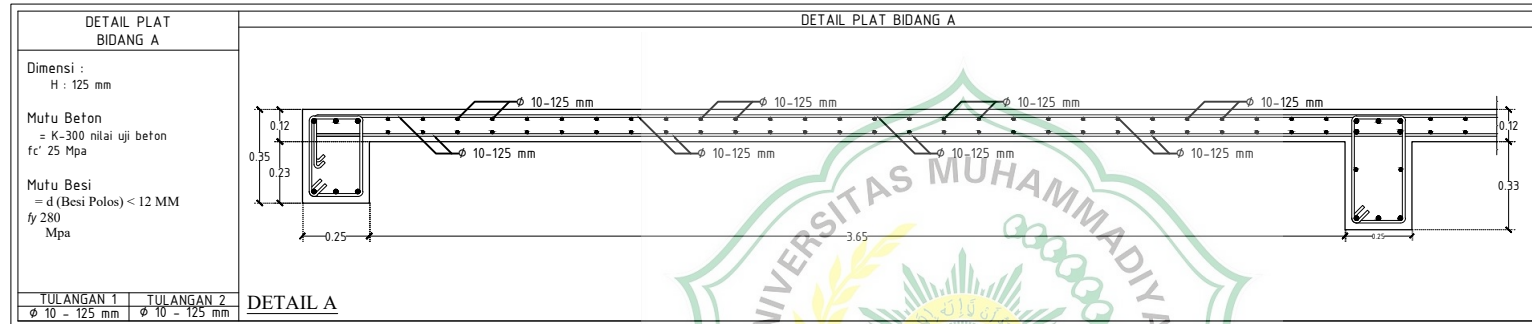
2024

KODE :

STR

HALAMAN :

14

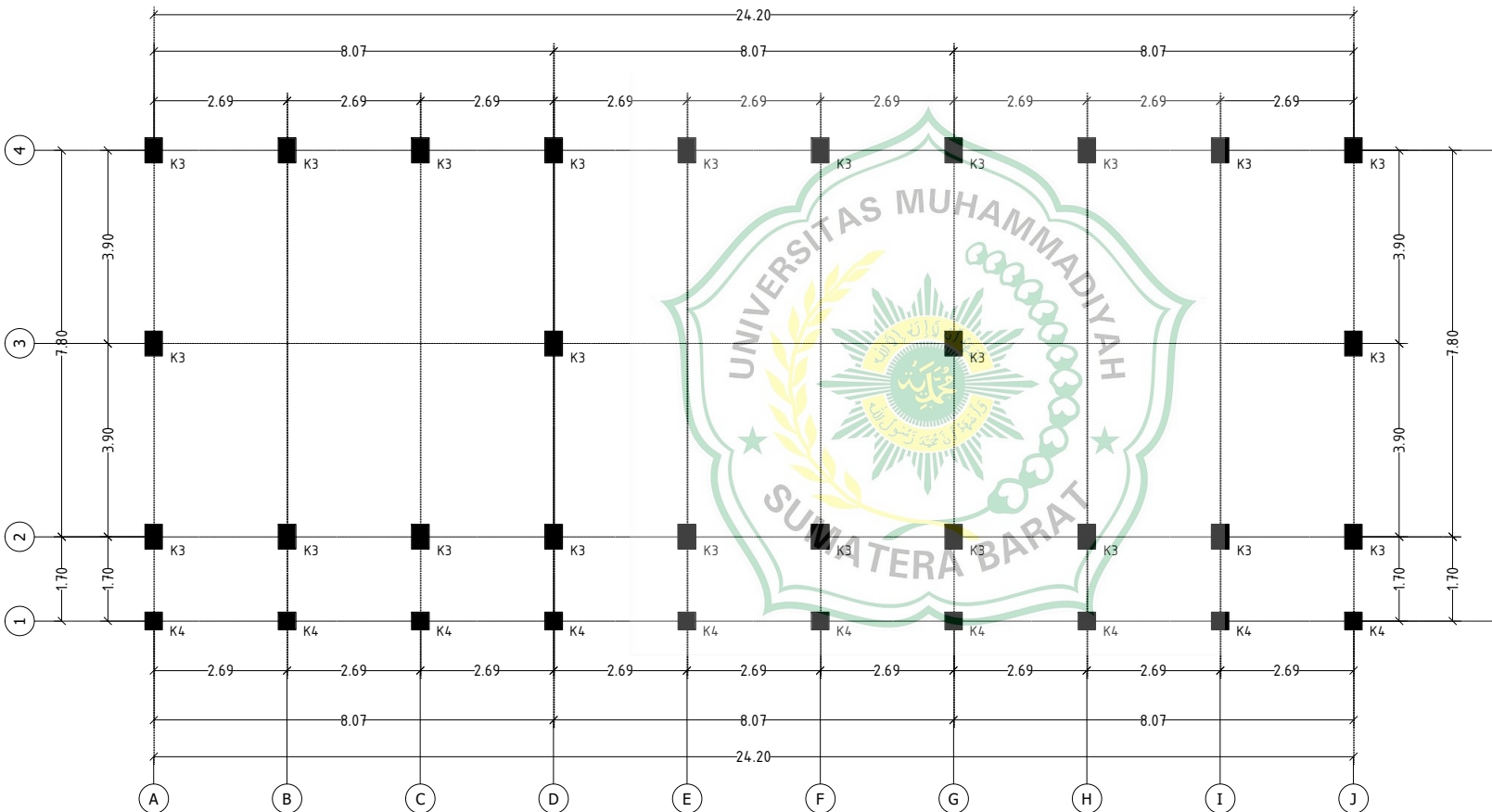


DETAIL EKSISTING PLAT
SKALA 1:20



PERENCANAAN
STRUKTUR LT 3

TAHUN 2024



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH KOLOM LT 3

SKALA :

TAHUN:

2024

KODE :

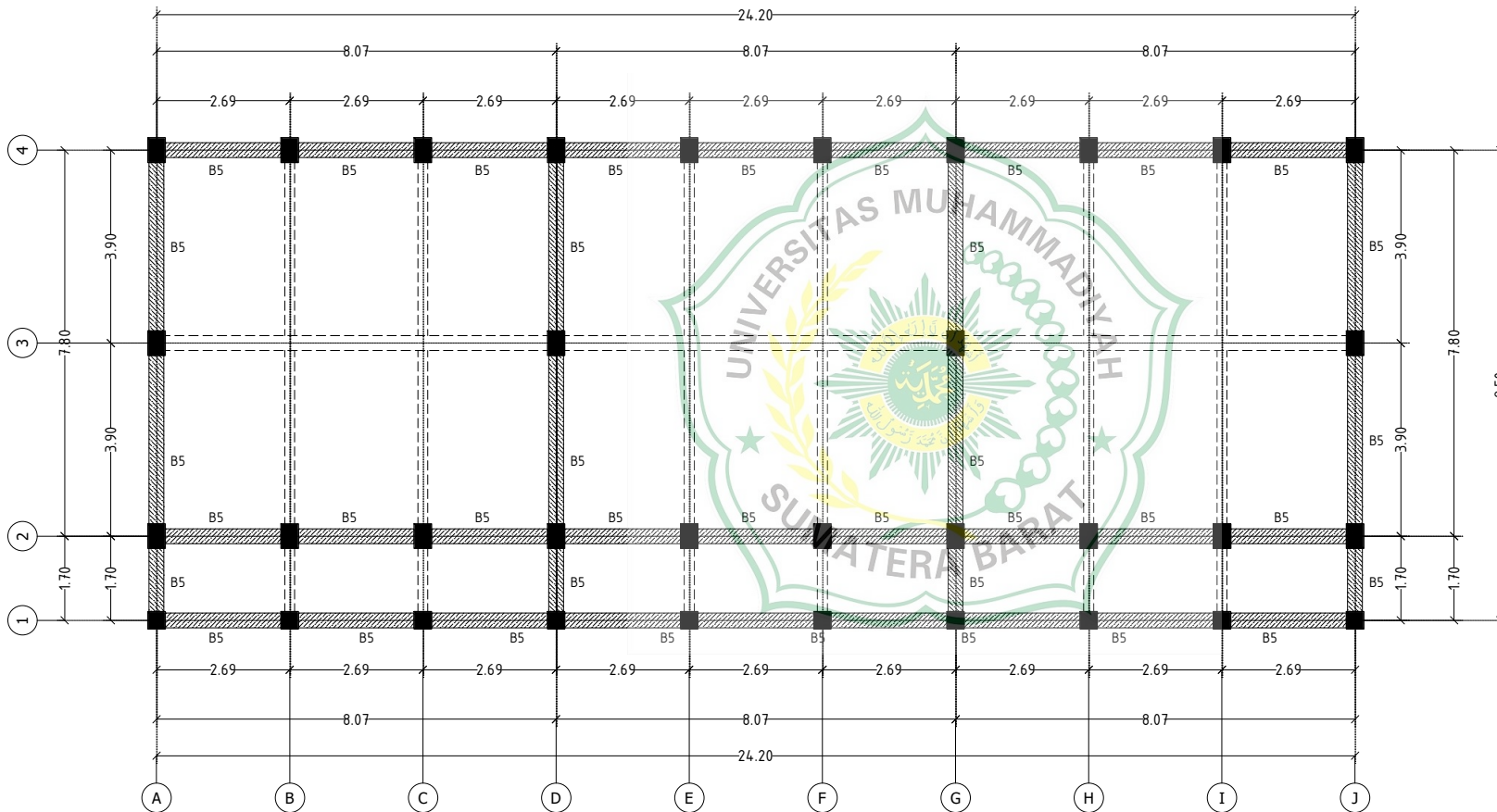
STR

HALAMAN :

01



DENAH KOLOM LT 3
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH BALOK ROOFTOP (B4)

SKALA :

TAHUN:

2024

KODE :

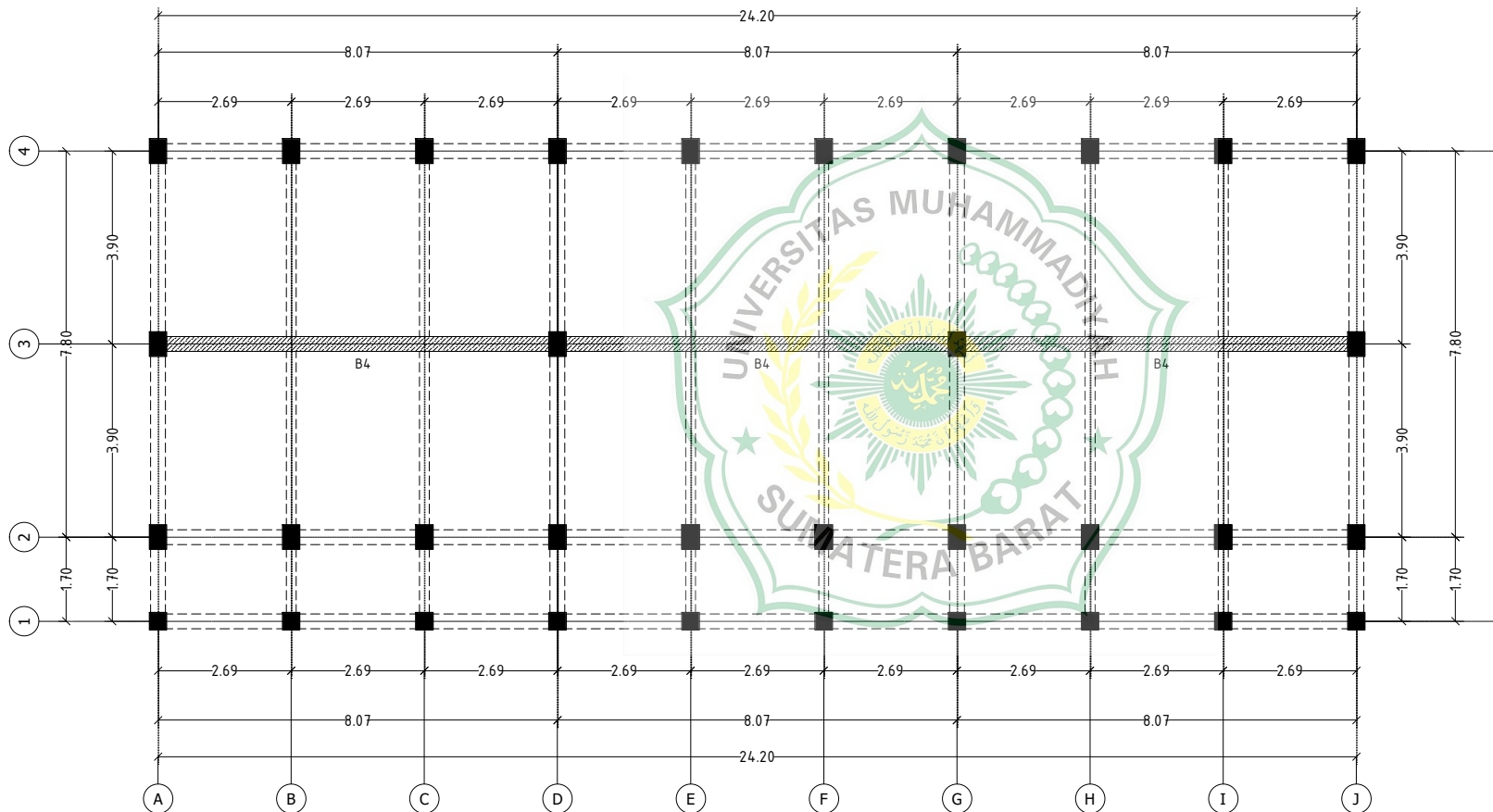
STR

HALAMAN :

03



DENAH BALOK ROOFTOP (B4)
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH BALOK ROOFTOP (B5)

SKALA :
1:100

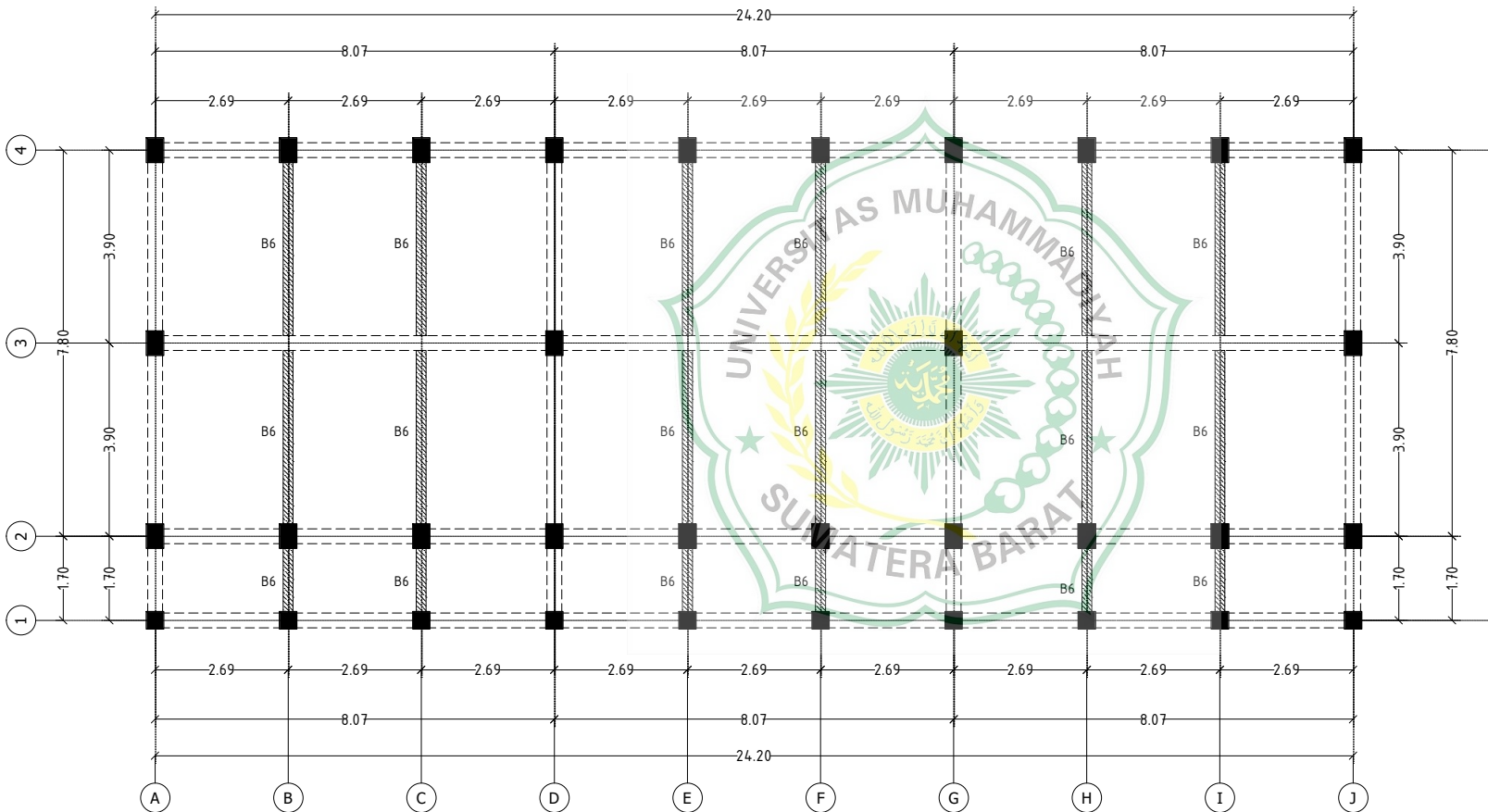
TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
04



DENAH BALOK ROOFTOP (B5)
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DENAH BALOK ROOFTOP (B6)

SKALA :
1:100

TAHUN:

2024

KODE :

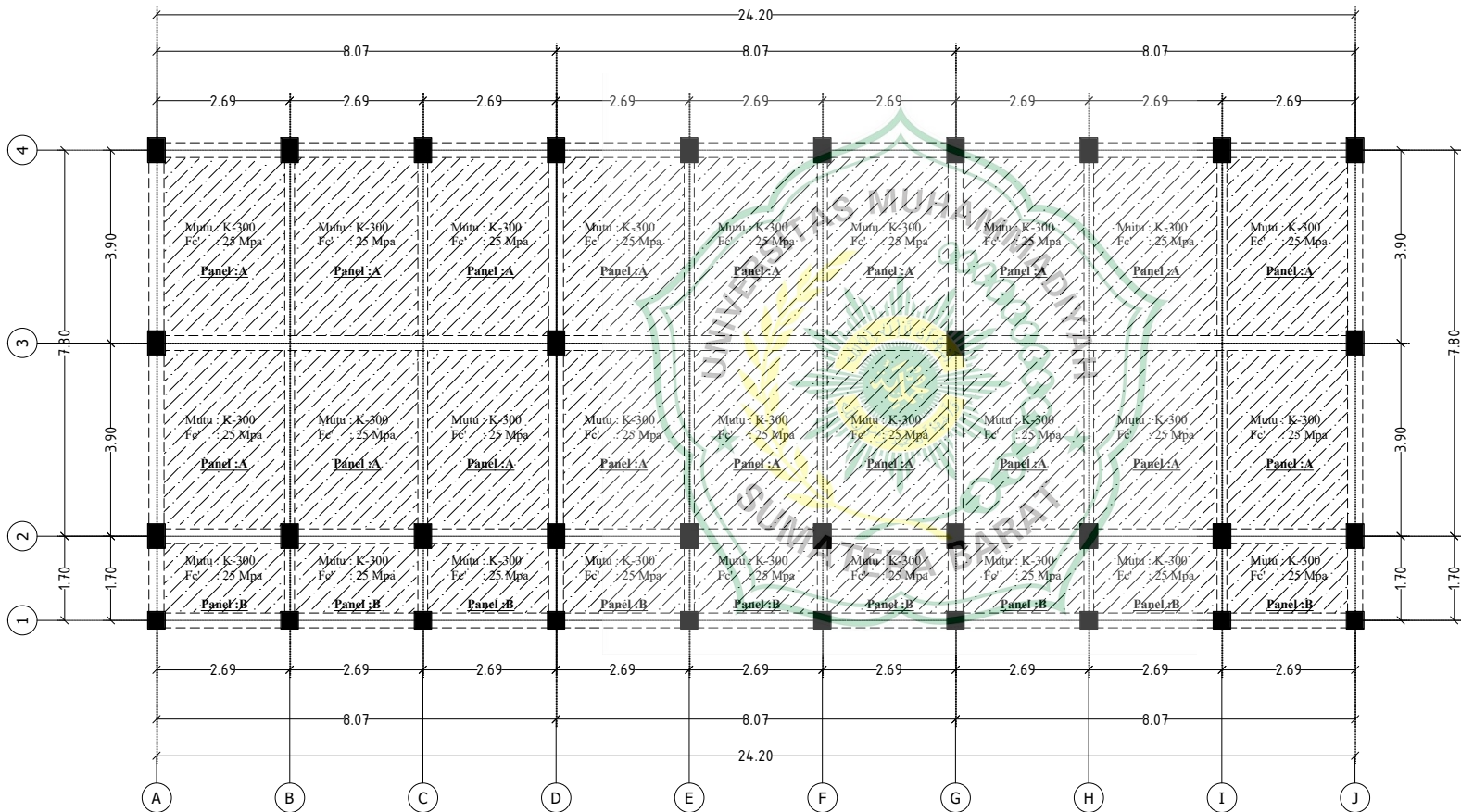
STR

HALAMAN :

05



DENAH BALOK ROOFTOP (B6)
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

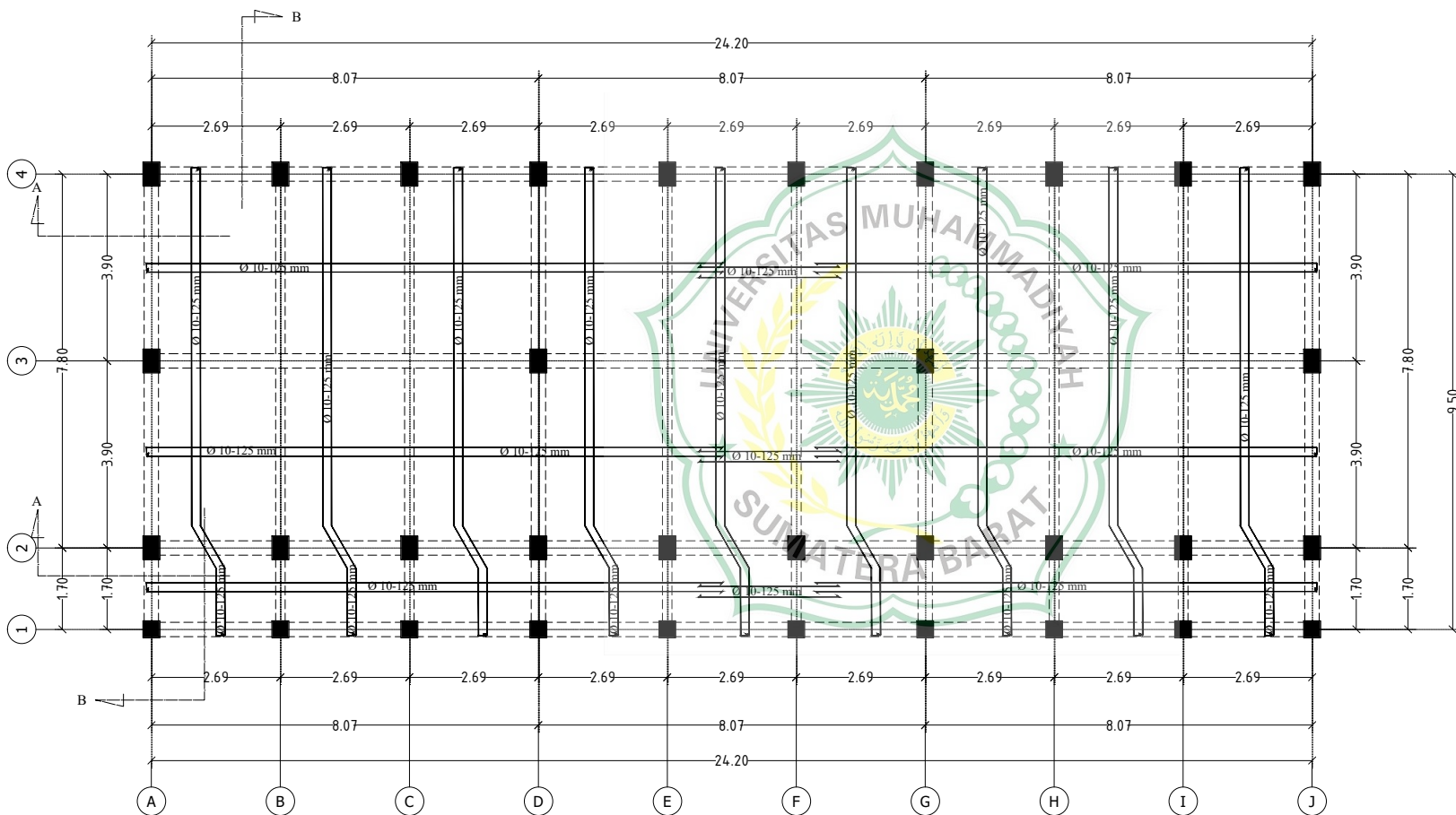
NAMA GAMBAR :
DENAH PLAT LT 3

SKALA :
1:100

TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
07



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

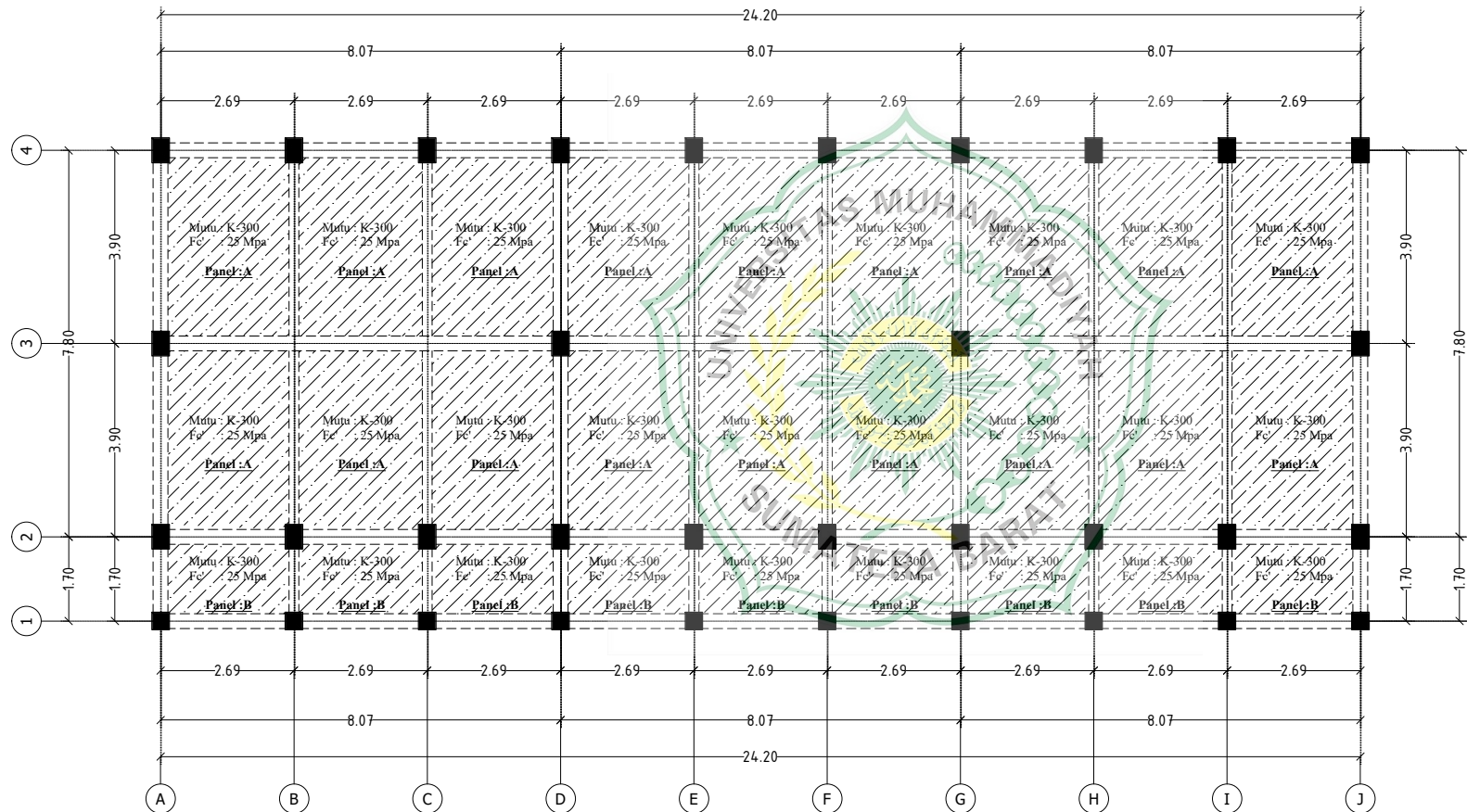
PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
PEMBESIAN PLAT LT 3

SKALA :
1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

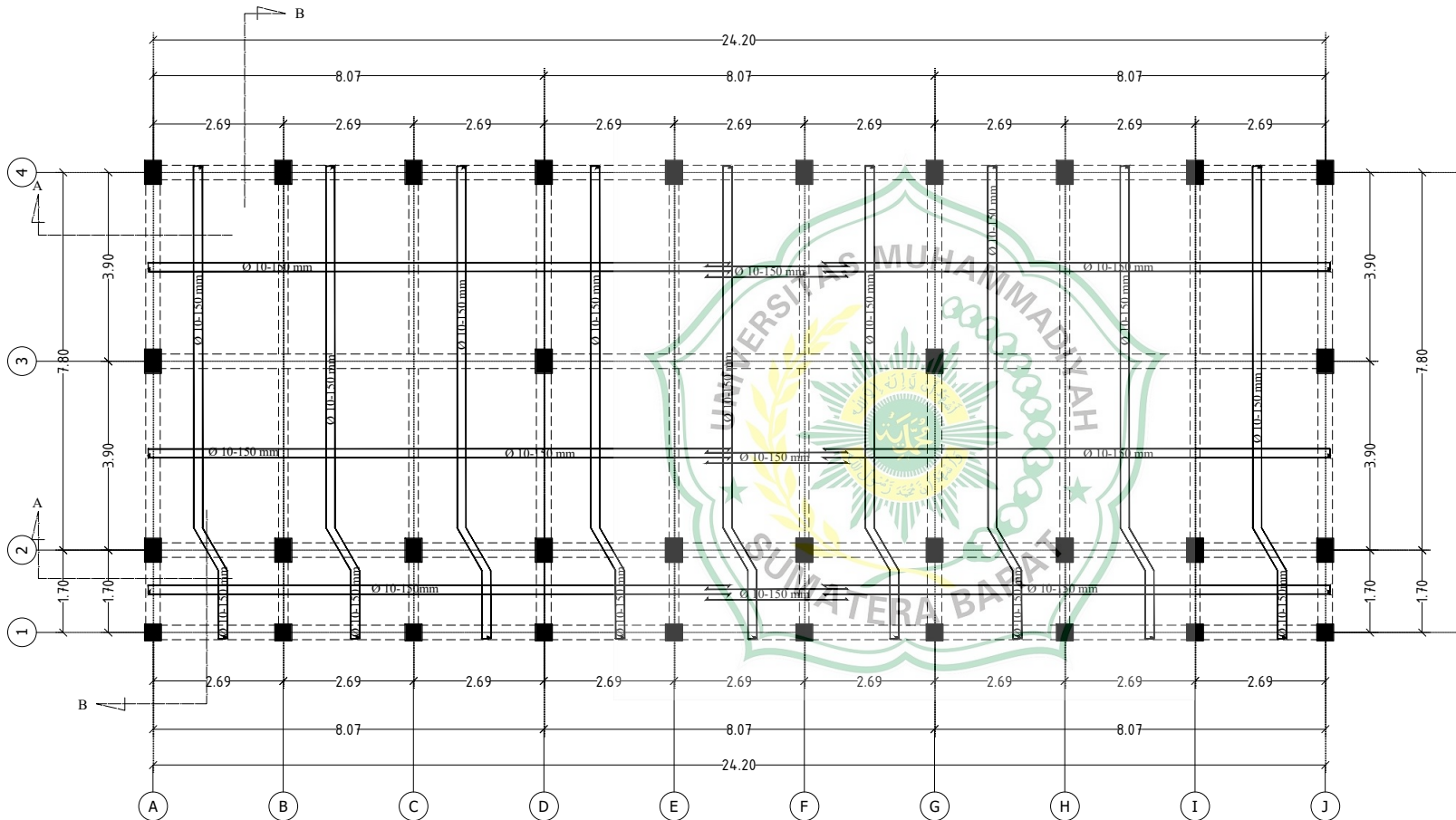
NAMA GAMBAR :
DENAH PLAT LANTAI ROOFTOP

SKALA :
1:100

TAHUN: 2024	KODE : STR	HALAMAN : 11
----------------	---------------	-----------------



DENAH PLAT LANTAI ROOFTOP
SKALA 1:100



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
PEMBESIAN PLAT LANTAI ROOFTOP

SKALA :
1:100

TAHUN:

2024

KODE :

STR

HALAMAN :

12



PEMBESIAN PLAT LANTAI ROOFTOP
SKALA 1:100

TYPE KOLOM (K3) 350 mm x 500 mm			KOLOM (K3)			KOLOM (K3')		
Dimensi : B : 350 mm H : 500 mm Selimut Beton : = 40 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	4 ϕ 19	2+2 ϕ 19	4 ϕ 19	4 ϕ 19	2+2 ϕ 19	4 ϕ 19

TYPE KOLOM (K4) 350 mm x 350 mm			KOLOM (K4)			KOLOM (K4')		
Dimensi : B : 350 mm H : 350 mm Selimut Beton : = 40 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	3 ϕ 19	2 ϕ 19	3 ϕ 19	3 ϕ 19	2 ϕ 19	3 ϕ 19

KETERANGAN :

PERENCANAAN :
PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN
PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :
PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :
JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DETAIL EKSISTING KOLOM LT 1

SKALA :
1:15

TAHUN:	KODE :	HALAMAN :
2024	STR	02

TYPE BI (B4) 250 mm x 450 mm			BALOK (B4)			BALOK (B4')		
Dimensi : B : 250 mm H : 450 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	5 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16	3 ϕ 16	2 ϕ 12	5 ϕ 16

TYPE BI (B5) 250 mm x 350 mm			BALOK (B5)			BALOK (B5')		
Dimensi : B : 250 mm H : 350 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	3 ϕ 16	-	3 ϕ 16	3 ϕ 16	-	3 ϕ 16

TYPE BI (B6) 200 mm x 300 mm			BALOK (B6)			BALOK (B6')		
Dimensi : B : 200 mm H : 300 mm Selimut Beton : = 25 mm Mutu Beton = K-300 nilai uji beton f_c' 25 Mpa Mutu Besi =D (Besi Ulir) < 12 MM f_y 400 Mpa = d (Besi Polos) < 12 MM f_y 240 Mpa								
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ϕ 10-100	ϕ 10-150	ϕ 10-100	4 ϕ 16	2 ϕ 12	3 ϕ 16	3 ϕ 16	2 ϕ 12	4 ϕ 16

KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DETAIL BALOK

SKALA :

1:15

TAHUN:

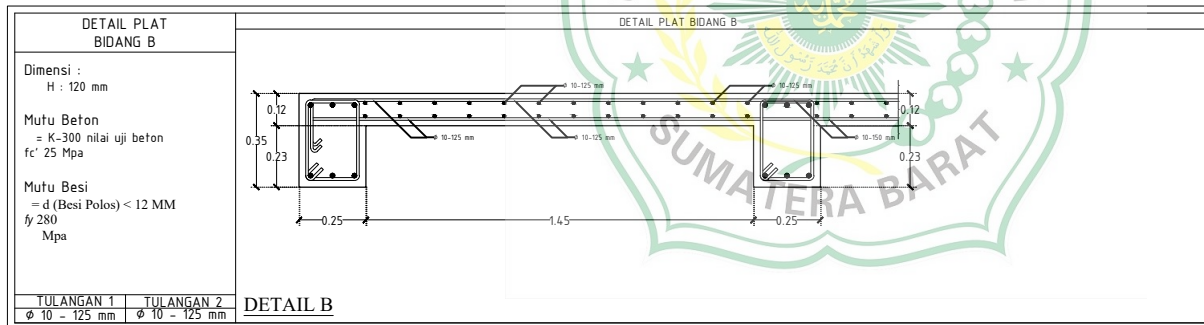
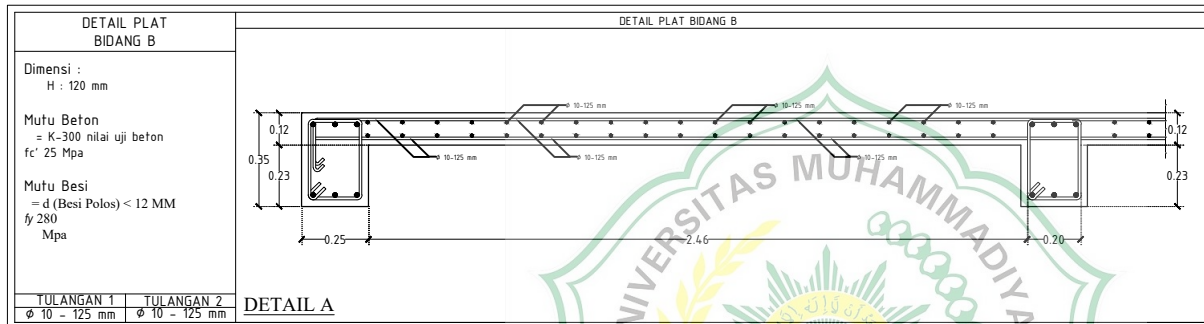
2024

KODE :

STR

HALAMAN :

06



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DETAIL PLAT

SKALA :

1:100

TAHUN:

2024

KODE :

STR

HALAMAN :

14



DETAIL PLAT
SKALA 1:20

KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	: VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	: -	
KONTRAKTOR	: -	
-	: -	
-	: -	

NAMA GAMBAR :

DETAIL PLAT

SKALA :

1:20

TAHUN:

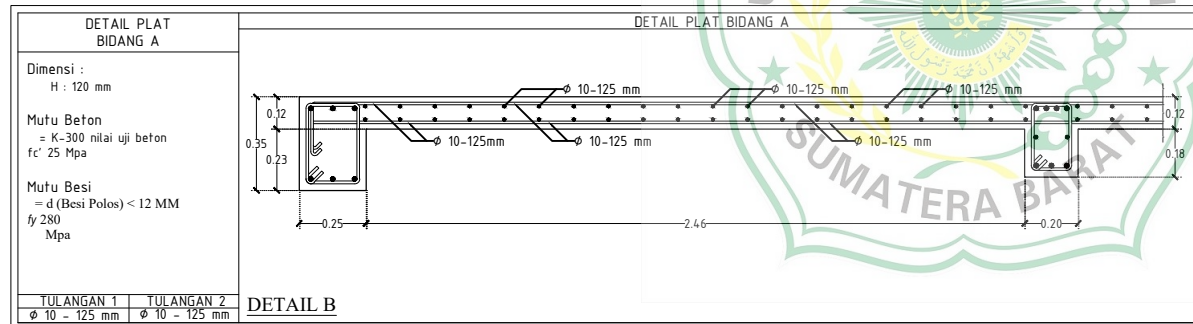
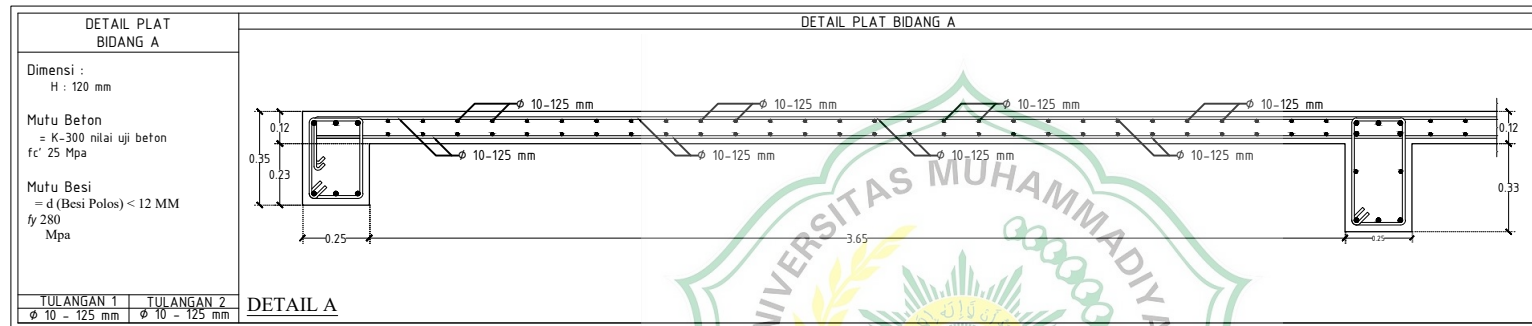
2024

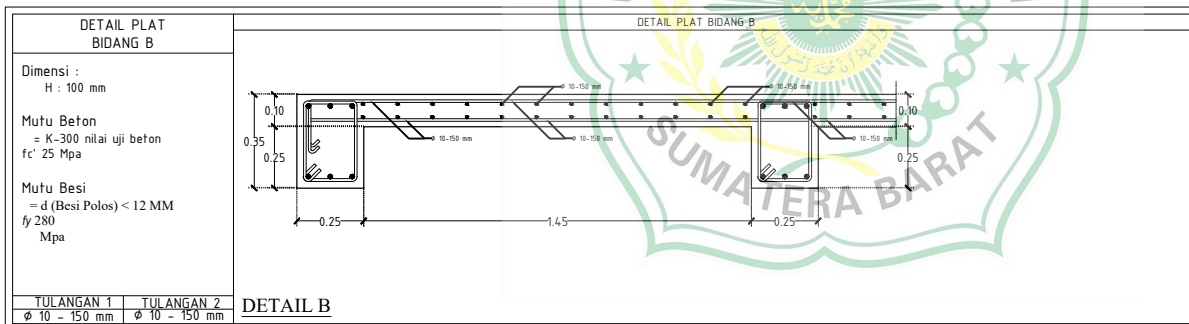
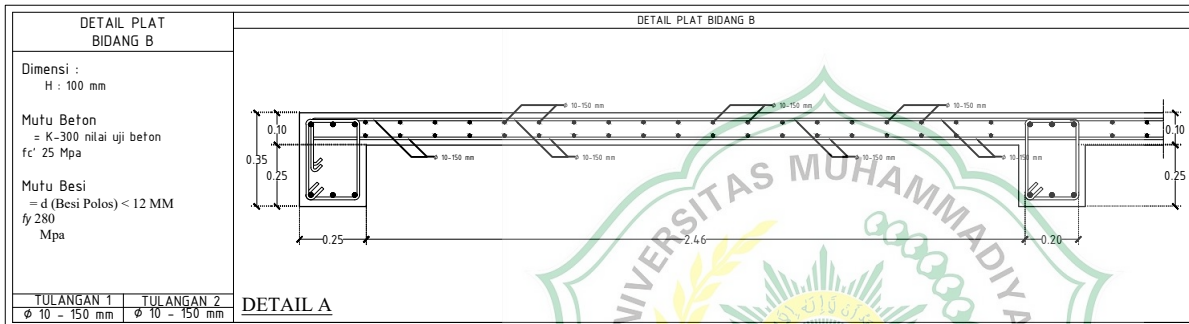
KODE :

STR

HALAMAN :

13





KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :

DETAIL PLAT

SKALA :

1:100

TAHUN:

2024

KODE :

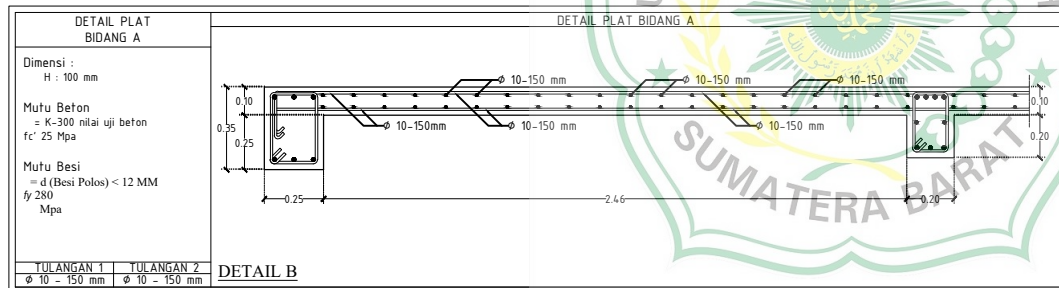
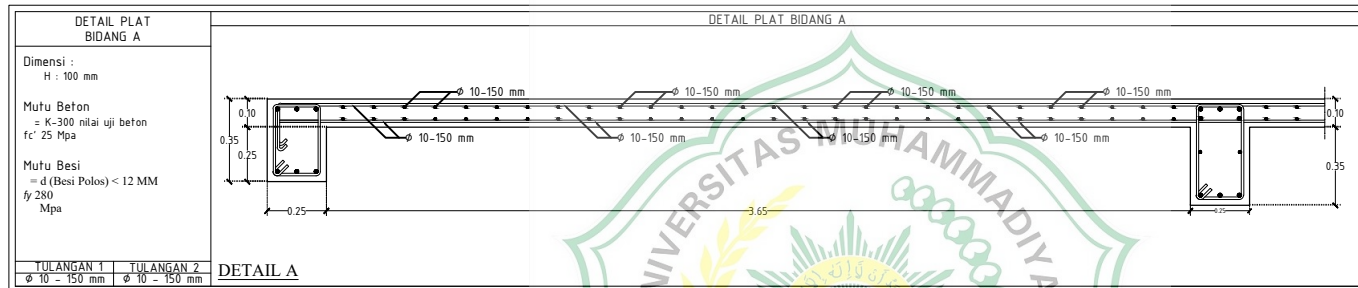
STR

HALAMAN :

14



DETAIL PLAT
SKALA 1:20



KETERANGAN :

PERENCANAAN :

PERENCANAAN PEMBAGUNAN SD NEGERI 14 LAING
KOTA SOLOK

KEGIATAN

PERENCANAAN LANTAI 3

PEKERJAAN :

PERENCANAAN LANTAI 3

LOKASI :

JL.KPT.Bahar Hamid

DRAFTER	VANIA ANDESMALTA F	PARAF
KONSULTAN	-	
KONTRAKTOR	-	
-	-	
-	-	

NAMA GAMBAR :
DETAIL PLAT

SKALA :
1:20

TAHUN:
2024

KODE :
STR

HALAMAN :
13