

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM DAN BALOK PADA
PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT REGINA MARIS
Jl. BRIGJEND KATAMSO MEDAN**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Sastra Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

**MASMUR NATOLIUS SILAEN
NPM : 188110109**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 18/11/22

Access From (repository.uma.ac.id)18/11/22

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS STRUKTUR KOLOM DAN BALOK PADA
PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT REGINA MARIS JL.
BRIGJEND KATAMSO MEDAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Sastra Satu
Universitas Medan Area

Dosen Pembimbing I

Hermansyah, S.T., M.T.
NIDN : 0106088004

Dosen Pembimbing II

Ir. Irwan, M.T.
NIDN : 0004045901

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom
NIDN : 0105058804

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Hermansyah, S.T., M.T.
NIDN : 0106088004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah ini :

Nama : Masmur Natolius Silaen

NPM : 188110109

Jurusan : Teknik Sipil

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Struktur Kolom Dan Balok Pada Pembangunan
Rumah Sakit Regina Maris Jl. Brigjend Katamso Medan.

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan apabila kelak dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar (skripsi plagiat) maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar kesarjanaan atau sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 30 September 2022
Yang Membuat Pernyataan



Masmur Natolius Silaen
188110109

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/11/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)18/11/22

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Masmur Natolius Silaen

NIM : 18 811 0109

Program Studi : Teknik Sipil


Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya saya yang berjudul Analisis Struktur Kolom dan Balok Pada Pembangunan Rumah Sakit Regina Maris Jl. Brigjend Katamso Medan. Beserta Perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 30 September 2022
Yang membuat pernyataan


Masmur Natolius Silaen
188110109

RIWAYAT HIDUP

Masmur Natolius Silaen, dilahirkan di Torganda, Kota Riau, Meriah pada tanggal 26 Januari 1999. Anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Nasib Paruntungan Silaen dan Merry Manurung. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar SD N 173628 Saroha Lumban Pinasa Kec. Habinsaran Kab. Toba pada tahun 2012.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke SMP Swasta Kartini Parsoburan Kec. Habinsaran Kab. Toba dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas SMA N 1 Habinsaran Kec. Habinsaran Kab. Toba dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan Starata satu (S-1) disalah satu universitas swasta yang berada di kota Medan, Sumatera Utara yaitu: Universitas Medan Area dengan mengambil jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan yang maha esa, atas berkat yang diberikan kepada saya, kedua orangtua saya, keluarga beserta teman teman. Sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi saya dengan segala kemampuan dan kesempatan yang baik ini.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini berjudul **“Analisis Struktur Kolom dan Balok Pada Pembangunan Rumah Sakit Regina Maris Jl. Brigjend Katamso Medan.”**

Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, Bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng,M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Bapak Hermansyah, S.T. M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing I Laporan Skripsi saya yang dengan sabar telah membimbing saya serta memberikan masukan- masukan yang sangat berguna bagi saya.

4. Bapak Ir. H. Irwan, M.T. Selaku Dosen Pembimbing II saya yang juga turut membantu saya.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selalu membantu penulisan dalam pengajaran dan segala urusan serta administrasi.
6. Bapak Erikson Sipahutar, S.T. dkk, yang sudah memberikan saya kesempatan, bimbingan, nasehat dalam penelitian di pembangunan rumah sakit regina maris katamsso medan.
7. Teristimewa, kepada kedua orang tua saya, Ayah dan Ibunda saya serta kepada seluruh keluarga besar saya yang telah memberikan doa, bantuan, dorongan semangat dan pengertian yang tulus, baik material dan spiritual, sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh rekan-rekan sejawat Mahasiswa/I Teknik Sipil angkatan 2018 Universitas Medan Area dan teman-teman seperjuangan yang telah banyak memberikan energy positif dan semangat kepada saya dan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta di iringi dengan doa untuk menyelesaikan skripsi ini hanya kepada Tuhan yang Maha Esa Semua dikembalikan.

Medan, 30 September 2022



Masmur Natolius Silaen
188110109

ABSTRAK

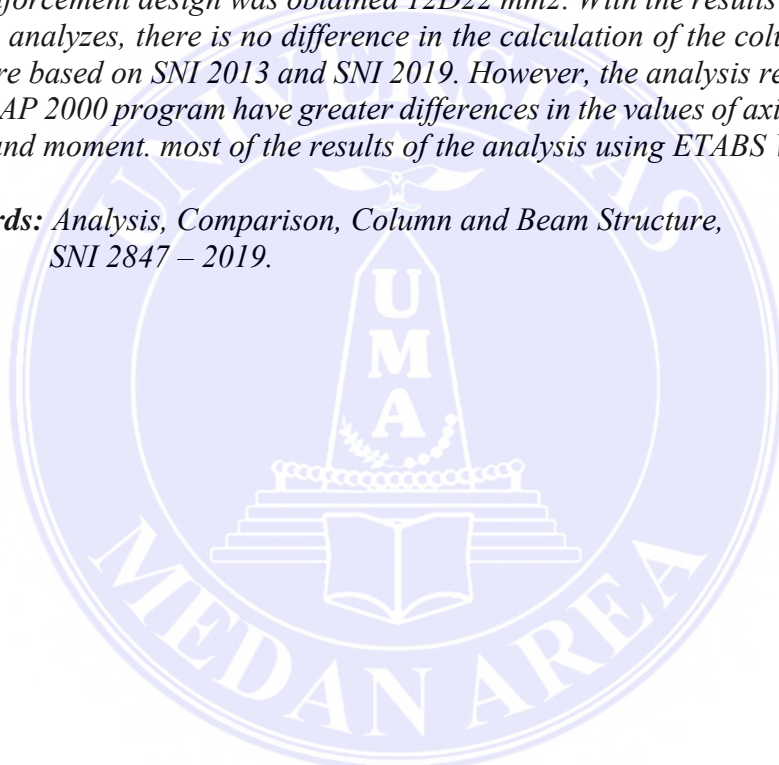
Kolom dan Balok menjadi hal yang sangat penting untuk mendukung berdirinya bangunan bertingkat yang kuat dan kokoh, dengan adanya pemasangan kolom dan balok yang sesuai dan perhitungan struktur kolom dan balok berdasarkan SNI - 2847:2019 serta Analisis struktur yang dilakukan menggunakan program Aplikasi SAP 2000 sehingga dapat diteliti sekaligus di pahami untuk pengujian sebelum dilakukan pembangunan untuk tahap selanjutnya. Sehingga dalam penelitian bertujuan untuk menganalisis gaya aksial, gaya geser dan momen menggunakan Program SAP 2000 dan perhitungan struktur kolom dan balok berdasarkan SNI 2847 – 2019 dan perbandingan Analisa perhitungan pada proyek yang berdasarkan SNI 2847 - 2013. Berdasarkan hasil dari perhitungan struktur dengan metode SNI-2847 2019 diperoleh desain tulangan dengan $A's = 8D19 \text{ mm}^2$ dan $A_s = 4D19 \text{ mm}^2$ dan pada kolom diperoleh desain tulangan $12D22 \text{ mm}^2$. Dengan hasil yang diperoleh dari kedua Analisis, maka tidak ada diperoleh perbedaan pada perhitungan struktur kolom dan balok dengan berdasarkan SNI 2013 dan SNI 2019. Namun untuk hasil analisis yang diperoleh pada Program SAP 2000 memiliki perbedaan nilai gaya aksial, gaya geser, dan momen yang lebih besar dari hasil analisis menggunakan ETABS V18.

Kata Kunci : Analisis, Perbandingan, Struktur Kolom dan Balok, SNI 2847 – 2019.

ABSTRACT

Columns and beams are very important to support the establishment of high-rise buildings that are strong and sturdy, with the installation of appropriate columns and beams and calculation of column and beam structures based on SNI - 2847:2019 as well as structural analysis carried out using the SAP 2000 Application program so that it can be researched as well as understood for testing before development for the next stage. So in this study the aim is to analyze the axial force, shear force and moment using the SAP 2000 program and the calculation of the column and beam structure based on SNI 2847 – 2019 and a comparison of the calculation analysis on the project based on SNI 2847 - 2013. Based on the results of the structural calculations using the SNI-2013 method. 2847 2019 obtained the reinforcement design with $A's = 8D19 \text{ mm}^2$ and $As = 4D19 \text{ mm}^2$ and on the column the reinforcement design was obtained $12D22 \text{ mm}^2$. With the results obtained from the two analyzes, there is no difference in the calculation of the column and beam structure based on SNI 2013 and SNI 2019. However, the analysis results obtained in the SAP 2000 program have greater differences in the values of axial force, shear force, and moment. most of the results of the analysis using ETABS V18.

Keywords: *Analysis, Comparison, Column and Beam Structure, SNI 2847 – 2019.*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

RIWAYAT HIDUP

KATA PENGANTAR..... i

ABSTRAK iii

ABSTRACT iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBAR..... ix

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR NOTASI..... xiii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Maksud Penelitian..... 5

1.3 Tujuan Penelitian 5

1.4 Rumusan Masalah..... 6

1.5 Batasan Masalah 6

1.6 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 7

2.1 Penelitian Terdahulu..... 7

2.2 Dasar Teori 10

2.3 Rumus Desain Balok 11

2.3.1	Baja Tulangan Untuk Lentur pada Tumpuan	11
2.3.2	Baja Tulangan Untuk Lentur pada tengah Bentang	14
2.3.3	Check Kapasitas Geser Balok	16
2.3.4	Persyaratan Hoops (Sengkang Tertutup).....	18
2.3.5	Splicing Untuk Tulangan Menenus Baja	18
2.3.6	Penulangan Torsi	19
2.4	Rumus Desain Kolom.....	20
2.4.1	Pemeriksaan Dimensi dan Tulangan Utama.....	20
2.4.2	Desain Tulangan <i>Confinement</i>	20
2.5	Pemeriksaan Hubungan Kolom Balok	22
2.5.1	Dimensi Join.....	22
2.5.2	Penulangan Transversal untuk <i>Confinement</i>	22
2.6	Pembahasan Struktur	23
2.6.1	Mutu Beton.....	23
2.6.2	Baja Tulangan.....	24
2.6.3	Faktor Reduksi Kekuatan	24
2.6.4	Reduksi Kekuatan Penampang.....	25
2.6.5	Berat Sendiri Struktur.....	25
2.6.6	Beban Mati Tambahan	26
2.6.7	Beban Hidup.....	27
2.6.8	Kombinasi Pembebanan Struktur	30
2.6.9	Kombinasi Pembebanan Struktur Bawah.....	31

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Deskripsi Penelitian.....	36
-----	---------------------------	----

3.2 Lokasi Penelitian	36
3.3 Tahapan Penelitian	37
3.4 Kuat Lentur Balok	38
3.5 Kuat Geser Balok	44
3.5.1 Mekanika Tahanan Geser Pada Balok	45
3.6 Kuat Momen Torsi Balok	47
3.6.1 Teori <i>Space Truss</i> Torsi	48
3.7 Elemen Struktur Kolom.....	50
3.7.1 Diagram Interaksi Kekuatan Element Kolom	51
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL PERHITUNGAN	55
4.1 Input Data Ke <i>Software</i>	55
4.2 Perhitungan Struktur Kolom dan Balok Berdasarkan SNI 2847 -2013	65
4.2.1 Perhitungan Desain Balok.....	65
4.2.2 Perhitungan Desain Kolom	78
4.2.3 Perhitungan Pemeriksaan Hubungan Kolom dan Balok	82
4.3 Perhitungan Struktur Kolom dan Balok Berdasarkan SNI 2847 -2013	85
4.3.1 Perhitungan Kuat Lentur Balok.....	86
4.3.2 Perhitungan Kuat Geser Balok.....	92
4.3.3 Perhitungan Momen Torsi Balok	103
4.3.4 Perhitungan Struktur Kolom	114
4.4 Pembahasan	123

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	125
5.1 Kesimpulan.....	235
5.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.6.a	: Lokasi Titik Borlog pada Lokasi	29
Gambar 2.6.b	: Ss Gempa untuk Wilayah Medan	30
Gambar 2.6.c	: S1 Gempa untuk Wilayah Medan.....	30
Gambar 2.6.d	: Respon Spektra Desain untuk Kelas Situs	31
Gambar 3.2.a	: Lokasi Penelitian	36
Gambar 3.3.a	: Alur Penelitian	37
Gambar 3.4.a	: Susunan Tulangan Balok	38
Gambar 3.4.b	: Distribusi Tegangan Regangan.....	39
Gambar 3.4.c	: Kondisi Tegangan Regangan.....	41
Gambar 3.4.d	: Nilai dari Parameter Kuat Lentur Balok.....	43
Gambar 3.5.a	: <i>Web Shear Crack</i>	44
Gambar 3.5.b	: <i>Flexure Shear Crack</i>	44
Gambar 3.5.c	: Komponen Tahan Geser Setelah Terjadi Retak	46
Gambar 3.6.a	: Tegangan Torsi	47
Gambar 3.6.b	: <i>Analogi Thin Walled</i>	49
Gambar 3.6.c	: <i>Space Truss Analogy</i>	49
Gambar 3.7.a	: <i>Space Truss Analogy</i>	51
Gambar 3.7.1	: Diagram Interaksi P-M	52
Gambar 3.7.2	: Kolom yang dibebani Beban Eksentrik	54
Gambar 4.1.a	: <i>Model Intialization</i>	55

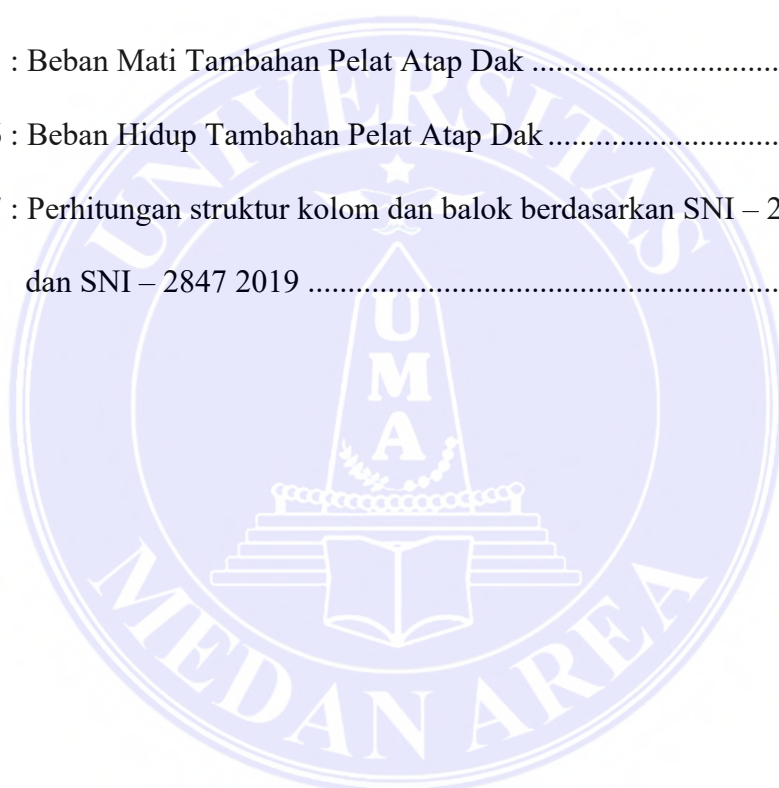
Gambar 4.1.b	: <i>3D Frame Type</i>	55
Gambar 4.1.c	: <i>Grid Data</i>	56
Gambar 4.1.d	: <i>Materi Property Data</i>	56
Gambar 4.1.e	: <i>Material Property Data</i>	57
Gambar 4.1.f	: <i>Frame Peoperties</i>	57
Gambar 4.1.g	: <i>Tampak Atas Grid Bangunan</i>	58
Gambar 4.1.h	: <i>3D View Bangunan</i>	58
Gambar 4.1.i	: <i>Define Load Pattern</i>	59
Gambar 4.1.j	: <i>Load Combination</i>	59
Gambar 4.1.k	: <i>Add New Area Section</i>	60
Gambar 4.1.l	: <i>Add Properties Of Object</i>	60
Gambar 4.1.m	: <i>Replace Exciting Loads</i>	61
Gambar 4.1.n	: <i>Add To Exciting Loads</i>	61
Gambar 4.1.o	: <i>Set Analisis Option</i>	62
Gambar 4.1.p	: <i>Run Analisis</i>	62
Gambar 4.1.q	: <i>Block Frame</i>	63
Gambar 4.1.r	: <i>Start Design/Check Of Structure</i>	64
Gambar 4.1.s	: <i>Verify All Member</i>	64
Gambar 4.2.a	: <i>Pondasi Balok B1</i>	65
Gambar 4.2.b	: <i>Diagram Moment</i>	66
Gambar 4.2.2	: <i>Penulangan Balok</i>	68
Gambar 4.2.3	: <i>Posisi Kolom yang Ditinjau</i>	78
Gambar 4.2.4	: <i>Posisi Kolom yang Ditinjau</i>	78
Gambar 4.2.5	: <i>Pembalokan Lantai 3A</i>	80

Gambar 4.2.6	: Konsep Analisa Balok Tulangan Rangkap	80
Gambar 4.2.7	: Detail Balok (400 x 600).	80
Gambar 4.2.8	: Gaya geser <i>ultimate</i> sepanjang bentang balok.....	94
Gambar 4.2.9	: Tampak Memanjang Balok..	102
Gambar 4.2.10	: Tampak Memanjang Gedung Rumah Sakit.....	114
Gambar 4.2.11	: <i>Aligment Chart</i>	118
Gambar 4.2.12	: Desain Tulangan Kolom.....	118



DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Mutu Beton	25
Tabel 2 : Baja Tulangan	26
Tabel 3 : Faktor Reduksi Kekuatan.....	26
Tabel 4 : Beban Mati Tambahan	28
Tabel 5 : Beban Mati Tambahan Pelat Atap Dak	30
Tabel 6 : Beban Hidup Tambahan Pelat Atap Dak	30
Tabel 7 : Perhitungan struktur kolom dan balok berdasarkan SNI – 2847 2013 dan SNI – 2847 2019	123



DAFTAR NOTASI

\emptyset	:	Faktor Reduksi Kuat Lentur
$A's$:	Luas Daerah Tekan Tulangan
A_s	:	Luas Daerah Tulangan
b	:	Lebar Balok
D	:	Diameter Tulangan Ulir
d	:	Tinggi Efektif Balok
DL	:	Dead Load
$F'c$:	Mutu Beton
F_y	:	Mutu Baja
h	:	Tinggi Balok
LL	:	Live Load
M_n	:	Momen Nominal
M_u	:	Momen Ultimit
\emptyset	:	Diameter Tulangan Polos
$SIDL$:	Superimposed Dead Load
ρ	:	Konfigurasi Penulangan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya perekonomian di pusat kota menyebabkan semakin banyaknya kebutuhan fasilitas kesehatan dengan fasilitas dan peralatan lengkap. Melihat semakin banyaknya kebutuhan fasilitas kesehatan namun dengan luas lahan yang terbatas di pusat kota. Maka pembangunan Rumah Sakit dengan konsep *High Rise Building* menjadi solusi yang baik untuk merencanakan proyek pembangunan rumah sakit dengan Gedung bertingkat. Sebagai contoh dalam pembangunan rumah sakit siloam semarang yang di desain terhadap gaya lateral yang mungkin terjadi, yaitu akibat gempa, meskipun dalam melakukan pemodelan dibantu dengan *software SAP 2000*, tetap dilakukan pengontrolan desain yang sesuai batasan SNI. (Andre Obrien Damanik, 2018).

Setiap bangunan konstruksi gedung harus memiliki komponen struktur yang kuat untuk menahan beban yang diterimanya. Komponen struktur terdiri dari struktur atas berupa atap, tangga, balok dan kolom sedangkan struktur bawah berupa fondasi. Struktur atas berfungsi sebagai pendukung gaya-gaya yang bekerja pada suatu gedung. Sedangkan struktur bawah berfungsi meneruskan gaya-gaya dari struktur atas ke tanah. Sehingga komponen struktur tersebut wajib dihitung dan dianalisa berdasarkan kombinasi pembebanan dan gaya terfaktor yang sesuai. Rumah sakit merupakan bangunan publik yang memiliki faktor keamanan tinggi sehingga diperlukan perencanaan struktur yang mampu menahan gempa rencana untuk menjamin keamanan, keutuhan dan keselamatan penghuni bangunan pasca

terjadinya gempa. Perencanaan atap harus memperhatikan prinsip dasar sebuah struktur yaitu kuat, presisi, cukup ringan, dan tidak over design. Pelat lantai, tangga, balok dan kolom dirancang dapat menahan beban mati dan beban hidup secara bersamaan sesuai kombinasi pembebanan yang terjadi di atasnya. Penggunaan mutu material beton yang digunakan dalam struktur pemikul beban gempa SRPMK. (Aimmatul Husna, 2021).

Gedung bertingkat adalah suatu bangunan yang memiliki struktur tinggi yang dibuat oleh manusia terdiri atas dinding dan atap yang didirikan secara permanen di suatu tempat. Struktur adalah sebuah gabungan atau rangkaian dari berbagai macam elemen-elemen yang dirakit sedemikian rupa hingga menjadi satu kesatuan yang utuh. Faktor yang seringkali mempengaruhi kekuatan konstruksi adalah beban hidup, beban mati, dan beban angin.

Pada penelitian ini, penulis terdorong untuk membuat “Perhitungan Struktur Gedung Baru 9 Lantai Rumah Sakit Haji Darjad (RSHD) Samarinda ”ini akan difungsikan sebagai Rumah Sakit. Dengan Pembangunan Gedung Baru 9 Lantai Rumah Sakit Haji Darjad (RSHD) Samarinda, diharapkan dapat membantu masyarakat sekitar dalam pelayanan kesehatan dengan letak yang strategis, sehingga masyarakat sekitar, tidak memerlukan jarak yang jauh untuk melakukan pengobatan. (Main Goncalves, 2017).

Dalam menganalisa suatu struktur bangunan baik statis tertentu maupun statis tak tentu terdapat berbagai metode antara lain distribusi momen (Hendry Cross), *Slope Deflection*, Metode Takabeya, Metode Matriks dan beberapa metode yang dipakai umum lainnya. Salah satu metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode Takabeya, yaitu perhitungan struktur portal bertingkat banyak yang berlaku anggapan dasar bahwa deformasi yang disebabkan oleh gaya tekan/tarik dan geser dalam diabaikan dan hubungan antara balok dan kolom dianggap sebagai hubungan kaku sempurna (monolit). Analisa manual dari Metode Takabeya ini nantinya akan dibandingkan dengan program komputer software SAP. Program SAP 2000 merupakan salah satu program analisis dan perancangan struktur yang telah dipakai secara luas diseluruh dunia, program ini merupakan hasil penelitian dan pengembangan oleh tim dari University of California, yang dipimpin oleh Prof. Edward L. Wilson selama lebih 25 tahun. (Wahyuni, Munair, 2022).

Metode distribusi momen (Hendry Cross) cara untuk menyelesaikan persamaan – persamaan simultan di dalam ubahan sudut dengan pendekatan berturut – turut, dengan derajat ketelitian berapapun, seiring kehendak.

Metode *slope deflection* digunakan untuk analisis struktur balok statis tak tentu dan portal dengan menggunakan rotasi batang sebagai variabel dikategorikan sebagai metode fleksibilitas (*flexibility method*).

Metode takabeya ialah perhitungan struktur portal bertingkat banyak yang berlaku anggapan dasar bahwa deformasi yang disebabkan oleh gaya tekan/tarik dan geser dalam diabaikan dan hubungan antara balok dan kolom dianggap sebagai hubungan kaku sempurna (monolit).

Metode matriks adalah suatu metode untuk menganalisa struktur dengan menggunakan bantuan matriks, yang terdiri dari : matriks kekakuan, matriks perpindahan, dan matriks gaya.

SAP 2000 (*Structural Analysis Program 2000*) adalah program komputer untuk menganalisa dan mendesain struktur bangunan, baik yang berupa struktur bidang 2 dimensi maupun struktur 3 dimensi. Analisa struktur dapat dilakukan secara statik maupun dinamik, dengan berbagai macam kombinasi pembebanan. SAP 2000 menggunakan Metode Elemen Hingga sebagai dasar untuk analisis perhitungannya.

Penggunaan yang efektif dari suatu program seperti SAP 2000 untuk keperluan analisis struktur, memerlukan pengalaman yang cukup pada struktur yang akan dianalisis. Tahap yang paling sulit didalam prosedur analisis adalah pemilihan model struktur yang tepat, meliputi karakteristik dan perilaku yang mendekati kondisi struktur yang sebenarnya.

Adapun kelebihan untuk melakukan analisis menggunakan program SAP 2000 dibandingkan dengan metode lainnya seperti metode diatas yaitu pada program SAP 2000 dapat menganalisa jenis struktur apapun dalam tampilan 2 dimensi dan 3 dimensi dengan berbagai macam pembebanan kombinasi yang diberikan dengan penggunaan lebih efektif dan lebih mudah. Program SAP 2000 ini dirancang untuk mengetahui adanya gaya-gaya yang muncul pada suatu elemen struktur sebagai akibat dari munculnya beban yang diterima oleh elemen struktur.

Pengerjaan Selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap daya kuat dan perhitungan kebutuhan jumlah tulangan yang dipasang pada setiap struktur mulai dari pondasi, kolom, balok, plat lantai dan plat atap melalui perhitungan yang sudah dilakukan dan sudah diperiksa oleh bagian konsultan dan sudah memenuhi syarat pembangunan pedung bertingkat dan semua yang terlibat dalam pembangunan akan mendiskusikannya, sehingga dengan adanya permasalahan yang ingin di selesaikan pada penelitian ini maka judul pada penelitian ini **“Analisis Struktur Kolom dan Balok pada Pembangunan Rumah Sakit Regina Maris Jalan Brigjend Katamso Medan.”**

1.2 Maksud Penelitian

1. Untuk memahami struktur kolom dan balok gedung rumah sakit Regina Maris Katamso Medan.
2. Untuk menganalisis struktur kolom dan balok menggunakan program SAP 2000.
3. Untuk menganalisis perbandingan perhitungan desain struktur kolom dan balok berdasarkan metode SNI 2847 – 2013 dengan SNI 2847 – 2019.

1.3 Tujuan Penelitian

Menganalisis dan memperoleh hasil Analisis struktur pada kolom dan balok menggunakan program SAP 2000 dan perhitungan struktur kolom dan balok dengan berdasarkan SNI 2847 – 2013 dan SNI 2847 – 2019 dan menganalisis perbandingan perhitungan Struktur dengan berdasarkan metode SNI 2013 dan SNI 2019.

1.4 Rumusan Masalah

Masalah – masalah yang timbul dari penelitian ini saya lampirkan sebagai berikut :

1. Apa saja hal-hal yang diperhatikan dalam memahami struktur kolom dan balok pada gedung.
2. Bagaimana pemahaman terhadap beban yang diperlukan dalam menganalisis struktur pada Kolom dan Balok berdasarkan SNI 2019.
3. Bagaimana Perbandingan perhitungan pada struktur Kolom dan Balok menggunakan SAP 2000 berdasarkan SNI 2019.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang akan saya persiapkan dalam penelitian ini :

1. Mengetahui struktur dan pembebanan kolom dan balok pada gedung.
2. Memahami pengolahan data dan pembebanan kombinasi menggunakan program SAP 2000.
3. Memahami Perbandingan Perhitungan struktur berdasarkan SNI - 2013 dan SNI – 2019.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang saya dapatkan dalam penelitian ini :

1. Memahami struktur dan pembebanan kolom dan balok pada gedung.
2. Memahami pengolahan data dan pembebanan kombinasi menggunakan program SAP 2000.
3. Memahami Perbandingan Perhitungan struktur berdasarkan SNI - 2013 dan SNI – 2019.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu

Pencipta Jurnal	Judul Jurnal	Metode Jurnal	Kesimpulan	Link
Andre Oberien Damani k. (2018)	Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit	Sap 2000, SNI 03 – 1726 – 2012.	Hasil Analisa Struktur Gedung menggunakan Program Sap 2000 untuk mengetahui periode Fundamental Struktur dan gaya – gaya dalam yang bekerja pada struktur dan memeriksa keruntuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perencanaan dan Perhitungan Analisis Struktur tahan Gempa sesuai dengan Peraturan terbaru yaitu SNI 03 – 1726 – 2012.	https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/1933
Aimmat ul Husna (2020)	Perencanaan Struktur Gedung Rumah	Sap 2000, SNI	Berdasarkan hasil dan pembahasan Perencanaan struktur Gedung rumah sakit ketanggungan brebes menggunakan Analisa dengan	https://repository.usm.ac.id/files/jo

	Sakit Ketanggung an Brebes Berbasis Program Sap 2000.	2847 – 2013. 2013 2021071	program sap 2000 dan perhitungan nya memacu pada SNI 2847 – diperoleh hasil Analisa struktur bangunan termasuk dalam kategori risiko IV sehingga memiliki tingkat risiko dengan factor keutamaan gempa sebesar 1,50 sehingga struktur dihitung system struktur pemikul momen khusus,	urnalmh s/C.111. 17.0168- 5084126 .pdf
Main Goncalv es(2017) Baru 9 Lantai Rumah Sakit Haji Darjad Samarinda.	Perhitungan Struktur Gedung Progra m Sap 2000 2000	Metode Takabe ya, Progra m Sap 2000 2000	Perencanaan suatu struktur bangunan yang kuat serta dapat mengantisipasi semua jenis beban maka menggunakan Program sap 2000 dan perhitungan menggunakan metode takabeya, adapun Analisa struktur beton bertulang pada Gedung ini yaitu Balok, Kolom, Plat Atap, Lantai.	http://eju rnal.unta g- smd.ac.i d/index. php/TE K/article /view/24 12
M.Mirza Abdillah Pratama. (2021) Tinggi	Analisis Kinerja Bangunan Gedung Tinggi	Progra m Etabs, SNI	Berdasarkan Hasil Analisis yang telah dilakukan pada setiap sudut bangunan mampu memberikan kinerja struktur yang optimal dengan terpenuhinya seluruh	https://jo urnal.uni lak.ac.id/ index.ph p/SIKL

Dengan Penambahan Dinding Geser.	1726 - 2019.	syarat kinerja struktur berdasarkan persyaratan tahan gempa pada SNI 1726 – 2019. Peletakan Dinding Geser pada sepanjang sisi Gedung perlu dilakukan evaluasi kembali karena tidak memenuhi syarat perpindahan dan kekakuan berlebih yang ditimbulkan sehingga bangunan riskan mengalami kegagalan getas.	US/article/view/6922
Wahyuni, Muawir, Riski Armianda. (2022)	Analisis Portal Struktur Menggunakan Metode Takabeya dan SAP 2000	Berdasarkan perhitungan dan perbandingan analisis antara metode SAP 2000 dan Takabeya diperoleh hasil <i>output</i> momen SAP 2000 lebih besar 2% dari hasil <i>output</i> momen Takabeya sedangkan untuk gaya geser dan gaya hasil aksial yang mempunyai hasil yang sangat jauh. Perbedaan disebabkan kemungkinan terjadi perbedaan pendistribusian beban pada titik – titik joint.	https://ojs.unmuha.ac.id/index.php/tameh/article/download/141/112

2.2 Dasar Teori

Pembangunan yang semakin maju membuat pembangunan Gedung bertingkat menjadi pilihan utama baik dalam negeri dan luar negeri dan tidak lepas dari kebutuhan yang semakin bertambah sementara ketersediaan lahan yang kurang memadai dikarenakan berbagai macam hal, mulai dari semakin mahalnya harga jual beli tanah dan tergantung dari kondisi dan tata letak lahan tersebut.

Balok dan Kolom menjadi satu kesatuan setelah pondasi yang sangat berpengaruh pada pembangunan Gedung bertingkat. Dilihat dari besar dan tingginya suatu bangunan Gedung dengan semakin besar dan semakin tingginya bangunan Gedung maka pondasi, balok dan kolom pun akan dirancang memiliki dimensi dan struktur yang lebih menentukan berdiri dan bertahannya Gedung tersebut.

Pembangunan Gedung Rumah Sakit menjadi contoh yang diamati pada penelitian ini, dengan memiliki Lahan yang luas dan memerlukan ruangan yang diperlukan sesuai perencanaan maka perancangan Gedung bertingkat akan dilaksanakan.

Mengacu pada pembangunan Gedung Rumah Sakit Regina Maris Medan berada di Jl. Brigjend Katamso dengan Pembangunan yang hampir selesai dan menjadi tempat Proyek Penelitian yang sangat baik dan dapat menambah wawasan pengetahuan bagi mahasiswa dan orang sekitar. Campuran Perbandingan Beton Cor juga diperhatikan pada kebutuhan dalam mengikat tulangan dan agregat beserta semen yang membentuk struktur Pondasi, Balok dan Kolom sehingga dapat menghasilkan cetakan Struktur yang sesuai dan tidak memiliki kecacatan struktur.

sehingga tidak terjadi keruntuhan dan kerugian besar pada pembangunan. Maka diberikan juga perhatian dan dilakukannya uji kuat tekan beton pada struktur sebagai contoh untuk melanjutkan pembentukan Struktur Kolom dan Balok.

2.3 Rumus Desain Balok

2.3.1 Baja Tulangan untuk lentur pada tumpuan

Maka tulangan dapat dihitung dengan :

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d} \dots\dots\dots 2.1$$

Cek Tulangan Minimum

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.2$$

Dan tulangan tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.3$$

Sehingga digunakan $A_s = 1780 \text{ mm}^2$, keperluan jumlah tulangan yaitu :

$$n_{ta} = \frac{A_{s,t}}{\frac{1}{4} \pi d_b^2} \dots\dots\dots 2.4$$

Dibutuhkan jumlah tulangan dengan luas terpasang menjadi, $A_{s,t}$

Dipasang dua lapis sehingga nilai d .

Hitung momen rencana, $\phi \cdot M_n$, dari tumpuan.

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots 2.5$$

Maka Momen nominal, M_n ,

$$M_{n,1} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 2.6$$

Sehingga kuat momen rencana diperoleh dengan persyaratan dibawah ini.

$$\phi M_{n,1} \geq M_u^{(-)} \rightarrow OK$$

Cek rasio tulangan terpasang terhadap batas tulangan maksimum yang dapat dipasang.

$$\rho_{\text{terpasang}} = \frac{A_{s,t}}{b.d} \dots\dots\dots 2.7$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots 2.8$$

Sehingga tulangan terpasang masih kurang dari ρ_{maks} yang di syartkan.

Cek Tension Controlled.

$$\frac{a}{b} < 0,0375\beta_1 \text{ maka desain tulangan under reinforced.}$$

- a. Kondisi 2, goyangan ke kiri, tumpuan ke kiri.
Kebutuhan detailing sama dengan kondisi 1 untuk memikul M_u yang sama, sehingga perhitungan sama dengan kondisi 1, $\phi M_n, 2$
- b. Kondisi 3, momen positif tumpuan, goyangan ke kanan.

Dari hasil analisis diperoleh nilai $M_u^{(+)}$

Tinggi efektif balok dengan rumus,

$$d = h - (c_v + d_s + d_s/2) \dots\dots\dots 2.9$$

Informasi perencanaan,

Untuk beton dengan f'_c 35 MPa nilai $\beta_1 = 0,8$

Maka tulangan dapat dihitung dengan :

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d} \dots\dots\dots 2.10$$

Cek tulangan minimum,

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.11$$

Dan tulangan tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.12$$

Sehingga digunakan $A_s = 1047 \text{ mm}^2$, keperluan jumlah tulangan yaitu :

$$n_{ta} = \frac{A_{s,t}}{\frac{1}{4} \pi d_b^2} \dots\dots\dots 2.13$$

Dibutuhkan jumlah tulangan dengan luas terpasang menjadi, $A_{s,t}$

Dipasang satu lapis sehingga nilai d tetap.

Hitung momen rencana, $\emptyset \cdot Mn$, dari tumpuan.

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f' \cdot c \cdot b} \dots\dots\dots 2.14$$

Maka Momen nominal, M_n ,

$$M_n \cdot 3 = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 2.15$$

Sehingga kuat momen rencana harus memenuhi persyaratan dibawah ini,

$$\emptyset Mn, 1 \geq Mu^{(-)}, \rightarrow OK$$

SNI mensyaratkan bahwa kapasitas Momen positif dari tumpuan tidak boleh kurang dari $\frac{1}{2} \emptyset Mn, 1^{(-)}$

Cek rasio tulangan terpasang terhadap batas tulangan maksimum yang dapat dipasang.

$$\rho_{\text{terpasang}} = \frac{A_{s,t}}{b \cdot d} = \dots\dots\dots 2.16$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f' \cdot c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots 2.17$$

Sehingga tulangan terpasang masih kurang dari ρ_{maks} yang di syartkan.

Cek Tension Controlled.

$$\frac{a}{d} < \rho_{\text{terpasang}} \beta_1 \text{ maka desain tulangan under reinforced.}$$

c. Kondisi 4, goyangan ke kiri, momen positif tumpuan ke kanan.

Kebutuhan detailing sama dengan kondisi 3 untuk memikul M_u yang sama, sehingga perhitungan sama dengan kondisi 3, $\phi \cdot M_n, 4$

2.3.2 Baja Tulangan untuk Lentur pada tengah bentang

a. Momen positif ditengah bentang

Maka akan diperoleh hasil $M_u^{(+)}$ dari Analisa program SAP 2000

Tinggi efektif balok,

$$d = h - (C_v + d_s + d_b/2) \dots\dots\dots 2.18$$

Informasi perencanaan,

Untuk beton dengan f'_c 35 MPa nilai $\beta_1 = 0,8$

Maka tulangan dapat dihitung dengan :

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d} \dots\dots\dots 2.19$$

Cek tulangan minimum,

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.20$$

Dan tulangan tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.21$$

Sehingga digunakan $A_s = 1047 \text{ mm}^2$, keperluan jumlah tulangan yaitu :

$$n_{ta} = \frac{A_{s,t}}{\frac{1}{4} \pi d_b^2} \dots\dots\dots 2.22$$

Dibutuhkan jumlah tulangan dengan luas terpasang menjadi, $A_{s,t}$

Dipasang satu lapis sehingga nilai d tetap

Hitung momen rencana, $\phi \cdot M_n$, dari tumpuan.

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f' c \cdot b} \dots\dots\dots 2.23$$

Maka Momen nominal, M_n ,

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 2.24$$

Sehingga kuat momen rencana harus sesuai dengan pernyataan dibawah ini,

$$\phi M_n \geq M_u^{(-)} \rightarrow OK$$

SNI mensyaratkan bahwa kapasitas Momen positif dari tumpuan tidak boleh kurang dari $\frac{1}{2} \phi M_n, 1^{(-)}$

Cek rasio tulangan terpasang terhadap batas tulangan maksimum yang dapat dipasang.

$$\rho_{\text{terpasang}} = \frac{A_{s,t}}{b \cdot d} \dots\dots\dots 2.25$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f' c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots 2.26$$

Sehingga tulangan terpasang masih kurang dari ρ_{maks} yang di syaratkan.

Cek Tension Controlled.

$$\frac{a}{d} < \rho_{\text{terpasang}} \beta_1 \text{ maka akan diperoleh desain tulangan under reinforced.}$$

a. Kapasitas momen negative di tengah bentang

SNI 2847 : 2013 mengaruskan sekurang kurangnya dua batang tulangan atas dan dua tulangan bawah yang dipasang secara menerus, dan kapasitas momen positif dan momen negative minimum Pada sembarang penampang disepanjang bentang balok SPMRK tidak boleh kurang dari

¼ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

Kapasitas momen terbesar yaitu :

¼ kapasitas momen terbesar

$$\frac{1}{4} \phi \cdot M_{nmax} \dots \dots \dots 2.27$$

Sehingga tulangan yang terpasang sisi atas tengah bentang harus memenuhi ketentuan diatas. Dicoba dipasang diameter tulangan dengan luas terpasang menjadi, A_s , t dipasang satu lapis sehingga nilai d tetap

Hitung momen rencana, ϕM_n .

$$a = \frac{Asfy}{0,85 f'cb} \dots \dots \dots 2.28$$

Maka momen nominal , M_n .

$$M_n, 6 = Asfy \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots 2.29$$

Sehingga kuat momen rencana, ϕM_n

$$\phi M_n, 6 \geq \frac{1}{4} \phi M_n, maks \rightarrow OK$$

2.3.3 Check Kapasitas Geser Balok saat terjadi Sendi Plastis

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk diujung balok dengan tegangan tulangan lentur Tarik sebesar $1,25 f_y$ dan factor reduksi kuat lentur $\phi = 1$.

a. Hitung M_{pr} kondisi 1

$$a_{pr, 1} = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \dots \dots \dots 2.30$$

$$M_{pr, 1} = As1,25fy \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \dots \dots \dots 2.31$$

b. Hitung Mpr kondisi 2

$$apr, 2 = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \dots\dots\dots 2.32$$

$$Mpr, 2 = As1,25fy \left(d - \frac{apr}{2} \right) \dots\dots\dots 2.33$$

c. Hitung Mpr kondisi 3

$$apr, 3 = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \dots\dots\dots 2.34$$

$$Mpr, 3 = As1,25fy \left(d - \frac{apr}{2} \right) \dots\dots\dots 2.35$$

d. Hitung Mpr kondisi 4

$$apr, 4 = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \dots\dots\dots 2.36$$

$$Mpr, 4 = As1,25fy \left(d - \frac{apr}{2} \right) \dots\dots\dots 2.37$$

Tulangan tumpuan pada balok dipasang sama pada kedua sisinya, sehingga nilai gaya, $V_{e,ki}$ dan $V_{e,ka}$ dapat dihitung dengan :

$$V_{eki} = \frac{M_{pr,1} + M_{pr,3}}{l_n} - V_{u,g} \dots\dots\dots 2.38$$

$$V_{eka} = \frac{M_{pr,1} + M_{pr,3}}{l_n} - V_{u,g} \dots\dots\dots 2.39$$

Sehingga nilai $V_{u, maks}$ yang digunakan.

Syarat pemeriksaan V_c berdasarkan SNI 2873 – 2013, kontribusi beton dalam menahan geser akibat terjadinya sendi plastis diujung balok harus diperiksa sesuai dengan ketentuan. Jika gaya geser akibat moment Probable balok lebih dari $\frac{1}{2}$ atau lebih kuat geser maksimum, $V_{u, maks}$ maka beton dianggap tidak berkontribusi memikul geser.

$$V_{sway} = \frac{M_{pr,1} + M_{pr,3}}{l_n} < \frac{1}{2} V_{u, maks} \dots\dots\dots 2.40$$

Maka V_c (kontribusi beton) dalam memikul geser diperhitungkan.

Hitung kebutuhan tulangan geser untuk tumpuan.

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d \dots\dots\dots 2.41$$

$$V_{s,perlu} = \frac{V_{u,maks} - V_c}{\phi} \dots\dots\dots 2.42$$

$$V_{s,maks} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b d \dots\dots\dots 2.43$$

$$V_s < V_{s,maks} \rightarrow OK$$

Dipasang Sengkang 2 kaki ds = 10 mm dengan jarak s

$$V_{s,terpasang} = \frac{A_v b d}{s} > V_{s,perlu} \rightarrow OK$$

2.3.4 Persyaratan Hoops (Sengkang tertutup)

Diperlukan Sengkang tertutup (hoops) di sepanjang jarak $2h = 1200$ mm dari muka kolom terdekat. Hoops pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat dan yang berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara.

- $d/4 = 129$ mm
- $6db = 114$ mm
- 150 mm

Sedangkan terpasang adalah Sengkang ds = 10 mm 2 kaki dengan jarak 100 mm < 114 mm, sehingga persyaratan jarak Sengkang masi terpenuhi. Untuk daerah diluar sendi plastis, syarat jarak tulangan Sengkang maksimal adalah :

- $d/2 = 259,25$ mm

dari hasil perhitungan dipasanga Sengkang ds 10 mm 2 kaki dengan jarak 125 mm < $d/2$ sehingga penulangan geser diluar sendi plastis telah memenuhi syarat.

2.3.5 Splicing untuk tulangan menerus Baja tulangan yang disalurkan harus

diikat dengan hoops yang dipasang dengan spasi terkecil diantara :

- $d/4 = 129$ mm
- 100 mm

Sehingga untuk balok B1 jika terdapat splicing tulangan menerus harus dipasang dengan spesi terkecil diantara :

- $d/4 = 129 \text{ mm}$
- 100 mm

Sehingga untuk balok B1 jika terdapat splicing tulangan menerus harus dipasang hoops dengan jarak tidak lebih dari 100 mm.

2.3.6 Penulangan Torsi

Penulangan Torsi pada balok dijabarkan sebagai berikut :

$$T_u = 0 \text{ kN}$$

Check penampang balok terhadap torsi

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot \phi_h}{1,7 A^2_{oh}}\right)^2} < \phi \left(\frac{V_c}{b.d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'c}\right) \dots\dots\dots 2.44$$

$$0,988 < 3,61 \rightarrow \text{penampang balok memenuhi persyaratan}$$

Selanjutnya penampang balok diperiksa terhadap Batasan dari SNI, pengaruh torsi dapat diabaikan jika torsi yang terjadi nilainya lebih kecil dari persyaratan yang ditetapkan dalam peraturan SNI 2847 : 2013.

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A^2_{Pcp}}{P_{cp}}\right) \dots\dots\dots 2.45$$

2.4 Rumus Desain Kolom

2.4.1 Pemeriksaan Dimensi dan Tulangan utama

Mula mula akan dilakukan pemeriksaan terhadap dimensi kolom,

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm. sehingga lebar kolom sudah memenuhi persyaratan ini.
- Rasio dimensi kolom tidak boleh kurang dari 0,4 dimana rasio dimensi kolom.

Selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan terhadap konfigurasi penulangan, luas tulangan perlu dari hasil perhitungan program SAP 2000, sehingga dipasang tulangan, dimana

$$\rho = \frac{A_{s,t}}{A_g} \times 100 \% \dots\dots\dots 2.46$$

Sehingga tulangan terpasang telah memenuhi syarat

$$0,01 < \rho t < 0,06 \rightarrow OK$$

Dari tulangan terpasang tersebut, selanjutnya kolom akan di evaluasi terhadap ketentuan strong column weak beam.

Jumlah Mn dua balok yang bertemu di joint :

$$\sum Mb = 1,2(Mb, kiri + Mb, kanan) \dots\dots\dots 2.46$$

Check ketentuan SCWB pada kolom K1 ini

$$\sum Mc = (Mc, b + Mc, a) > \sum Mb \dots\dots\dots 2.47$$

Sehingga kolom telah memenuhi ketentuan strong column weak beam.

2.4.2 Desain Tulangan Confinement

Kebutuhan tulangan confinement untuk kolom dihitung berdasarkan :

$$A_{sh1} = 0,3 \frac{S_{bc}.f'_c}{f_y} \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right) \dots\dots\dots 2.48$$

$$Ash2 = 0,09 \frac{Sbc.f'c}{fy} \dots\dots\dots 2.49$$

Tulangan confinement akan dipasang tiap jarak 100 mm, maka diperoleh
Diperoleh Ash, selanjutnya dihitung kebutuhan diameter tulangan dan
jumlah kaki dari tulangan confinement. Digunakan tulangan diameter $d_s =$
13 mm, diperoleh jumlah kaki tulangan confinement yaitu 4 kaki dipasang
tiap jarak 100 mm.

Periksa syarat spasi maksimum dari tulangan confinement. Berdasarkan
SNI beton 2013 pasal 21.6.4.3 spasi maksimum ditentukan dari nilai terkecil
diantara :

- $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom terkecil
- 6 kali diameter tulangan longitudinal
- $S_o = 100 + ((350 - h_x)/3)$

Didapatkan syarat spasi maksimum, sehingga tulangan confinement telah
memenuhi persyaratan.

Berdasarkan SNI beton 2013 pasal 21.6.4.1 tulangan confinement
diperlukan sepanjang L_o dari ujung kolom. L_o diambil dari terbesar diantara

- H_c , terbesar
- $1/6h_{n,c}$
- Digunakan L_o

2.5 Pemeriksaan Hubungan Kolom Balok (Joint)

2.5.1 Dimensi Join

Panjang joint yang di ukur parallel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser di joint sedikitnya 20db terbesar Penulangan Transversal untuk Confinement

Pada joint diperlukan tulangan tulangan Confinement yang besarnya setengah tulangan Confinement pada ujung – ujung kolom.

Tulangan Confinement kolom ditentukan berdasarkan nilai maksimum dari :

$$A_{sh1} = 0,3 \frac{s.bc.frc}{fy} \left(\left(\frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right) \dots\dots\dots 2.50$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{s.bc.frc}{fy} \dots\dots\dots 2.51$$

2.5.2 Perhitungan Geser di Joint

Gaya Geser yang terjadi pada kolom sebelah atas adalah :

$$V_{sway} = \frac{(383 + 383)}{3,35}$$

Gaya Tarik dari B1 di sebelah kanan kolom

$$T1 = 1,25fy.As$$

Gaya Tekan dari B1 di sebelah kanan kolom

$$C1 = T1$$

Gaya Tarik dari B1 di sebelah kiri kolom

$$T2 = 1,25fy.As$$

Gaya Tekan dari B1 di sebelah kiri kolom

$$C2 = T2$$

Sehingga gaya geser joint pada potongan x-x

$$V_u = T_1 + C_2 - V_b \dots\dots\dots 2.52$$

Periksa apakah joint terkekang oleh balok di keempat sisinya.

$$3/4hc$$

$$3/4bc$$

Lebar balok yang bertemu pada joint adalah $< 3/4hc$, sehingga joint tidak dikekang oleh balok.

Joint tidak dikekang oleh balok di keempat sisinya, sehingga kapasitas geser joint.

$$\phi V_n = \phi 1.0 \sqrt{f'_c} A_{join} > V_u \rightarrow \text{OK}$$

2.6 Pembahasan Struktur

Pada pembahasan struktur yang berlaku dan di peroleh pada proyek penelitian di Rumah Sakit Regina Maris Jalan Brigjend Katamso Medan telah tercantumkan pada bab ini. Didasarkan dari perhitungan struktur proyek dan akan dilakukan perbandingan perhitungan dengan hasil perhitungan dari penelitian.

2.6.1 Mutu Beton

Mutu Beton menjadi hal yang sangat di utamakan dan sesuai yang dibutuhkan dalam Struktur bangunan, mulai dari mutu beton pondasi, kolom, balok, plat atap dan plat lantai. Kekuatan karakteristik silinder beton (f'_c) yang didasarkan atas kekuatan beton pada umur 28 hari sebagai berikut :

Tabel 1 : Mutu Beton

Mutu Beton (Balok dan Plat Lantai)	30 MPa
Mutu Beton (Kolom)	35 MPa
Bore Pile	35 MPa
Pondasi	35 MPa
Pile Cap	35 MPa
Dinding Basement, Tangga, GWT, STP	35 MPa
Mutu Baja	400 MPa

Sumber : Data Lapangan

2.6.2 Baja Tulangan

Jenis dan tegangan leleh (f_y) baja tulangan yang digunakan adalah :

Tabel 2 : Baja Tulangan

Baja Polos untuk $D < 10$ mm	240 MPa (BJTP U-24)
Baja Ulir untuk $D > 10$ mm	400 MPa (BJTD U-40)

Sumber : Data Lapangan

2.6.3 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan Φ adalah sebagai berikut :

Tabel 3 : Faktor Reduksi Kekuatan

Lentur Murni	0,90
Aksial Tarik dan aksial Tarik dengan lentur	0,90
Aksial Tekan dan aksial Tekan dengan lentur	- . Tulangan Spiral = 0,75 -. Tulangan Senggang = 0,65
Geser dan Torsi	0,75

Sumber : Data Lapangan

2.6.4 Reduksi Kekakuan Penampang

Karena pelat dimodelkan sebagai membrane element, maka balok dianggap monolit dengan pelat lantai. Balok – balok tepi akan berperilaku sebagai Balok – L, dan balok balok interior akan berperilaku sebagai Balok – T.

Sesuai dengan ketentuan dalam ACI 318 – 11 M (diadopsi menjadi SNI 2847 : 2013), Inersia Balok – T dapat diambil sebesar 2 kali inersia balok persegi.

Karena momen inersia balok pada kondisi ultimate diperhitungkan sebesar 0,35 kali momen inersia gross, maka dalam desain, factor modifikasi momen diambil :

$$I_{berack} = 0,351g \times 2 = 0,7 Ig$$

Sedangkan untuk kolom dan dinding geser :

$$\text{Kolom} = 0,7 Ig$$

$$\text{Dinding Geser (Tak Retak)} = 0,7 Ig$$

$$\text{Dinding Geser (Retak)} = 0,351 Ig$$

Sedangkan untuk torsi pada balok diambil reduksi sebesar : 0,1

2.6.5 Berat Sendiri Struktur (DL)

Beban akibat berat sendiri struktur (Dead Load) adalah berat seluruh komponen elemen structural bangunan yang terjadi atas pelat lantai, balok, kolom dan dinding geser. Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh software dengan menggunakan berat jenis material beton 2400 kg/m³ dan berat jenis tulangan 7850 kg/m³.

2.6.6 Beban Mati Tambahan (SIDL)

Beban Mati Tambahan (Superimposed Dead Load) adalah berat komponen nonstructural (arsitekural dan MEP) yang terdapat pada Struktur bangunan. Beban SIDL yang digunakan untuk pelat lantai.

Tabel 4 : Beban Mati Tambahan Lantai (SIDL)

Beban dari adukan semen	21 kg/m ³
Beban Acian	5 x 21 = 105 kg/m ²
Tebal Spesi	5 cm
Beban Plafond	18 kg/m ²
MEP	10 kg/m ²
Beban Keramik	24 kg/m ²
Total Beban Mati Taambahan untuk Lantai Tipikal	157 kg/m ²

Sumber : Data Lapangan

Tabel 5 : Beban Mati Tambahan Pelat Atap Dak (SIDL)

Beban dari adukan semen	21 kg/m ³
Beban Acian	5 x 21 = 105 kg/m ²
Tebal Spesi	5 cm
Beban Plafond	18 kg/m ²
MEP	10 kg/m ²
Beban Waterprofing	24 kg/m ²
Total Beban Mati Taambahan untuk Lantai Tipikal	157 kg/m ²

Sumber : Data Lapangan.

2.6.7 Beban Hidup (LL)

Beban Hidup (Live Load) adalah beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung yang berasal dari barang atau orang yang dapat berpindah tempat sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai. Sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1727 : 2013, besarnya beban hidup yang digunakan dalam desain adalah :

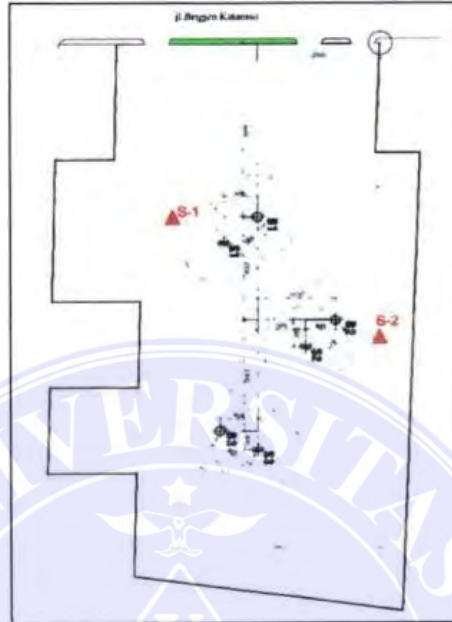
Tabel 6 : Beban Hidup (LL)

Beban Hidup Untuk Parkir	400 kg/m ³
Beban Hidup Untuk Ruang Radiologi	700 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Ruang Operasi, Radiologi	300 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Ruang Pasien	200 kg/m ²
Beban Untuk Koridor	400 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Ruang Pertemuan	500 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Ruang Kantor	250 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Ruang MEP / Utilitas	600 kg/m ²
Beban Hidup untuk Roof Tank	2500 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Atap	100 kg/m ²
Beban Tangga	500 kg/m ²
Beban Hidup Untuk Ruang Olahraga	500 kg/m ²

Sumber : Data Lapangan.

Untuk menentukan kurva respons spektrum yang akan dijadikan sebagai beban gempa, mula mula akan dilakukan Analisa klarifikasi situs berdasarkan data

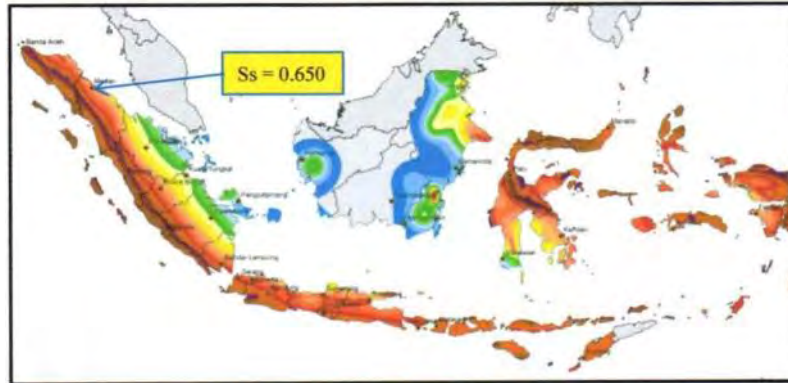
borlog yang akan dikerjakan oleh PT. Perca Nusa Wahana Consultan yang berlokasi sebagai berikut :



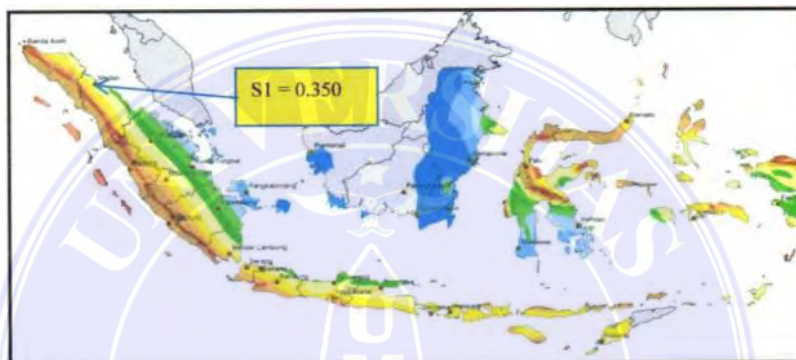
Gambar 2.6.a : Lokasi Titik borlog pada lokasi pembangunan Gedung
Sumber : PT. Perca Nusa Wahana Consultan

Namun karena hanya terdapat satu dari dua data yang di isyaratkan yakni hanya terdapat data N SPT maka kelas situs dikategorikan sebagai kelas situs SE (Tanah Lunak).

Berdasarkan pada peta Parameter Gerak Tanah pada gambar dibawah ini sesuai SNI 1726 – 2019, maka masing – masing besar $S_s = 0,650g$ dan $S_1 = 0,359 g$.



Gambar 2.6.b ; Ss Gempa Untuk Wilayah Medan
Sumber : Puskim



Gambar 2.6.c : S1 Gempa Untuk Wilayah Medan
Sumber : Puskim

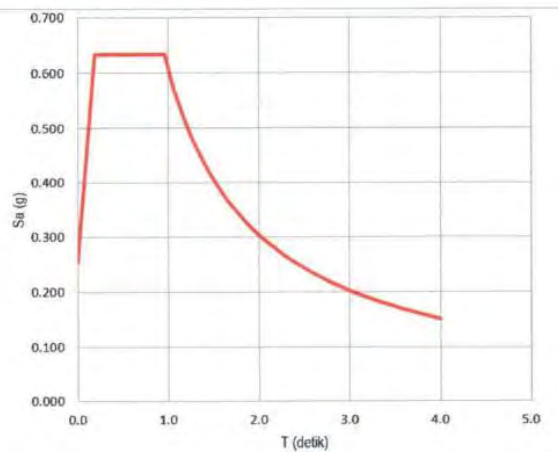
dengan memasukkan kelas situs SE dan factor keutamaan = 1.5 dan kategori resiko IV, maka dengan bantuan program spekta Indonesia didapatkan :

Faktor amplifikasi :

- Fa (Faktor amplifikasi untuk periode pendek) : 1,46
- Fv (Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik) : 2,60

Parameter spekta desain didapatkan :

- SDS (Periode Pendek) 0,633 g
- SDI (Periode 1 Detik) ; 0,607 g



Gambar 2.6.d : Respon Spektra Desain untuk kelas Situs SE dengan $S_s = 0,650$ g dan $S_1 = 0,350$ g berdasarkan SNI 1726 – 2019.

Sumber : Puskim

Berdasarkan parameter spectra desain diatas, maka didapatkan kategori Desain Seismik D.

2.6.8 Kombinasi Pembebanan Struktur Atas.

Dari Uraian diatas dan uraian – uraian sebelumnya, dan uraian berikutnya tentang gempa, factor redundansi ρ bias diambil = 1,0. Maka kombinasi pembebanan untuk perencanaan struktur atas adalah sebagai berikut :

- a. Comb 1 = 1,4 DL + 1,4 SIDL
- b. Comb 2 = 1,2 DL + 1,2 SIDL + 1,66 LL
- c. Comb 5 = 1,326 DL + 1,326 SIDL + 0,5 LL
- d. Comb 6 = 1,326 DL + 1,326 SIDL + 0,5 LL + 0,3 Ex + 1 Ey
- e. Comb 7 = 0,773 SIDL + 0,773 SIDL + 1 Ex + 0,3 Ey
- f. Comb 8 = 0,733 DL + 0,733 SIDL + 0,3 Ex + 1 Ey

2.6.9 Kombinasi Pembebanan Struktur Bawah

Sistem struktur bawah meliputi pilecap dan pondasi. Untuk menentukan dimensi pondasi atau jumlah tiang direncanakan sedemikian hingga gaya reaksi pondasi dihitung berdasarkan persamaan kombinasi metode ijin (ASD) sebagai berikut :

- a. Comb P1 = 1,0 DL
- b. Comb P2 = 1,0 DL + 0,4 LL
- c. Comb P3 = 1,088 DL + 0,63 Ex + 0,189 Ey
- d. Comb P4 = 1,088 DL + 0,189 Ex + 0,63 Ey
- e. Comb P5 = 1,063 DL + 0,75 LL + 0,4725 Ex + 0,1418 Ey
- f. Comb P6 = 1,063 DL + 0,75 LL + 0,1418 Ex + 0,4725 Ey
- g. Comb P7 = 0,511 DL + 0,63 Ex + 0,189 Ey
- h. Comb P8 = 0,511 DL + 0,189 Ex + 0,63 Ey

BAB III

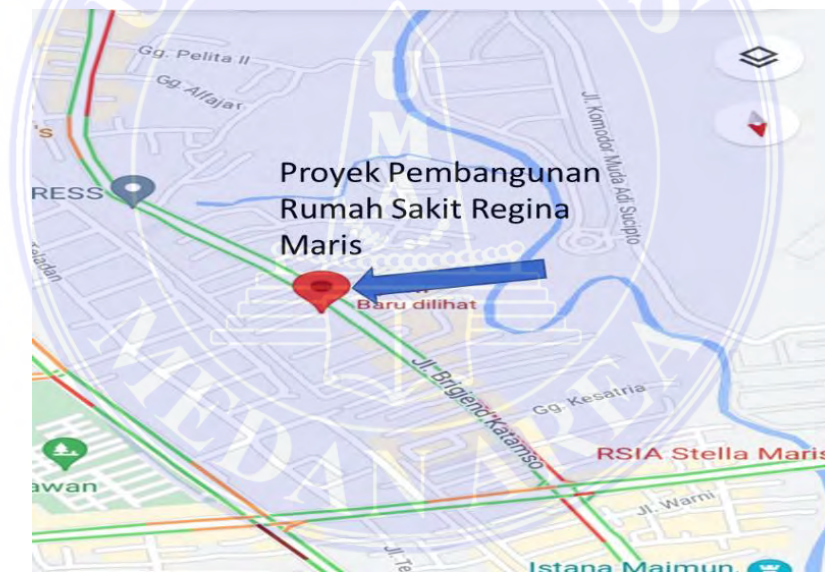
METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Regina Maris Jl, Brigjend Katamso No 403-405, Medan, Sumatera Utara.

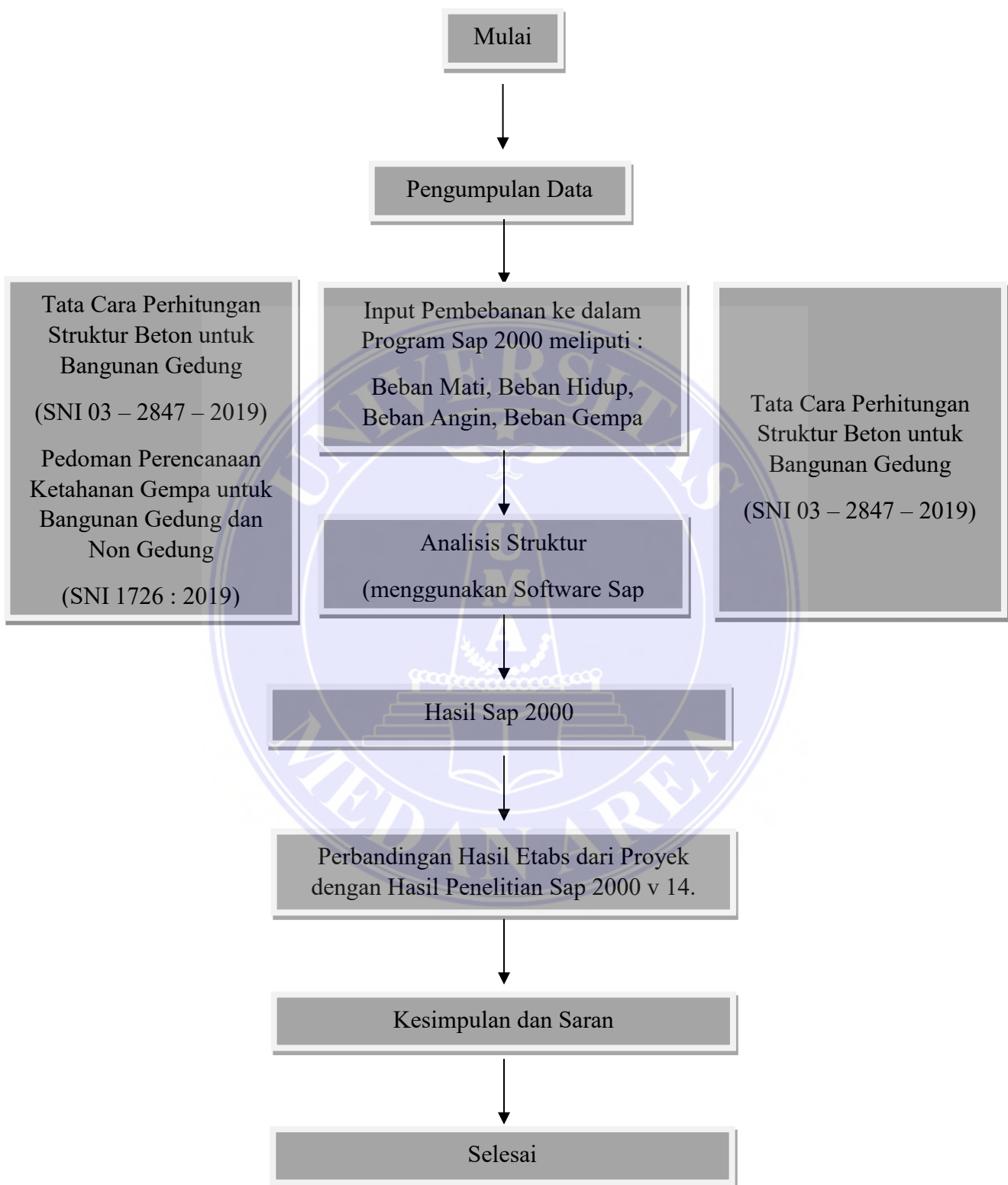
3.2 Lokasi Penelitian

Gedung Rumah Sakit Regina Maris berlokasi di Jl. Brigjend Katamso, Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.2.a : Lokasi Penelitian
Sumber : google maps

3.3 Tahapan Penelitian

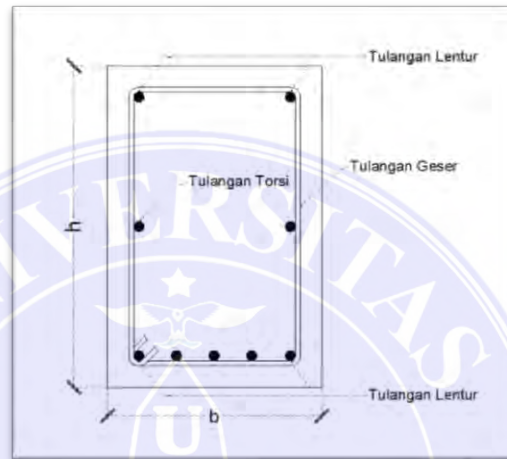


Gambar 3.3.a : Alir Penelitian.

Sumber : Data Penelitian

3.4 Kuat Lentur Balok

Balok merupakan elemen struktur yang memikul beban tegak lurus dengan sumbu batangnya, baik berupa beban terpusat ataupun beban merata. Akibat beban yang dipikul, balok mengalami gaya dalam, berupa momen lentur dan gaya geser. Adapun gaya aksial, besarnya dapat diabaikan karena relatif sangat kecil.



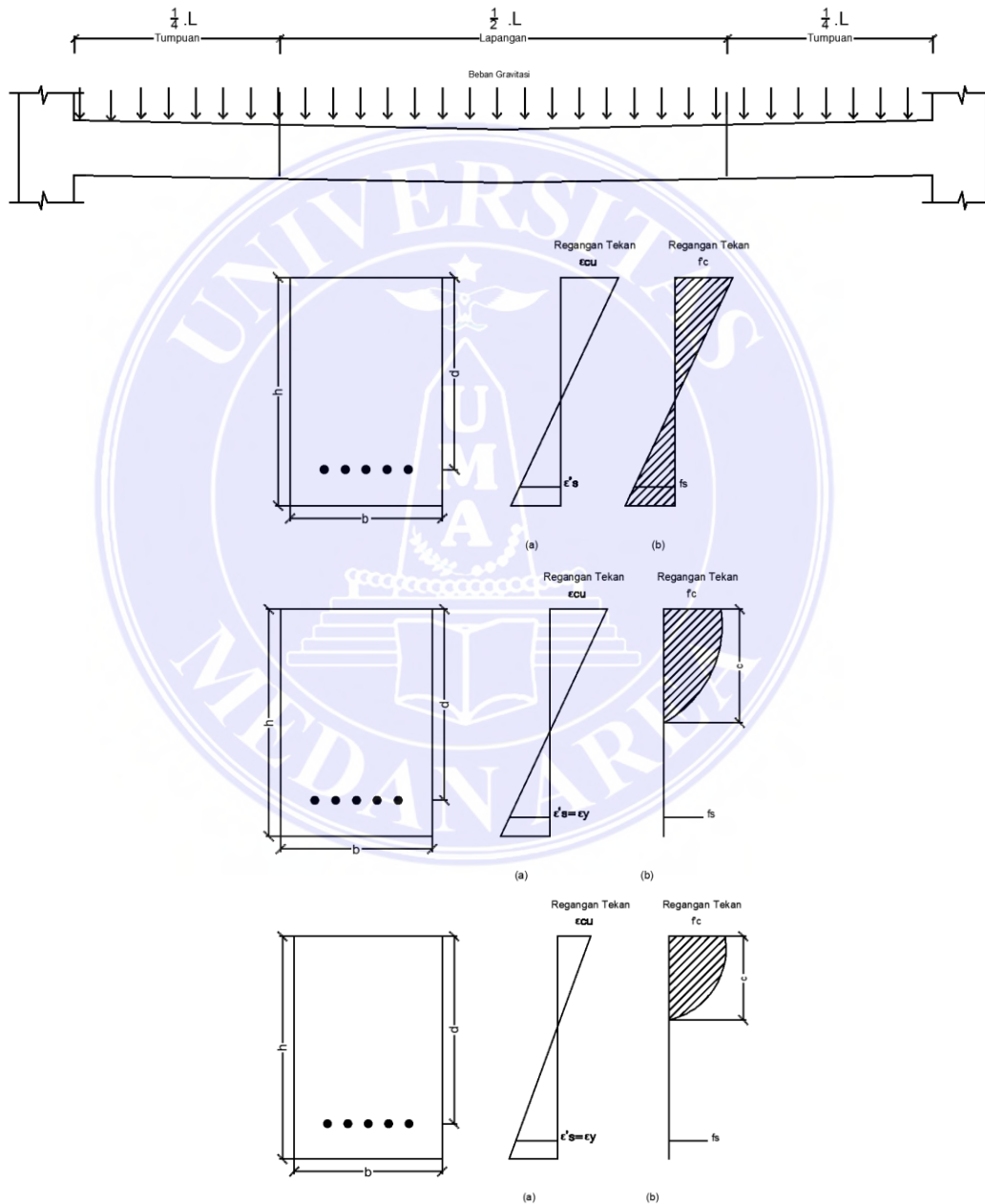
Gambar 3.4.a : Susunan Tulangan Balok

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

Pada Gambar 3.4.a, dapat dilihat sebuah balok yang di bebani secara merata sepanjang bentang. Balok tersebut diletakkan pada tumpuan sederhana di kedua ujungnya. Dalam kondisi memikul beban tersebut, balok akan mengalami fenomena lentur yang menyebabkan tegangan tarik dan tekan pada penampang balok. Pada serat atas penampang balok, muncul tegangan tekan di karenakan beban sedangkan untuk serat paling bawah akan mengalami tegangan tarik. Disaat balok tersebut memikul beban yang relatif kecil, fenomena distribusi tegangan-regangan yang terjadi dapat dilihat seperti pada Gambar 2.2(a). Pada kondisi tersebut tegangan tarik dan tegangan tekan belum mencapai batas kekuatan dari

material beton maupun tulangan .Distribusi tegangan -regangan dalam kondisi ini berupa garis linear (garis lurus).

Dengan kata lain ,balok masih berperilaku elastis.Arta dari perilaku elastis disini adalah disaat beban tersebut dihilangkan , maka kondisi balok akan kembali pada posisi semula tanpa adanya lendutan dan kerusakan (retakan).



Gambar 3.4.b : Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

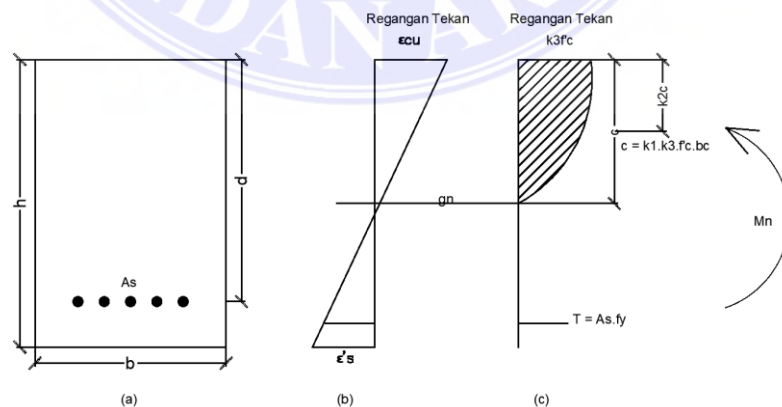
Disaat beban bertambah secara signifikan seperti pada Gambar 3.4.b, maka distribusi tegangan pun akan berubah sesuai besaran beban yang ditambahkan. Perubahan diawali dengan adanya perubahan tinggi garis netral (c) yang diikuti dengan bertambahnya tegangan-regangan tekan dan tarik pada serat atas maupun tekan. Pada kondisi tersebut tegangan pada baja tulangan telah mencapai batas kuat lelehnya (f_y).

Distribusi tegangan pada daerah tekan pun berubah yang awalnya linear berubah menjadi nonlinear. tegangan tarik pada serat tarik penampang beton telah melampaui kekuatan beton sehingga pada kondisi ini telah terjadi retak (crack) pada serat tarik. Lendutan permanen sudah mulai tampak pada beton meskipun beban dihilangkan dari element balok. Hal ini mengandung arti bahwa beton telah melewati batas elastisnya.

Dengan terjadinya leleh pada tulangan tarik beton, maka tulangan baja akan mengalami tambahan regangan dan diikuti dengan bertambahnya deformasi pada balok, seperti pada Gambar 3.4.b. Kondisi retak pada permukaan serat tarik pun akan semakin membesar dikarenakan tulangan baja telah melampaui kuat lelehnya dan mengalami strain hardening. Regangan yang terjadi pada tulangan baja bisa mencapai berkali-kali lipat dari regangan lelehnya. Dengan kata lain, kekuatan baja untuk memikul beban semakin mengecil. Efek nonlinear pada tegangan tekan semakin terlihat. Tinggi garis netral semakin berkurang seiring dengan bertambahnya tegangan yang terjadi pada serat tarik balok. Hal ini berarti lengan moment antara gaya tarik dan gaya tekan pada penampang balok semakin meningkat.

Balok dikatakan mencapai batas maksimum (runtuh) bila serat tekan (serat teratas) pada penampang beton telah mencapai ke kuatannya ($\epsilon_{cu} = 0,003$). Dan hal itu menandakan bahwa serat tekan tersebut mengalami kehancuran (crack) dan beton akan runtuh. Pada Gambar 3.4 akan dibahas lebih detail terkait perilaku lentur balok berdasarkan tegangan-regangan yang terjadi akibat moment lentur yang bekerja. Pada kasus ini akan di asumsikan serat tekan pada serat atas penampang telah mencapai regangan maksimum dari beton yaitu $\epsilon_{cu} = 0,003$. Selain itu ada beberapa asumsi yang akan digunakan guna menjelaskan prinsip dasar perilaku lentur balok pada Gambar 2.3, yaitu:

- a. Penampang balok akan di asumsikan tetap dalam keadaan datar (*remained plane*) sesaat setelah mengalami moment lentur hingga keruntuhan. Dengan penggunaan asumsi ini maka distribusi regangan pada penampang beton bisa di anggap linier seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 (b).
- b. Asumsi yang kedua adalah lekatan (*bond*) antara tulangan dan beton dianggap sempurna tanpa adanya *slip*. Hal ini mengandung arti bahwa regangan yang terjadi pada beton dan tulangan baja adalah sama .

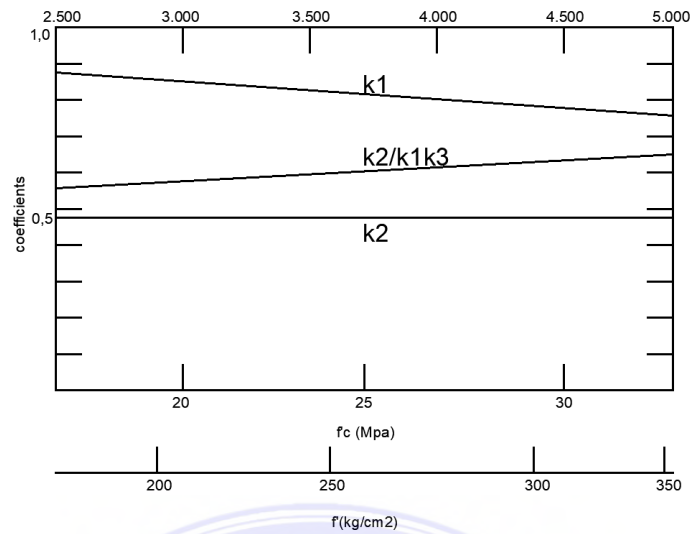


Gambar 3.4.c Kondisi tegangan-regangan balok saat kuat lentur tercapai.

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

Pada Gambar 3.4.c kekuatan dari tegangan tarik beton tidak diperhitungkan (seperti yang telah di jelaskan di awal bahwa beton lemah terhadap tarik maka hal tersebut tidak memberikan sumbangan kekuatan yang signifikan terhadap kuat lentur), sehingga penampang beton di bawah garis netral di abaikan. Karenanya, penentuan nilai efektif (effective depth) penampang (d) cukup di ukur dari serat tekan terluar hingga ke titik berat dari tulangan tarik, seperti yang terlihat pada gambar 3.4.c.

Terkait distribusi tegangan tekan yang terjadi pada daerah tekan penampang beton, bentuk dan nilainya sangat sulit ditentukan secara pasti. Meskipun di korelasikan terhadap hasil uji yang dilakukan pada benda uji silinder. Untuk itu, para ahli menggunakan parameter k_1 , k_2 , k_3 guna mendefinisikan blok tekan yang terdapat pada daerah tekan dari penampang balok, Nilai parameter tersebut (k_1 , k_2 , k_3) bisa di tentukan berdasarkan hasil eksperiment yang telah di lakukan seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Nilai (k_1 , k_2 , k_3) menunjukkan nilai resultan gaya tekan yang terdapat dalam penampang balok saat balok tersebut mengalami momen lentur. Parameter k_1 mererespresentasikan perbandingan antara tegangan rata-rata (average stress) dengan tegangan maksimum (peak stress), k_3 1c. Sedangkan parameter k_2 adalah faktor yang digunakan untuk menentukan lokasi dari resultan gaya tekan (C) terhadap serat tekan terluar penampang beton. Dan parameter k_3 menggamarkan perbandingan antara tegangan maksimum (peak stress) pada daerah tekan balok terhadap kuat tekan tekan yang diperoleh dari uji tekan silinder, f_c .

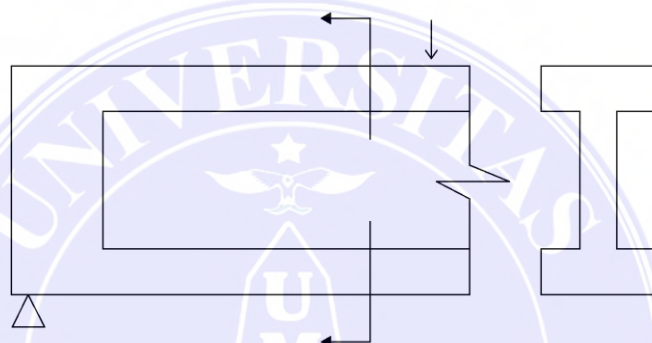


Gambar 3.4.d nilai dari parameter kuat lentur pada balok (k_1, k_2, k_3)
 Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

Ketika terjadi retak pada sisi terluar pada sisi terluar dari serat tekan, regangan yang terjadi pada tulangan baja bisa jadi lebih besar atau lebih kecil atau lebih kecil dibandingkan regangan lelehnya, ϵ_s . Jika perbandingan antara luasan tulangan (A_s) dan dan luasan penampang beton relatif cukup kecil, maka baja tulangan akan leleh terlebih dahulu sebelum terjadi retak pada sisi terluar dari serat tekan. Sehingga beton akan berperilaku daktail dengan menunjukkan deformasi yang cukup besar sebelum mengalami keruntuhan. Kondisi semacam ini di kenal dengan istilah under-reinforced . Sebaliknya ,bila rasio luasan tulangan (A_s) dan luasan penampang beton relatif cukup besar (artinya: tulangan yang digunakan banyak) maka tulangan baja akan tetap elastis , tidak mengalami rusak saat serat tekan terluar penampang beton mengalami retak. Kondisi seperti ini sangat berbahaya karena keruntuhan akan bersifat mendadak tanpa peringatan (bersifat getas). Fenomena ini di kenal dengan istilah over-reinforced . Untuk mencegah keruntuhan getas (brittle) pada balok, ACI (American Concrete Institute) membatasi nilai regangan pada tulangan baja tarik.

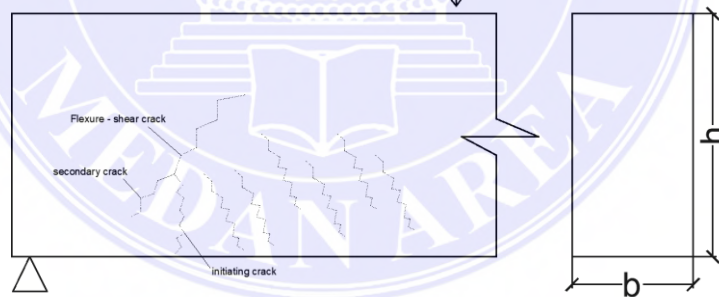
3.5 Kuat Geser Balok

Prinsip dasar dari munculnya retak (crack) pada penampang balok adalah adanya fenomena diagonal tension yang diakibatkan tegangan geser yang terjadi pada balok. Pola dan lebar dari retak yang terjadi bisa dikontrol dengan menyediakan tulangan geser (shear reinforcement) pada balok yang umumnya dipasang secara tegak lurus terhadap tulangan lentur balok. Fenomena crack pada balok tanpa tulangan geser dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5.a *Web shear crack*

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.



Gambar 3.5.b *flexure shear crack*

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

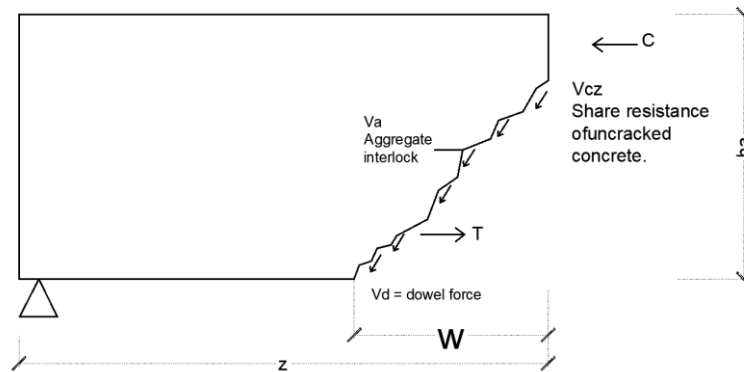
Pada Gambar 3.5.a, balck prestressed mengalami retak pada bagian badan penampang balok atau dikenal dengan istilah web-shear-crack. Jenis retak ini muncul pada balok tanpa didahului retak akibat lentur.

Umumnya kondisi retak jenis ini jarang terjadi pada balok nonprategang (balok umum yang digunakan pada struktur rangka). Sedangkan retak yang muncul yang didahului munculnya retak akibat lentur adalah flexure-shear-crack, seperti yang terlihat pada Gambar 3.5.b. Jenis crack ini juga dikenal dengan istilah initiating crack yang sering muncul pada balok, baik balok prestressed ataupun nonprategang. Dengan demikian, peran dari tulangan geser pada balok sangatlah penting guna mencegah terjadinya kegagalan akibat shear failure.

3.5.1 Mekanisme Tahanan Geser pada Balok

Mekanisme distribusi tegangan geser yang terjadi pada balok yang tidak memiliki tulangan geser (*shear reinforcement*), melibatkan beberapa parameter seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Adapun penjelasan terkait parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tahanan geser pada beton yang tidak mengalami retak (*uncracked concrete*) didaerah tegangan tekan, diberi simbol V_{cz} .
- b. Gaya geser yang terdapat pada permukaan beton (*aggregate interlock or interface shear transfer*) diberi simbol V . Besaran V sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan yang mengalami retak. Umumnya permukaannya sangat kasar karena terdapat pecahan dari kerikil (*aggrerate*) dari campuran beton.
- c. Tahanan yang disumbang oleh tulangan lentur biasanya disebut dengan dowel action, V_a . Dowel action ini merupakan tahanan terhadap gaya geser yang berasal dari tulangan longitudinal balok.
- d. Arch action, mekanisme tahanan geser yang didapat pada balok tinggi (*deep beam*).



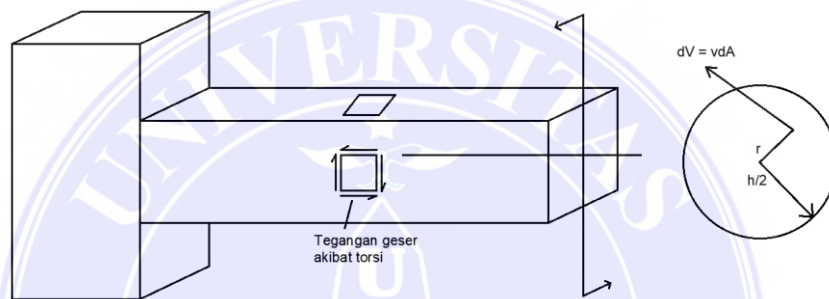
Gambar 3.5.c komponen tahan geser setelah terjadi retak miring pada balok
 Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

Kemampuan balok untuk memikul beban tambahan setelah terjadi retak miring pada balok, tergantung kepada kemampuan dari bagian beton yang tidak retak untuk mendistribusikan gaya gesernya ke bagian yang lain (bagian retak miring atau pada daerah tegangan tekan). Dengan kata lain, 4 parameter yang telah dijelaskan diatas adalah sangat menentukan tingkat kerusakan yang diakibatkan gaya geser pada balok.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh ACI dan ASCE pada tahun 1973, ditemukan bahwa persentase mekanisme distribusi geser pada balok tanpa tulangan geser saat retak miring telah terbentuk adalah 15-25% oleh dowel action, 20-40% oleh bagian beton didaerah tekan yang tidak mengalami retak dan 30-50% oleh aggregate interlock dari permukaan beton yang retak. Ketika lebar dan panjang dari retak diagonal bertambah, maka persentase yang disebutkan diatas juga akan berubah.

3.6 Kuat Momen Torsi Balok

Khusus penampang berbentuk lingkaran, disaat menerima momen torsi, diasumsikan bahwa bidang penampang tetap datar meski telah menerima momen torsi yang bekerja pada elemen. Hal ini menyebabkan resultan tegangan geser (u) pada semua titik memiliki besaran yang proporsional terhadap titik tengah penampang. Dengan mengasumsikan r sebagai diameter penampang bulat dan v merupakan tegangan geser torsi maksimum pada bagian keliling lingkaran, maka:



Gambar 3.6.a Tegangan torsi pada penampang homogen

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

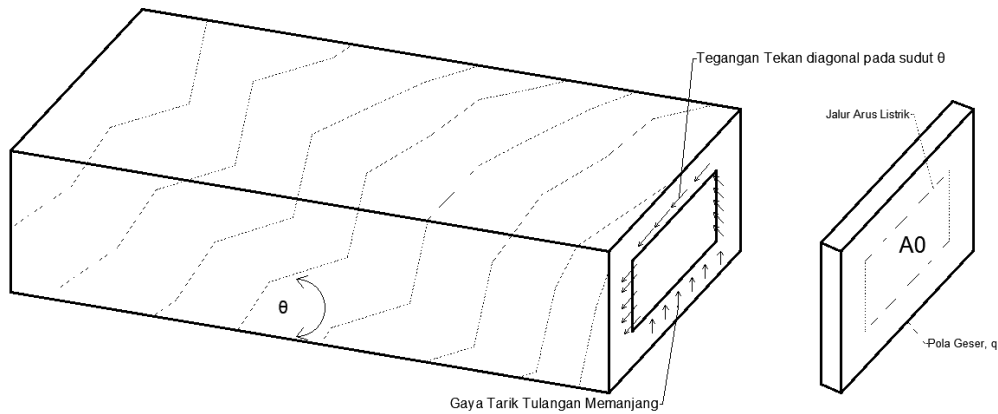
Momen torsi yang bekerja pada penampang balok dari struktur beton bertulang menyebabkan terjadinya tegangan geser (v) diseluruh bagian penampang balok, seperti yang terlihat pada Gambar 3.6.a. Namun berbeda halnya dengan penampang persegi yang memiliki dimensi lebar dan tinggi berupa x dan y . Bila pada penampang bulat, penampang tetap datar meski setelah menerima puntir, namun untuk penampang persegi sedikit berbeda. Permukaan penampang mengalami perubahan bentuk (wrap) saat setelah menerima puntir.

3.6.1 Teori *space truss* torsi

Secara umum, kekuatan dari struktur beton bertulang dalam memikul momen torsi disediakan oleh tulangan dan material beton. Ada dua pendekatan yang dilakukan, yaitu dengan memodelkan balok sebagai thin-walled tube dan space truss, seperti yang terlihat pada Gambar 4.5. Tulangan longitudinal yang terletak pada bagian pojok balok berperan dalam menyediakan gaya tarik sedangkan material beton yang berada diantara garis retak berperan dalam menyumbang kuat tekan. Kuat tekan yang disumbangkan oleh sisi beton diantara retak, terdistribusi secara miring sehingga seolah-olah berperilaku seperti spiral dalam penampang persegi. Kondisi tersebut menyebabkan timbulnya gaya pada sisi horizontal dan vertikal dari penampang persegi.

Bila berbicara penampang balok yang solid, disaat balok telah mengalami retak (crack), maka inti beton yang berada ditengah penampang berperan tidak signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa inti beton dapat diabaikan dalam proses analisa dan ini menjadi dasar asumsi thin-walled tube pada balok persegi dalam memikul momen torsi.

Perilaku elemen balok dari beton bertulang umumnya akan berperilaku seperti thin-walled tube saat belum mengalami retak, seperti pada Gambar 4.5(a). Sedangkan saat telah mengalami retak, balok lebih cenderung berperilaku sebagai space truss, seperti yang terlihat pada Gambar 4.5(b). Hal ini dikarenakan, saat terjadi retak, material beton pada bagian inti tidak berperan secara signifikan dalam menyumbang kekuatan.



Gambar 3.6.b *Analogi thin walled*

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.



Gambar 3.6.c *Space truss analogy*

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa sesaat setelah terjadi retak pada penampang, perilaku balok dalam memikul torsi dianalogikan sebagai space truss. Dalam mekanismenya, analogi space truss melibatkan tulangan longitudinal yang terletak pada pojok balok, tulangan sengkang tertutup dan tegangan tekan diagonal dari beton yang telah mengalami retak akibat torsi yang membentuk pola spiral disepanjang balok, seperti yang terlihat pada Gambar 4.5(b). Besaran sudut retak yang terbentuk pada kondisi tersebut sekitar 45°. Namun bila retak semakin bertambah, maka sudut kemiringan retak bisa bervariasi antara 30° sampai dengan 60°.

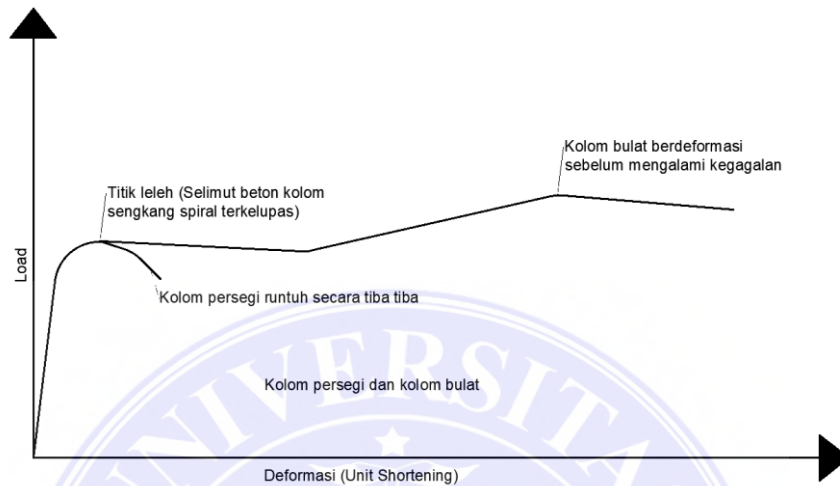
3.7 Elemen Struktur Kolom

Ketika beton dan tulangan baja bekerja sama dalam kondisi tekan, beban yang dipikul (pada beton & baja) berubah terus menerus secara beraturan selama periode pembebanan. Awalnya, tegangan yang terjadi pada tulangan (ES / EC) kali dari tegangan pada beton (berdasarkan teori elastis). Ketika terjadi pengaruh rangkakan dan susuk pada kolom, baja tulangan perlahan-lahan memikul beban lebih besar dibandingkan kapasitas elastisnya.

Bila membandingkan perilaku kolom yang menggunakan sengkang persegi (kolom persegi) dan sengkang spiral (kolom bulat), tentu keduanya memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal itu dapat dilihat pada Gambar 3.7.a yang berupa hubungan antara gaya dan deformasi. Kolom bulat disaat menerima aksial tekan akan mengalami leleh (yielding) pada kondisi beban tertentu. Bila beban terus diberikan, maka selimut beton pada kolom bulat akan terkelupas dan elemen kolom akan mulai berhenti berdeformasi secara lateral. Hal ini dikarenakan sengkang spiral secara efektif mengikat inti beton yang berada di tengah dan mencegah agar kolom tidak runtuh. Bila tulangan sengkang di desain dengan baik, maka kuat inti beton yang ada di tengah bisa lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi kolom yang masih utuh (sebelum selimut beton terkelupas). Kondisi seperti ini bisa disebut dengan kuat batas maksimum (ultimate strength) dari kolom bulat.

Berbeda halnya dengan perilaku kolom persegi yang tidak menunjukkan kapasitas deformasi yang serupa kolom bulat. Hubungan force – deformation dari kolom persegi hanya memiliki one peak, seperti yang terlihat pada gambar 3.7.a. Saat kondisi tersebut terjadi, selimut pada kolom akan mengelupas dan tulangan longitudinal diantara sengkang akan mulai mengalami tekuk.

Dengan fenomena tersebut, bisa di katakan bahwa pada kolom persegi tidak terdapat fenomena yield (leleh). Titik pumcan (one peak) pertama yang terjadi adalah kuat batas maksimum (ultimate strenght) dari kolom persegi.

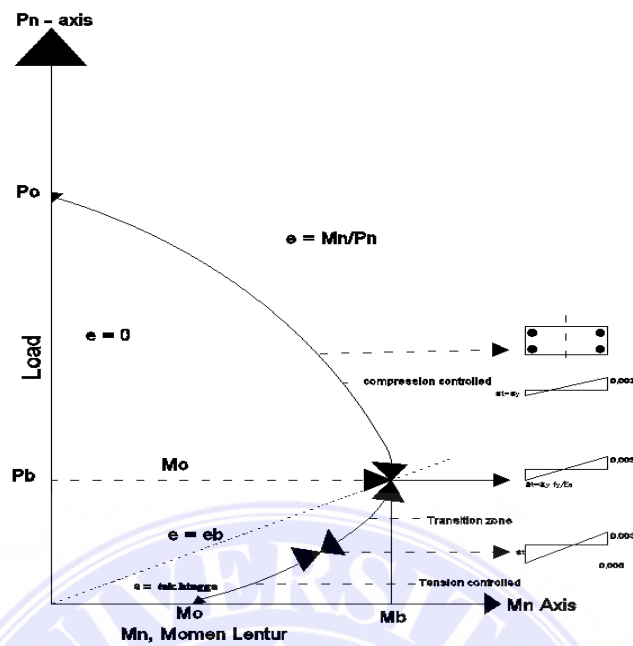


Gambar 3.7.a *Space truss analogy*

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

3.7.1 Diagram interaksi kekuatan element kolom

Kolom merupakan elemet struktur yang menerima kombinasi beban yang berupa aksial tekan dan moment. Dari interaksi dua parameter tersebut (P & M), terdapat sejumlah kombinasi kekuatan yang tak terhitung jumlahnya, Interaksi dari aksial tekan (P) dan moment (M) di wujudkan dalam sebuah kurva yang di kenal sebagai diagram interaksi P – M , seperti yang terlihat pada Gambar 3.7.1.



Gambar 3.7.1 diagram interaksi P – M elemen kolom
 Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

Berdasarkan rasio P & M, diagram interaksi tersebut terbagi menjadi dua kondisi, yaitu : compression dan tension. Pada kondisi compression (tekan), hampir seluruh/sebagian penampang kolom mencapai regangan maksimum tekan sebesar $\epsilon_c = 0,003$, sebelum tulangan baja mengalami lelehnya (ϵ_y) dan disaat bersamaan pula, material kolom mencapai regangan tekannya ($\epsilon_c = 0,003$). Diantara dua kondisi tersebut terdapat kondisi yang berimbang antara P dan M yang dikenal dengan istilah kondisi regangan berimbang (balanced strain condition).

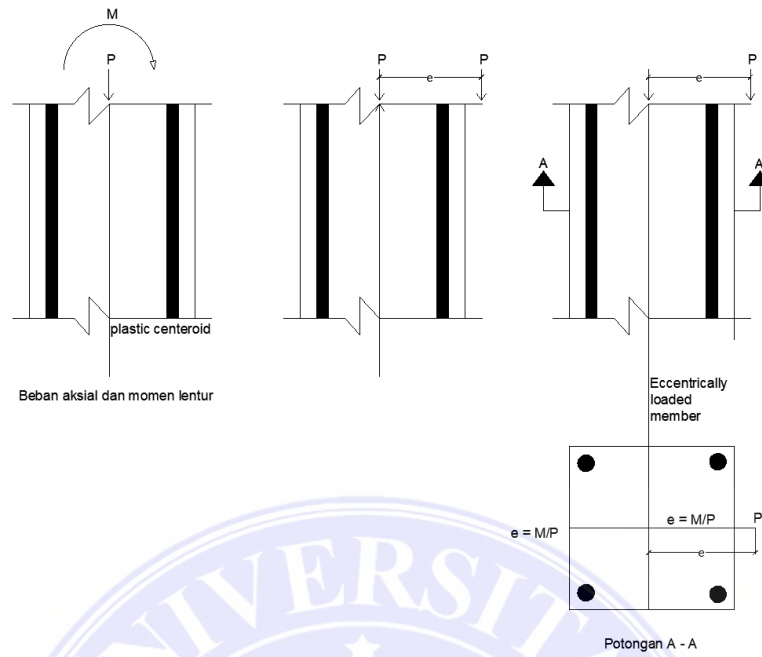
Kondisi regangan berimbang dikenal juga dengan istilah compression control limit (batas kontrol tekan). Hal ini mengandung arti bahwa bila interaksi P & M berada diatas batas ini, maka kondisi kolom dikategorikan sebagai compression controlled ini, faktor reduksi kolom adalah 0,75 untuk kolom bulat dan 0,65 untuk kolom persegi, seperti yang ditentukan SNI 2847-2019; Pasal 21.2.2; Gambar R21 .2.2b; Hal-472. Sedangkan untuk wilayah yang berada

dibawah compression control limit, terbagi menjadi dua bagian yaitu: tension controlled dan transition zone .

Pada kondisi *tension controlled* , regangan pada lapisan ekstrim tulangan tarik tercapai $\epsilon_t \geq 0,005$ dan faktor reduksi kekuatan dalam kondisi ini mencapai 0,9. Selain itu pada kondisi tension controlled, elemen struktur menerima beban hanya berupa momen lentur tanpa adanya gaya aksial tekan (meskipun ada, namun terbilang sangat kecil sehingga bisa diabaikan). Sedangkan pada transition zone, regangan yang terjadi adalah $f_y / E_s < \epsilon_t < 0,005$ dan faktor reduksi bervariasi linear antara 0,75 – 0,9 untuk kolom bulat dan antara 0,65 – 0,9 untuk kolom persegi.

Pada Gambar 3.7.1 dapat dilihat pula bahwa perbandingan antara P / M bisa di nyatakan dengan istilah (e). Disaat kolom hanya menerima beban tekan eksentris , maka kolom akan menerima pengaruh tekan dan sekaligus momen . Momen tersebut muncul dikarenakan adanya pengaruh eksentrisitas beban. Oleh karena itu pada diagram interaksi P – M ,sumbu vertikal diagram menyatakan nilai $e = 0$ dan sumbu horizontal diagram menyatakan $e = \infty$.

Konsep beban eksentris ini sering digunakan sebagai pendekatan dalam proses analisa dan desain dari struktur beton bertulang untuk menyatakan gaya aksial tekan dan momen (hanya dengan satu gaya tekan eksentris)



Gambar 3.7.2 kolom yang dibebani beban eksentris

Sumber : Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis menggunakan Program SAP 2000 dan hasil perhitungan yang didapatkan berdasarkan SNI 2847 – 2019 memiliki perbedaan yang tidak jauh bedanya dengan SNI 2847 – 2013, sebagai hasil diperoleh desain penulangan balok menggunakan metode SNI 2847 – 2019 diperoleh $A_s = 8D-19$ mm² dan $A'_s = 4D-19$ mm², sedangkan berdasarkan metode SNI 2847 – 2013 diperoleh $A_s = 7D-19$ mm² dan $A'_s = 4D-19$ mm². Dan untuk perhitungan struktur pada kolom tidak memiliki perbedaan pada kebutuhan penulangan kolom. Hal yang memungkinkan adanya perbedaan hasil perhitungan struktur balok yaitu pada program yang digunakan dalam menganalisis struktur, dimana perhitungan struktur pada proyek berdasarkan SNI 2847 – 2013 menggunakan program ETABS sedangkan pada penelitian ini menggunakan program SAP 2000 V14, sehingga nilai gaya aksial, gaya geser, dan momen yang di dapatkan berbeda antara program ETABS dan program SAP 2000 V14. Sama halnya pada penelitian terdahulu yang sudah dicantumkan pada penelitian ini membuktikan bahwa untuk perbandingan “analisis portal struktur menggunakan metode Takabeya dan Program SAP 2000.” Dalam penelitian ini menampilkan perbedaan antara hasil output momen ultimit lebih besar 2% pada program SAP 2000 dibandingkan hasil output momen pada metode Takabeya sedangkan untuk nilai gaya aksial dan gaya geser menggunakan program SAP 2000 jauh lebih besar menggunakan metode Takabeya.

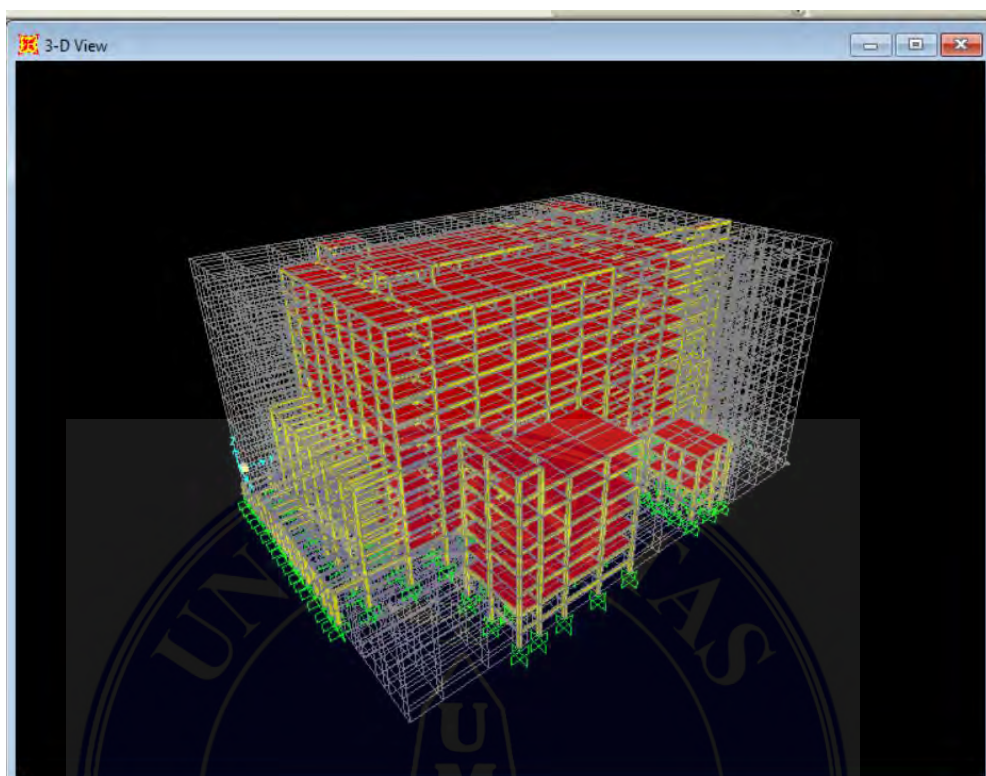
5.2 Saran

1. Dalam Menganalisa struktur menggunakan program software perlu memahami struktur gambar dari bangunan terlebih dahulu dengan berpatokan pada program autocad.
2. Selanjutnya memahami Struktur penggambaran dari autocad maka akan dilanjutkan dengan memahami dari tiap elemen struktur yang akan ditinjau yaitu : balok, kolom dan diaplikasikan pada program SAP 2000.
3. Setelah mendapatkan hasil Analisa dari Program SAP 2000 maka akan dilakukan perhitungan menggunakan perhitungan berdasarkan Metode SNI 2847 – 2019.
4. Kemudian dilakukan perbandingan Analisa terhadap bangunan yang di Analisa sendiri dengan Analisa dari proyek berdasarkan program SAP 2000.
5. Terakhir akan dilakukan perbandingan perhitungan manual dengan metode SNI 2847 – 2019 dengan perhitungan manual dari proyek yang menggunakan metode SNI 2847 – 2019.

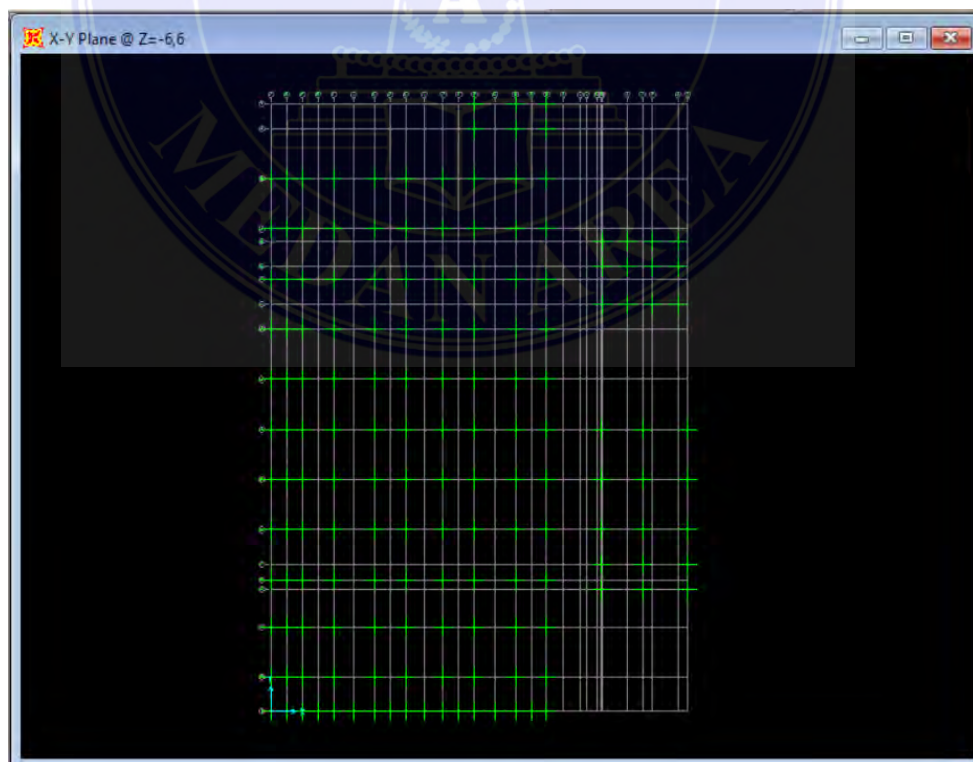
DAFTAR PUSTAKA

- BSN, 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847 – 2013, ICS 91.080.40, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. Peraturan Pembebanan Minimum Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan , SNI 03-1726-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- SNI-1726.(2019).Standar Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung. Badan Standardisasi Nasional,Jakarta.
- SNI-2847.(2019).Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI-2052.(2017) Baja Tulangan Beton. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.

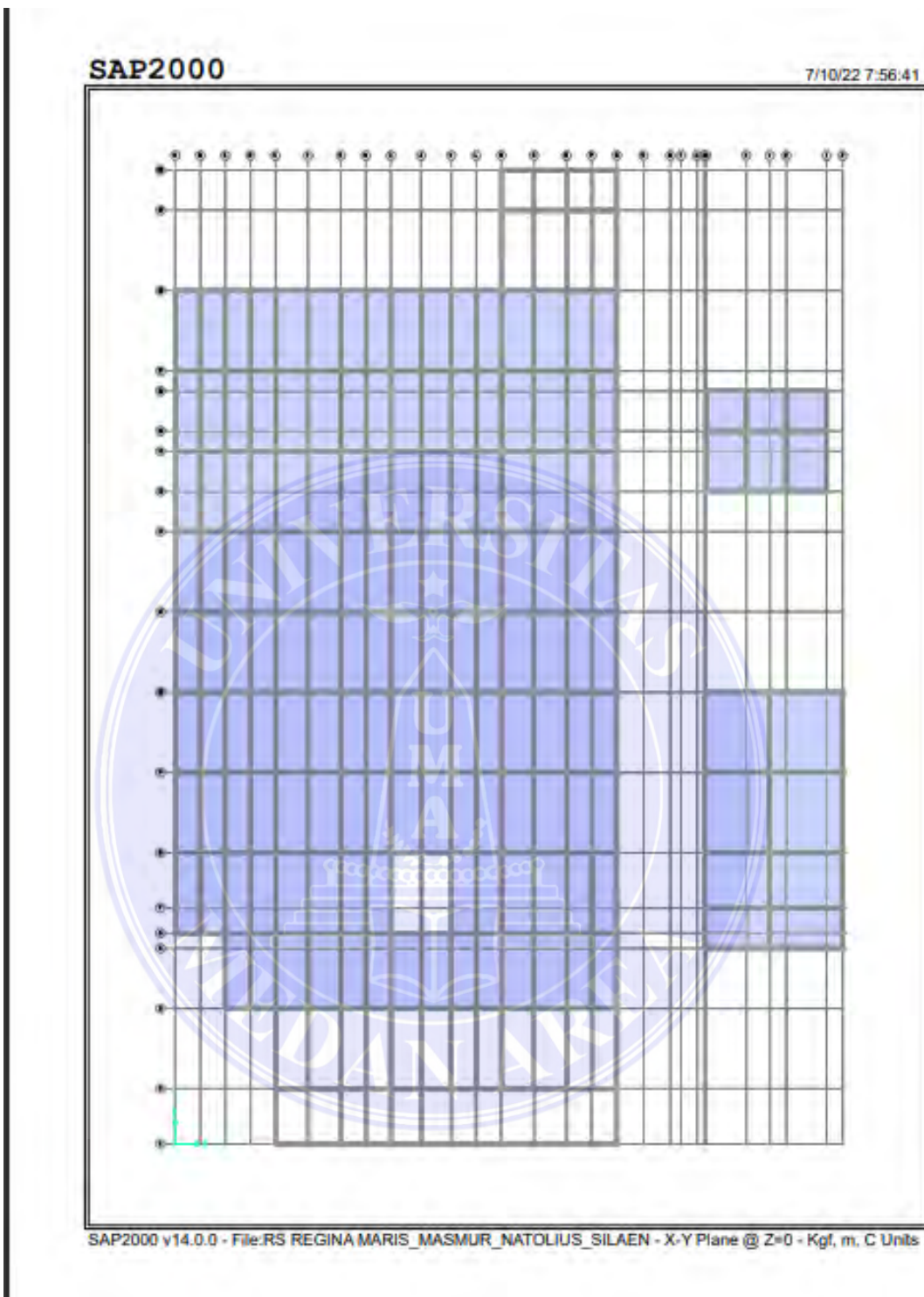
LAMPIRAN



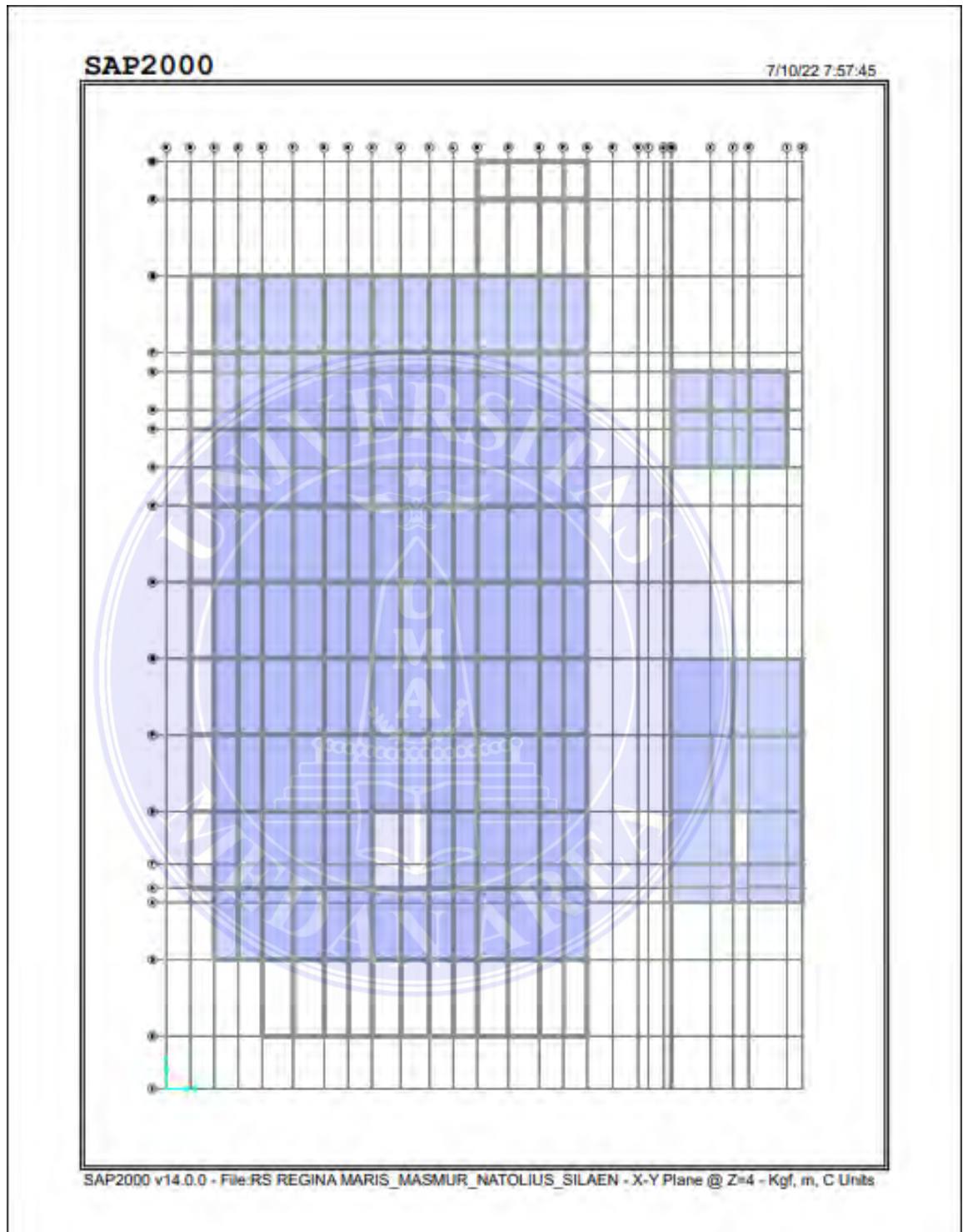
Gambar 1 : Pemodelan Struktur 3D



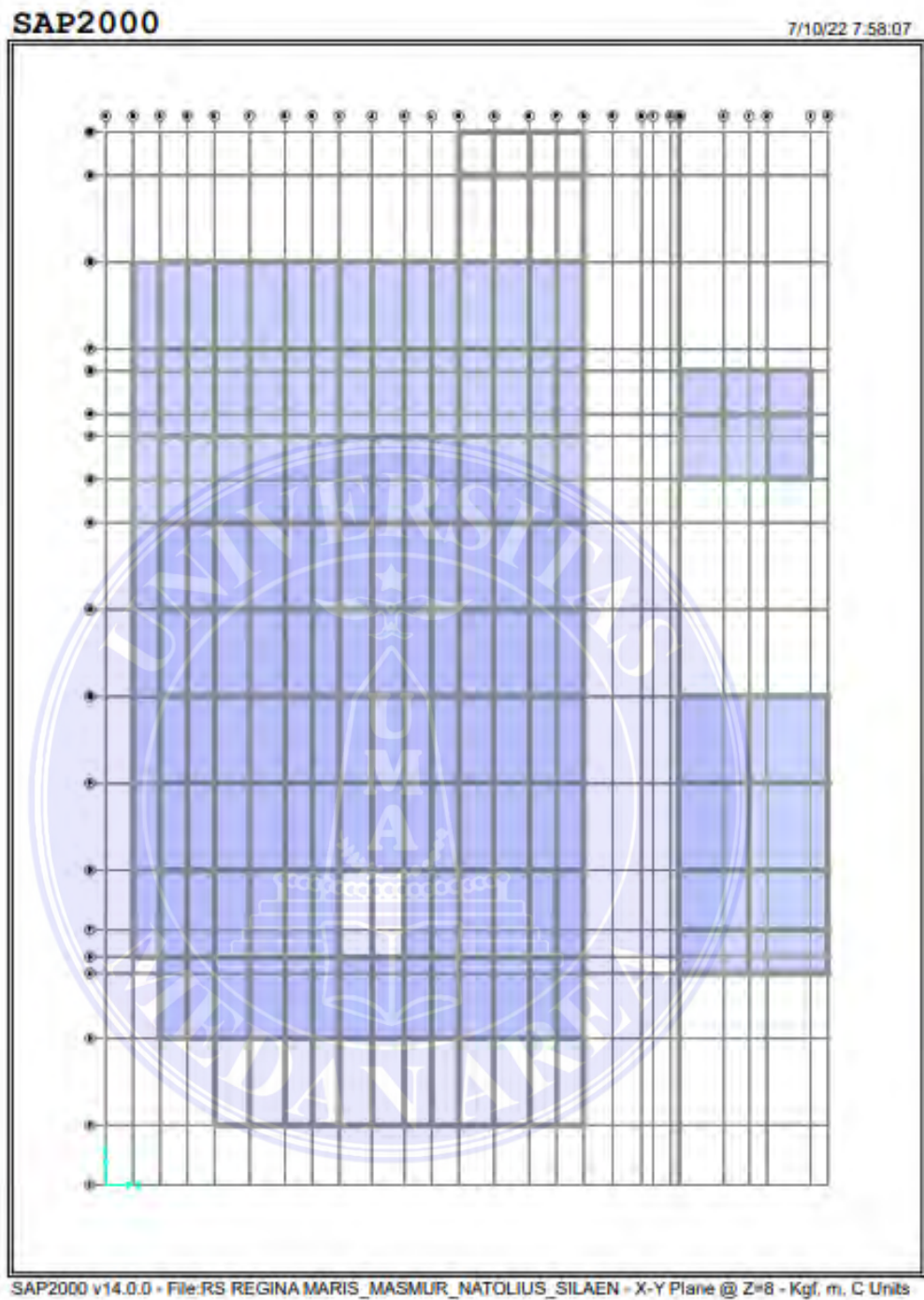
Gambar : Denah Kolom



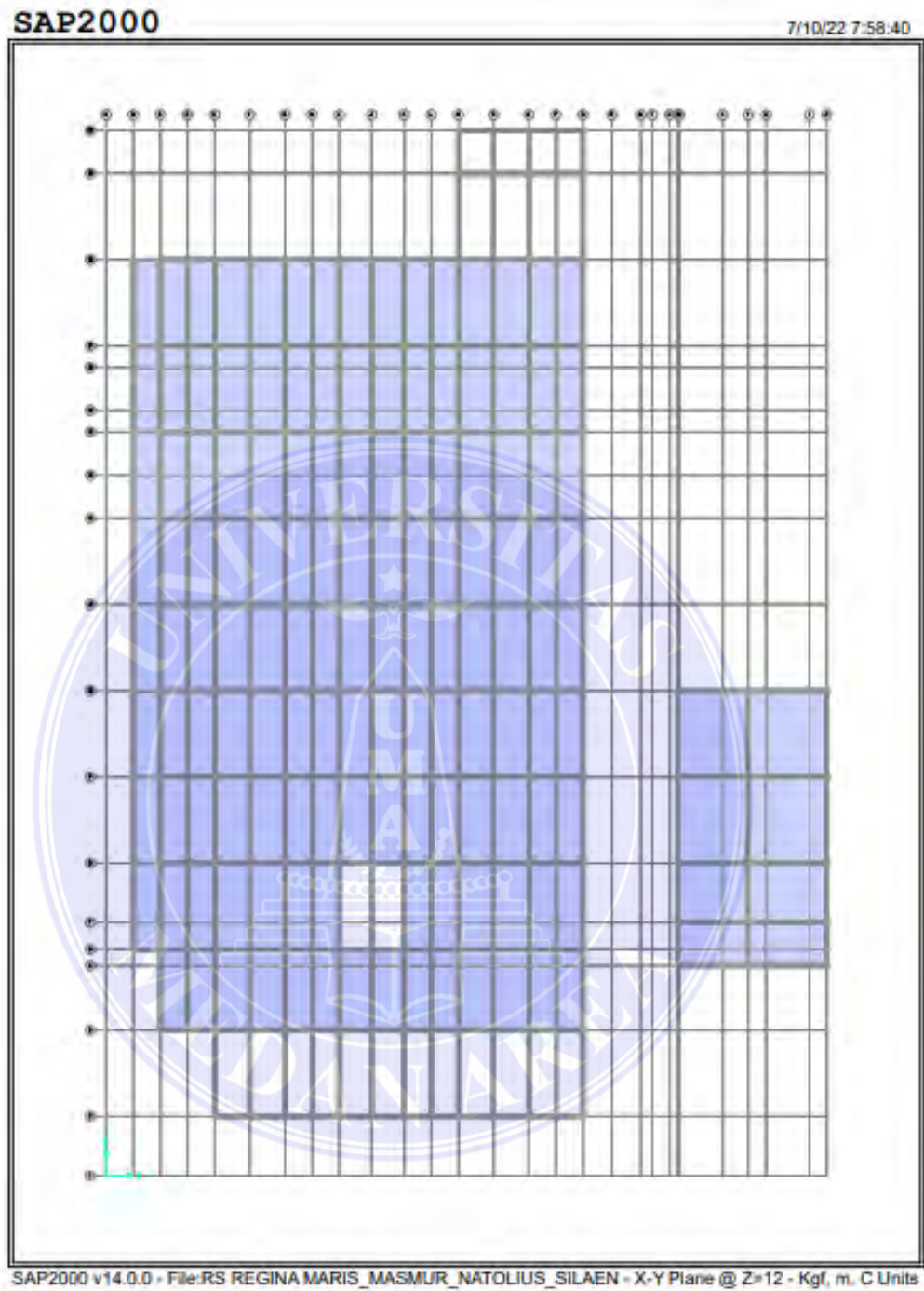
Gambar : Denah Balok Lantai 1



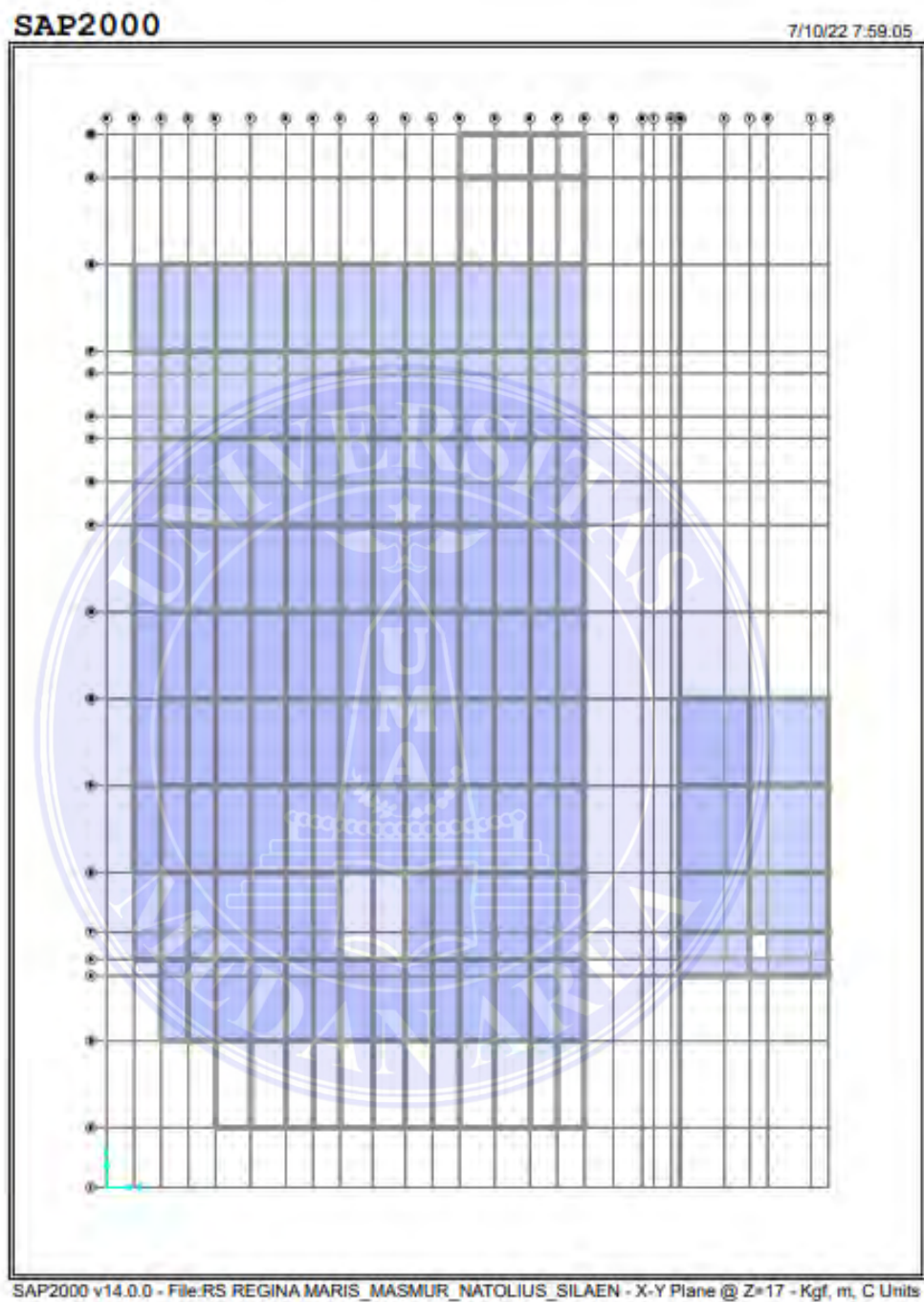
Gambar : Denah Balok Lantai 2



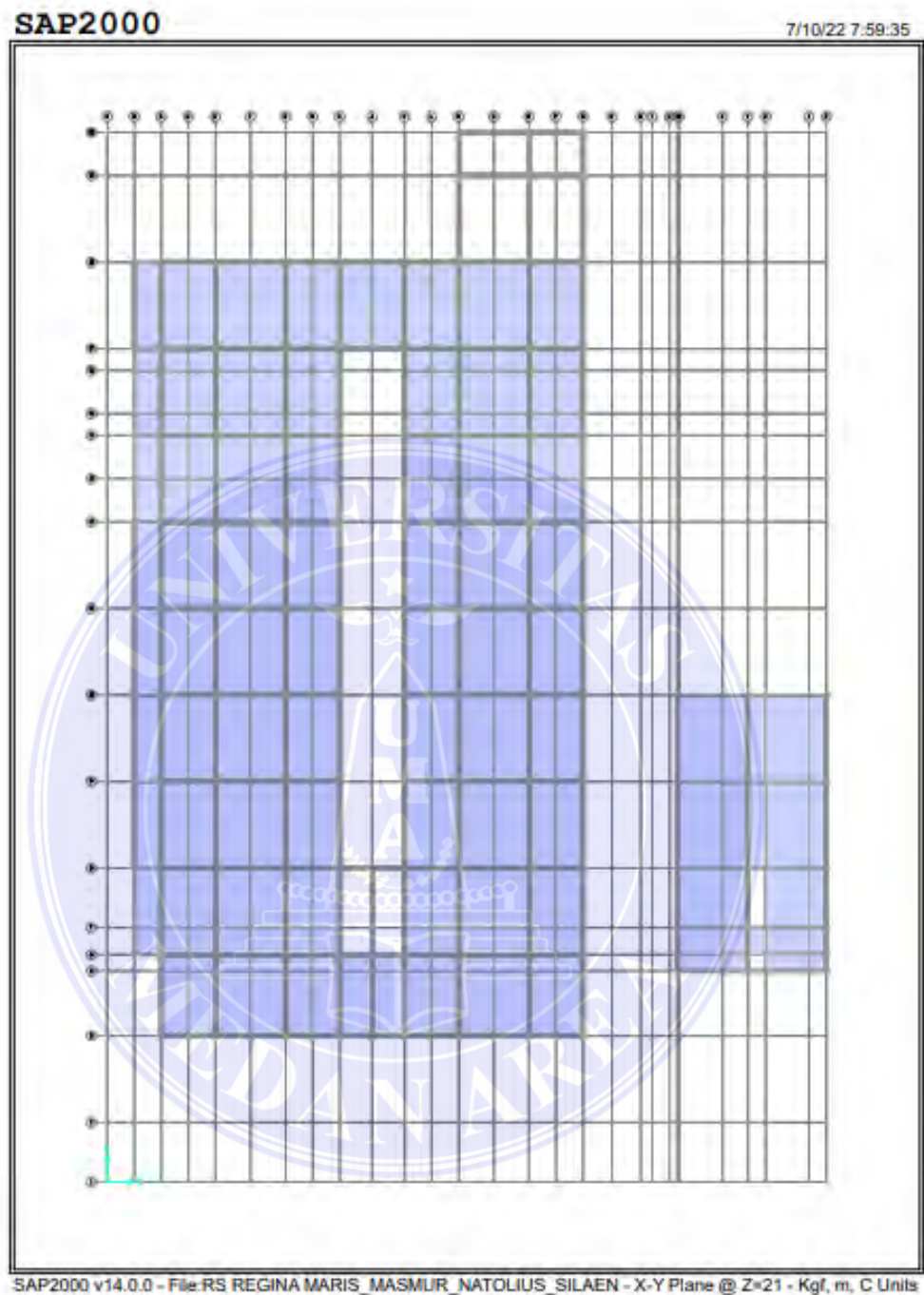
Gambar : Denah Balok Lantai 3



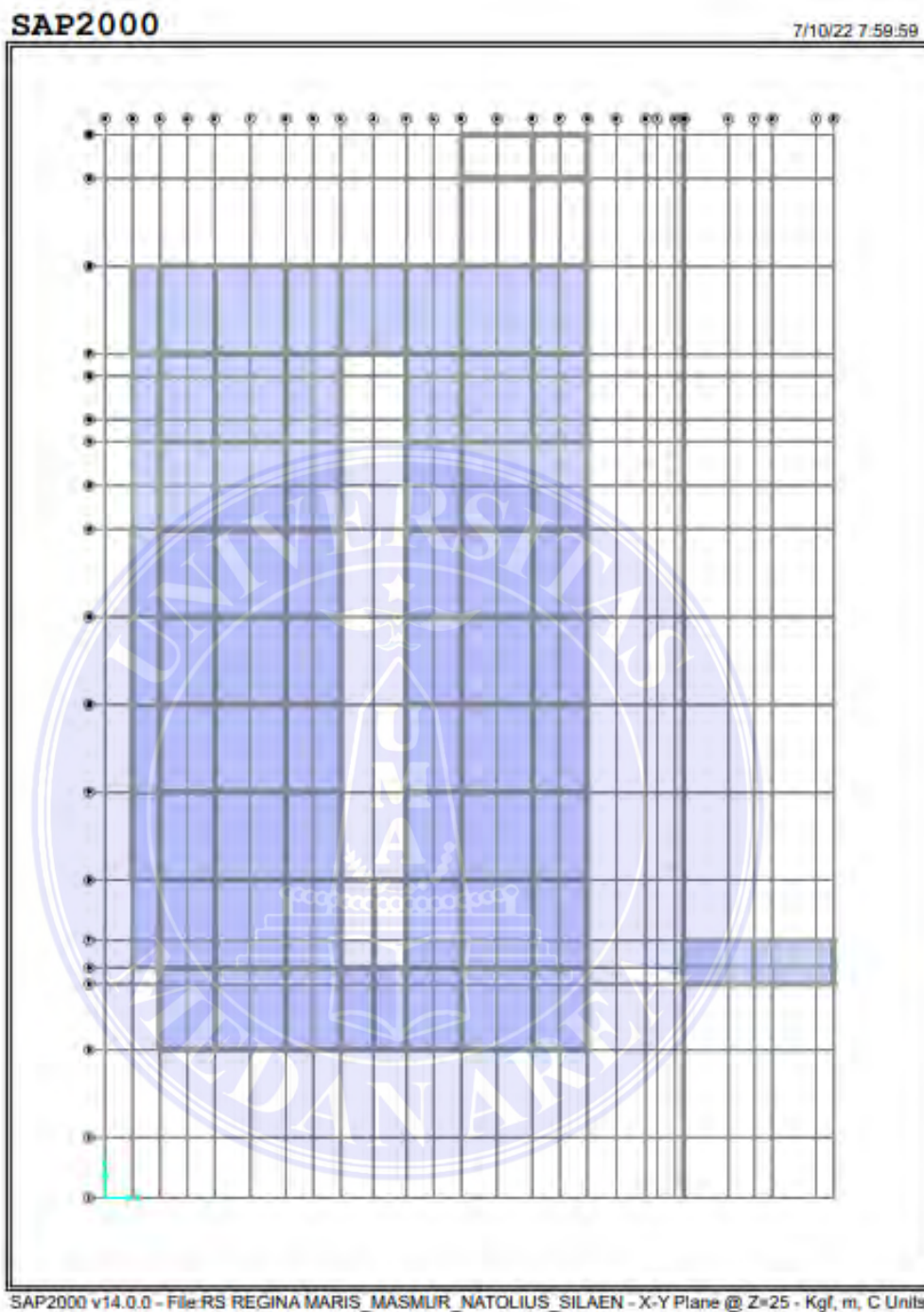
Gambar : Denah Balok Lantai 3A



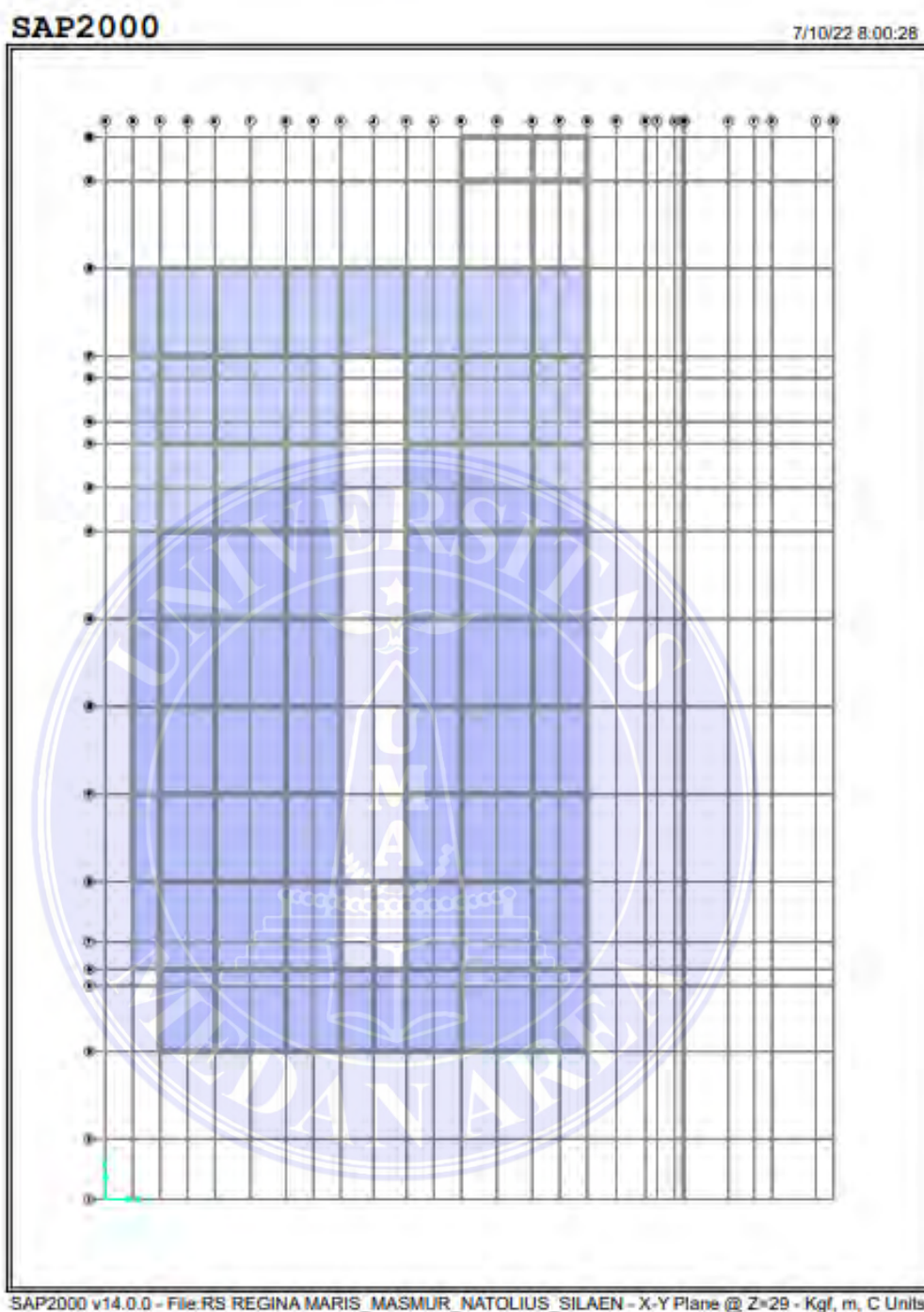
Gambar : Denah Balok Lantai 5



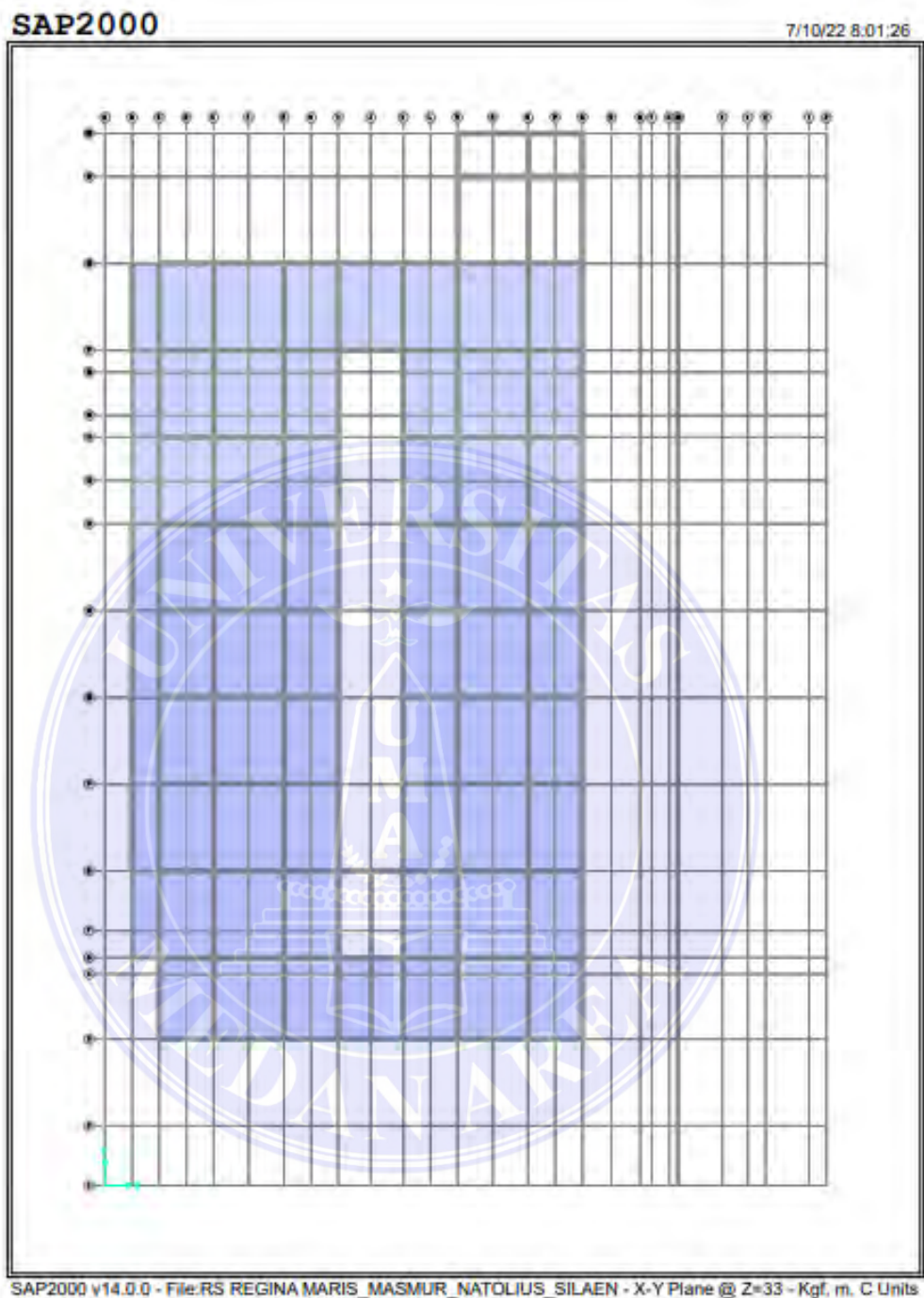
Gambar : Denah Balok Lantai 6



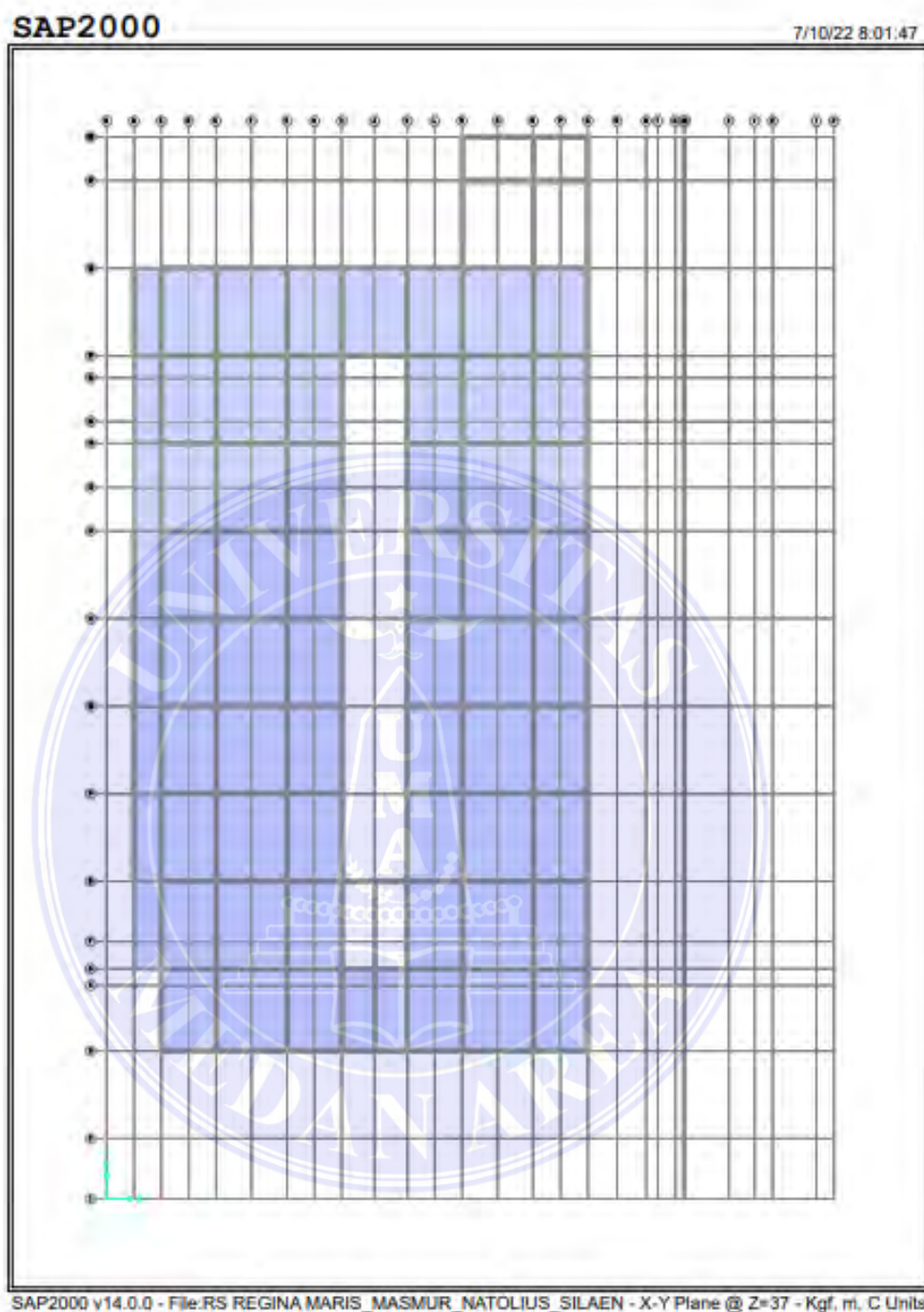
Gambar : Denah Balok Lantai 7



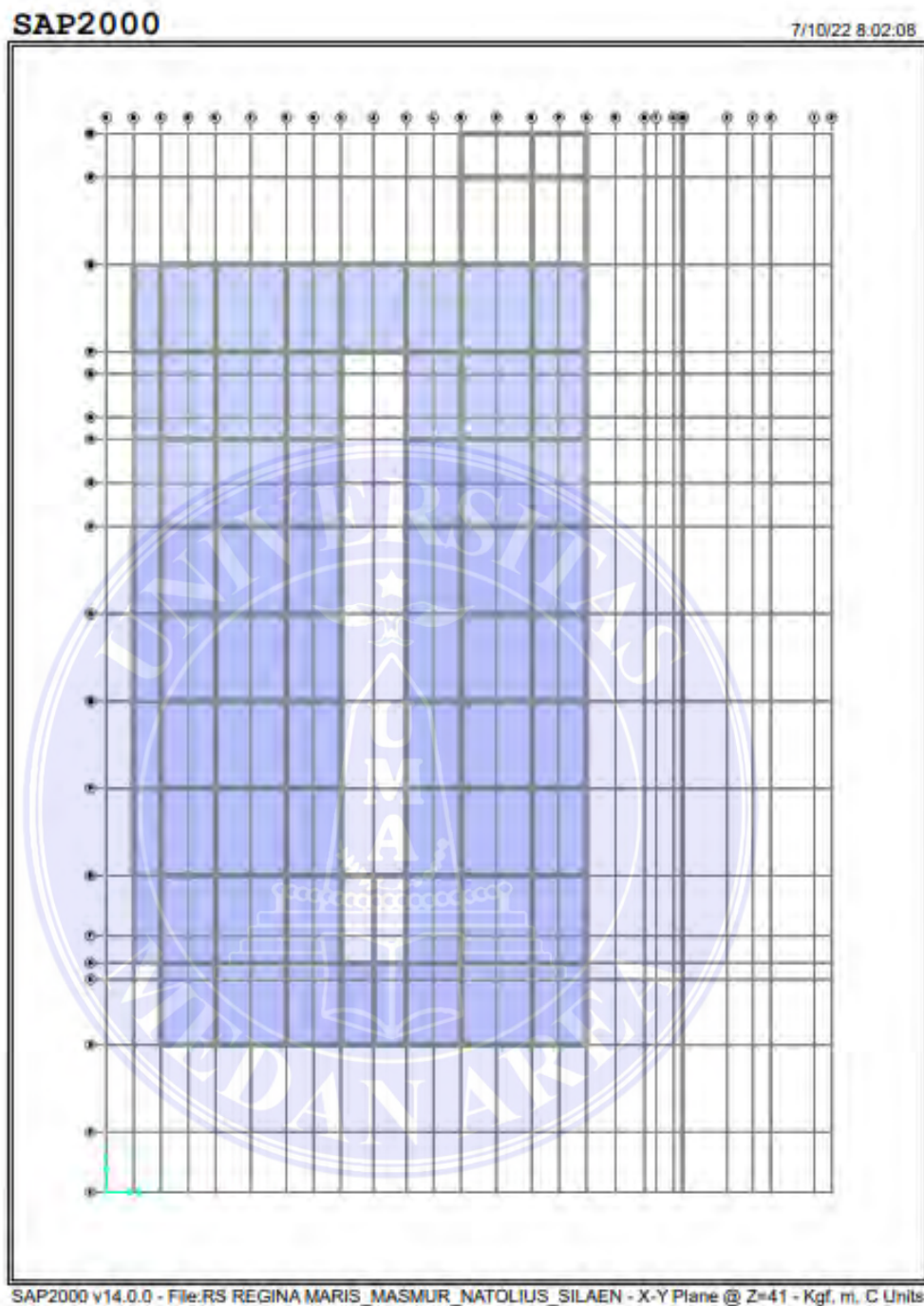
Gambar : Denah Balok Lantai 8



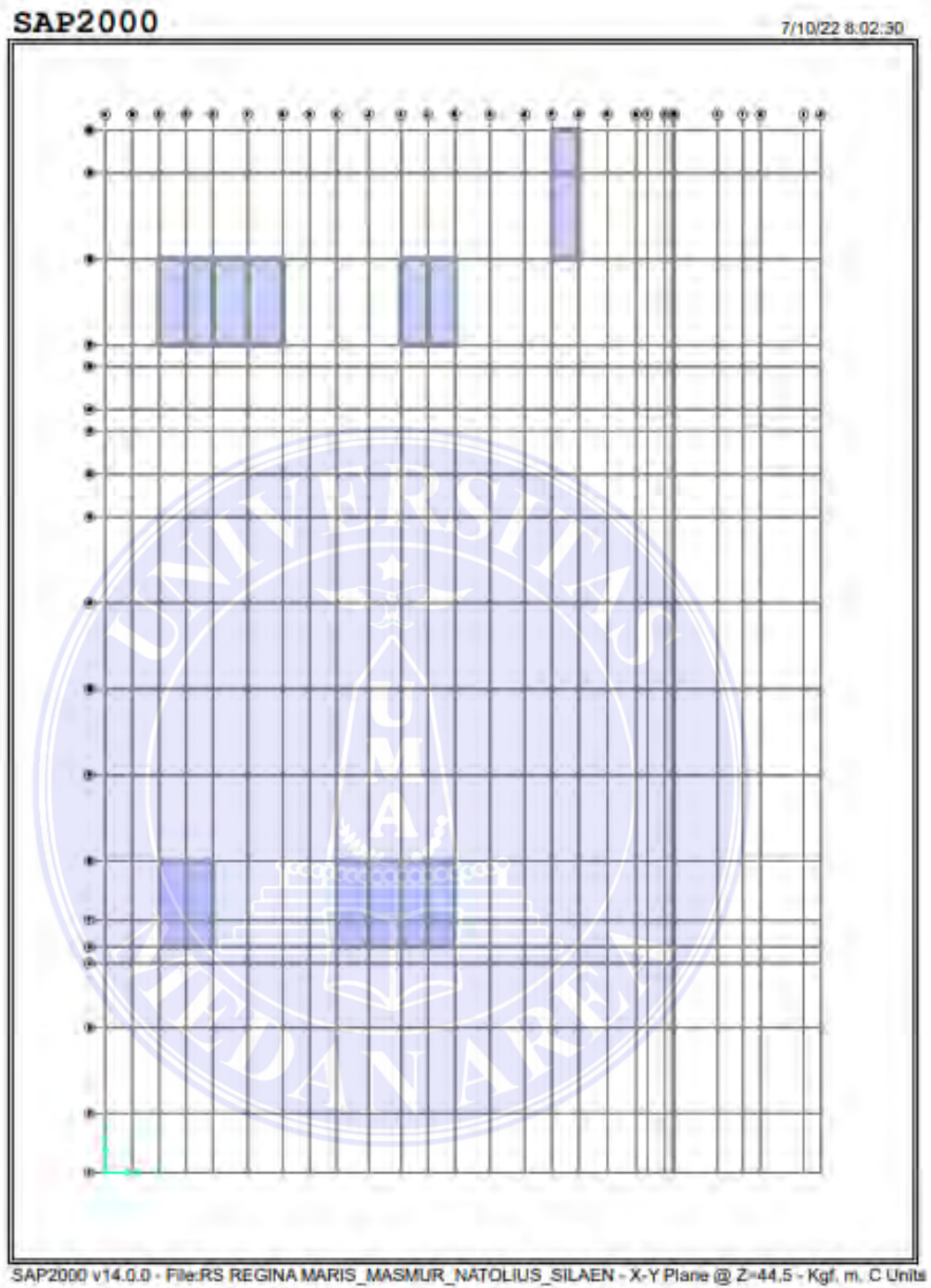
Gambar : Denah Balok Lantai 9



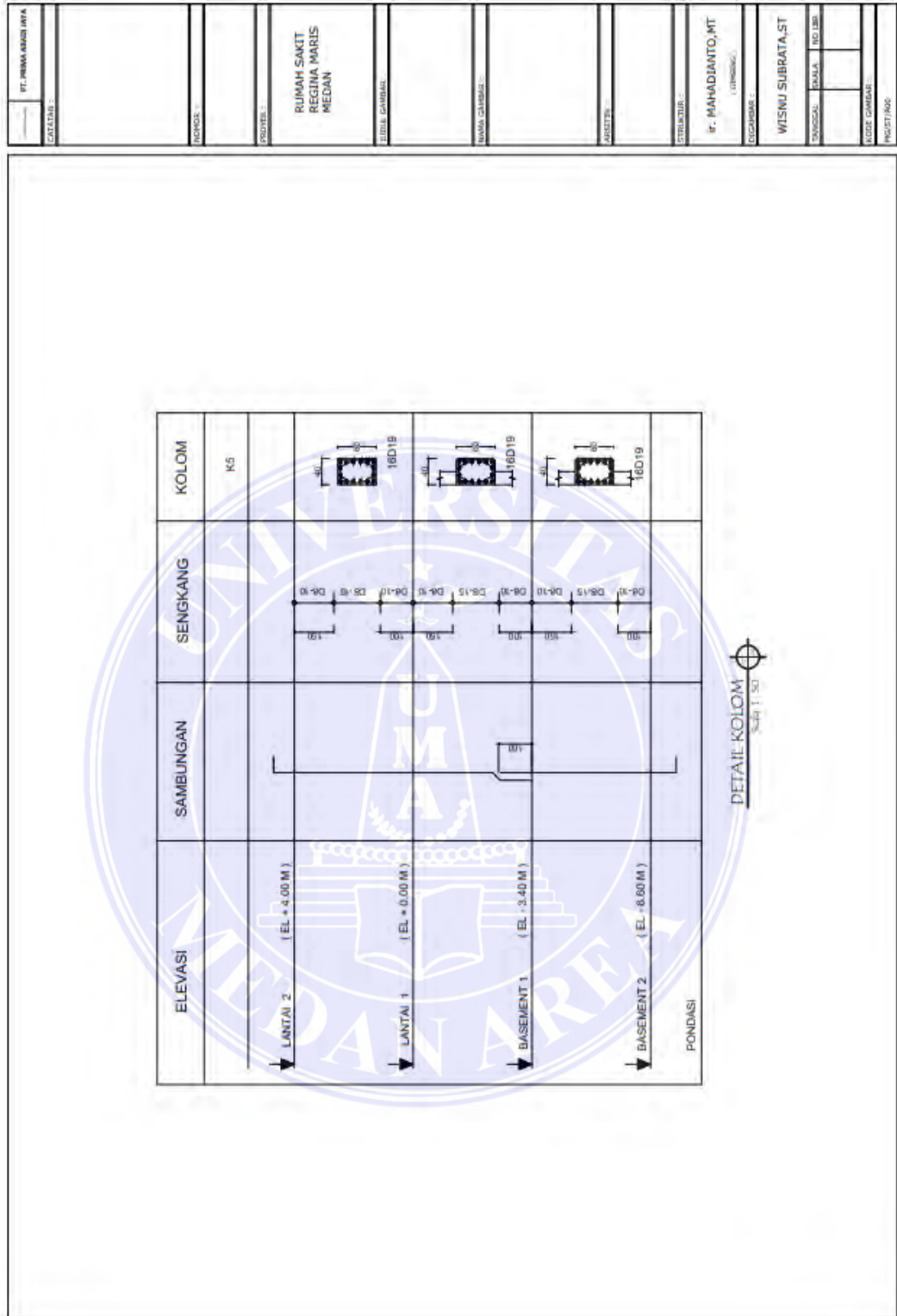
Gambar : Denah Balok Lantai 10



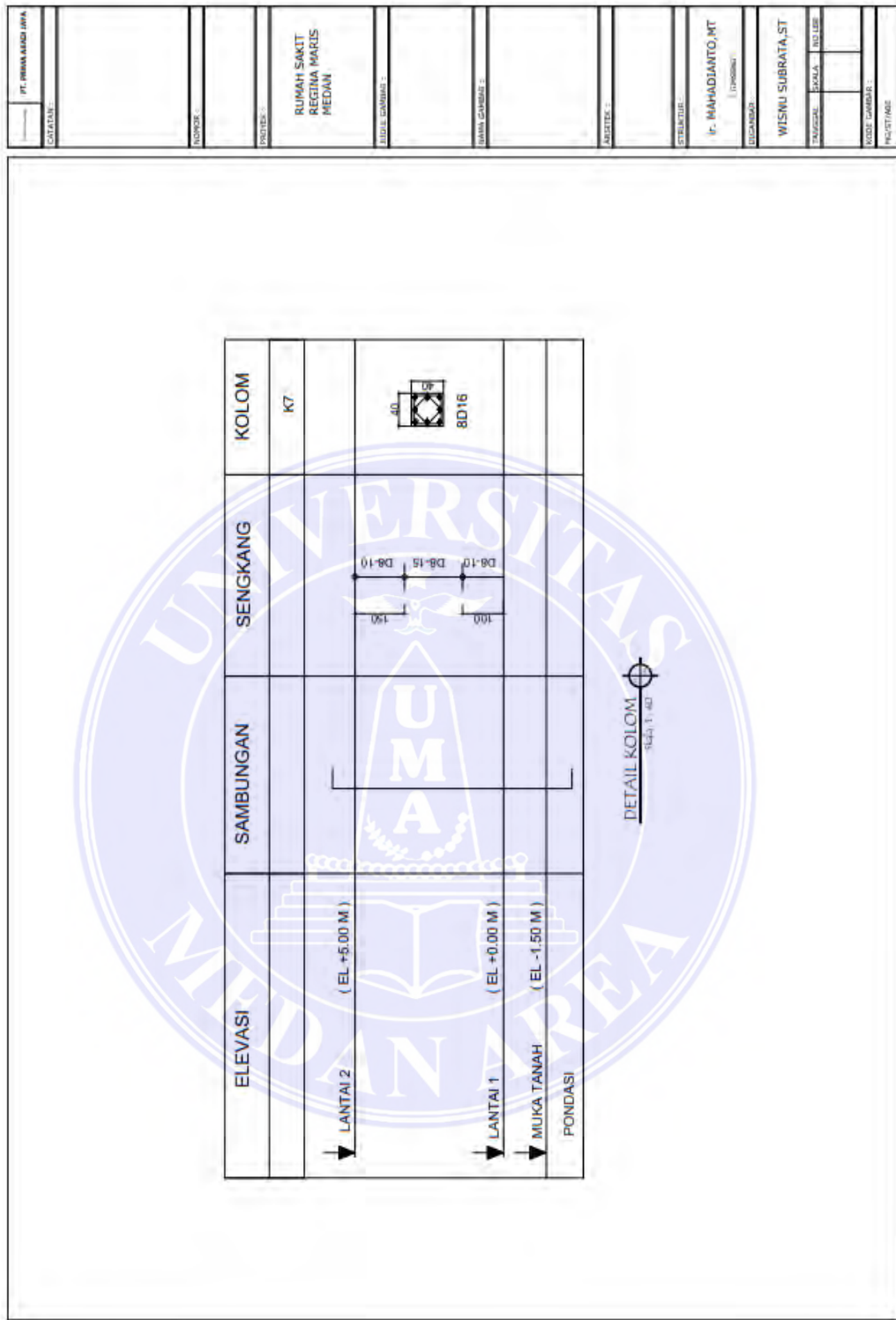
Gambar : Denah Balok Lantai Atap 1



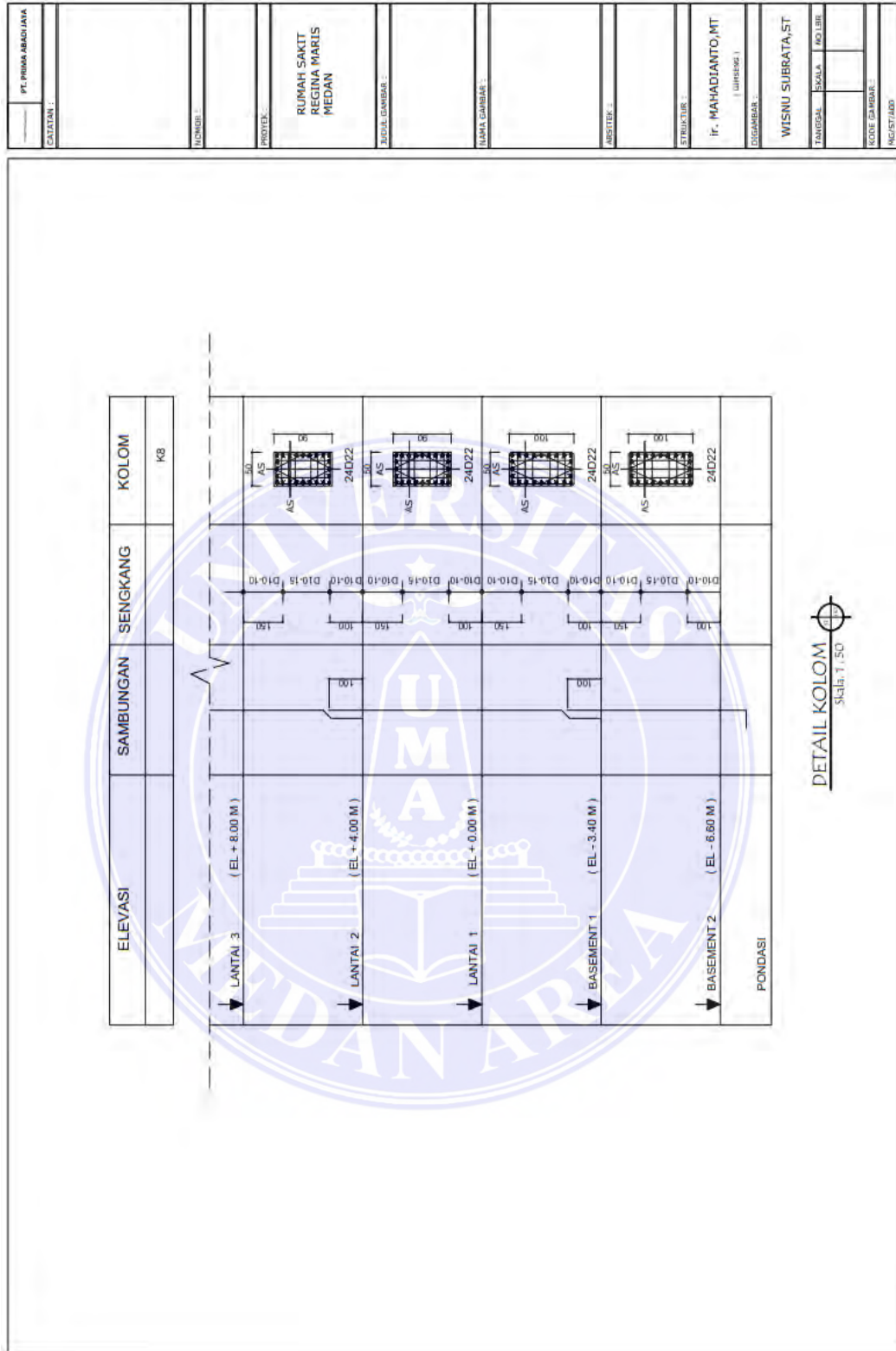
Gambar : Denah Balok Lantai Atap 2



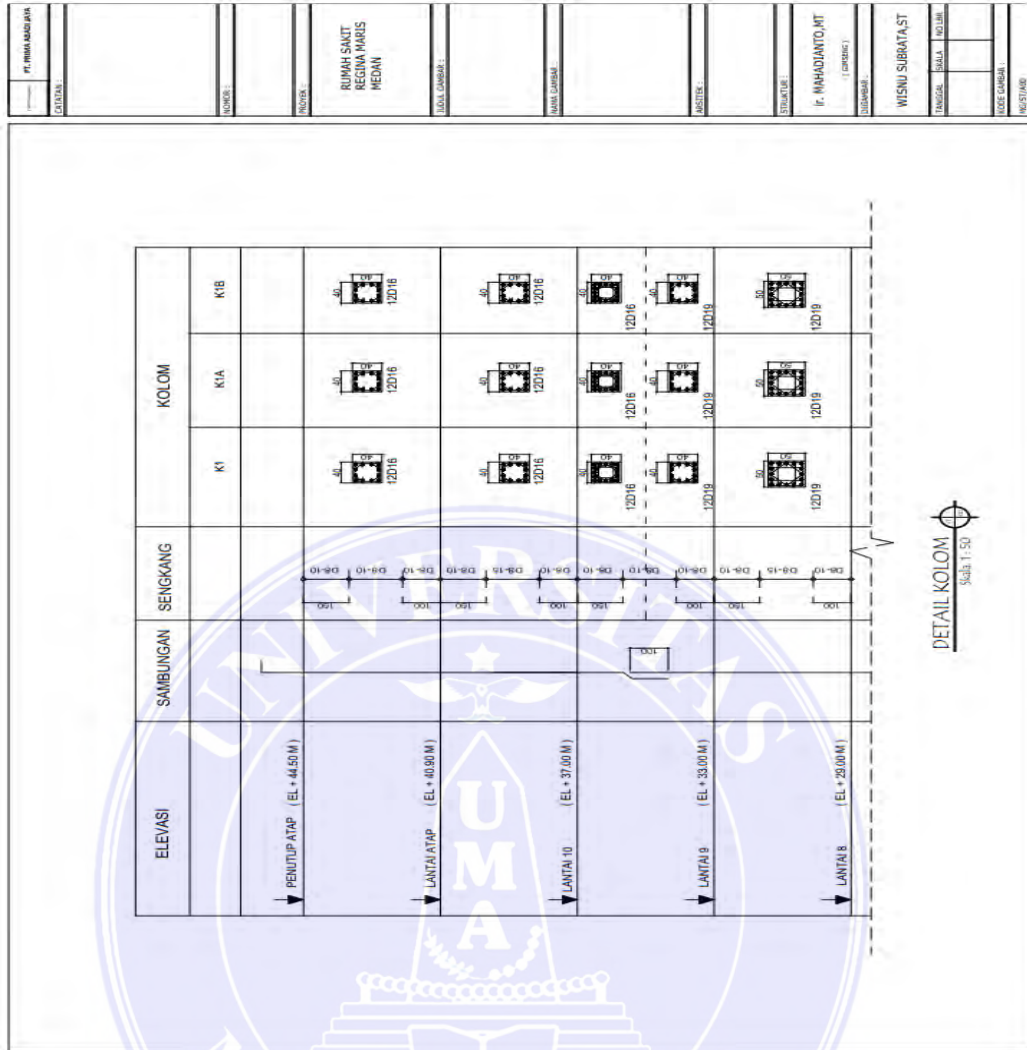
Gambar : Detail Kolom BS 1, BS 2, Lt 1, Lt2



Gambar : Detail Kolom Lt 1, Lt2



Gambar : Detail Kolom BS 1, BS 2, Lt 1, Lt 2



Gambar : Detail Kolom Lt 8, Lt 9, Lt 10, Lt Atap

