

**ANALISIS STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT
COLUMBIA
JL. LETDA SUJONO MEDAN**

SKRIPSI

OLEH:

**FIFI BENGET S. LUMBAN BATU
NPM: 188110081**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2023**

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 6/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)6/11/23

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT COLUMBIA

JL. LETDA SUJONO MEDAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

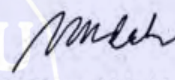
**FIFI BENGET S. LUMBANBATU
NPM: 188110081**


**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Columbia Medan
Jl. Letda Sujono Medan
Nama : Fifi Benget S Lumbanbatu
NPM : 188110081
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Ir. Nurmaidah, M.T
Pembimbing


Dr. Rahmad S. S. Kom., M. Kom
Fakultas/Dekan


Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus: 9 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fifi Benget S. Lumbanbatu
NPM : 188110081
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Columbia Jl. Letda Sujono Medan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 9 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Fifi Benget S Lumbanbatu)

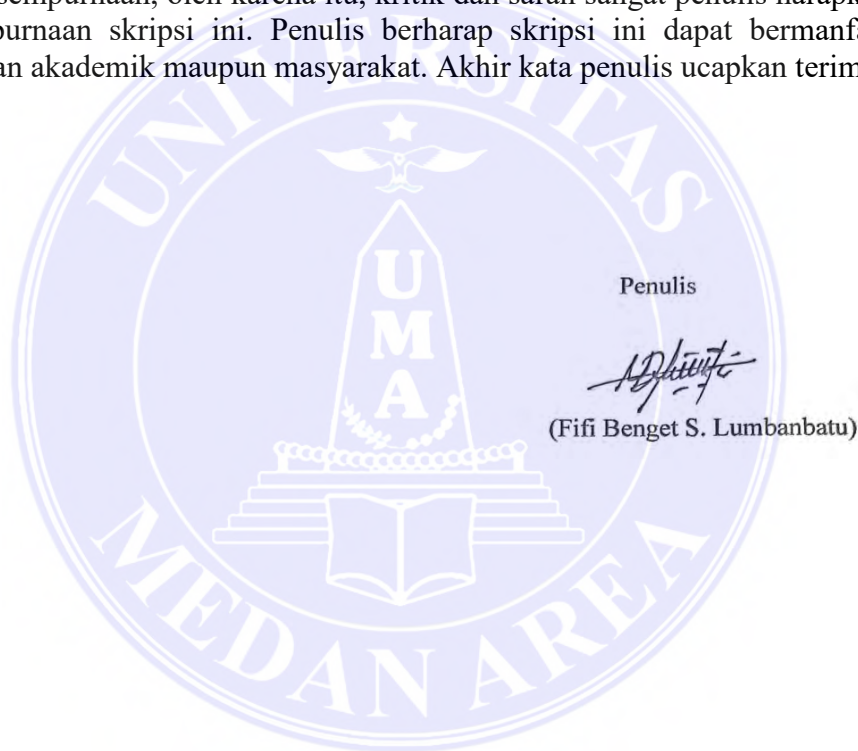
RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pansurbatu Pada tanggal 03 Februari 1998 dari Ayah Martahan Lumbanbatu dan Ibu Hotlan Munthe. Penulis merupakan putra ke 3 dari 7 bersaudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMK Negeri 2 Doloksanggul dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan Super Market Jl. Sisingamangaraja Medan.



KATA PENGHANTAR

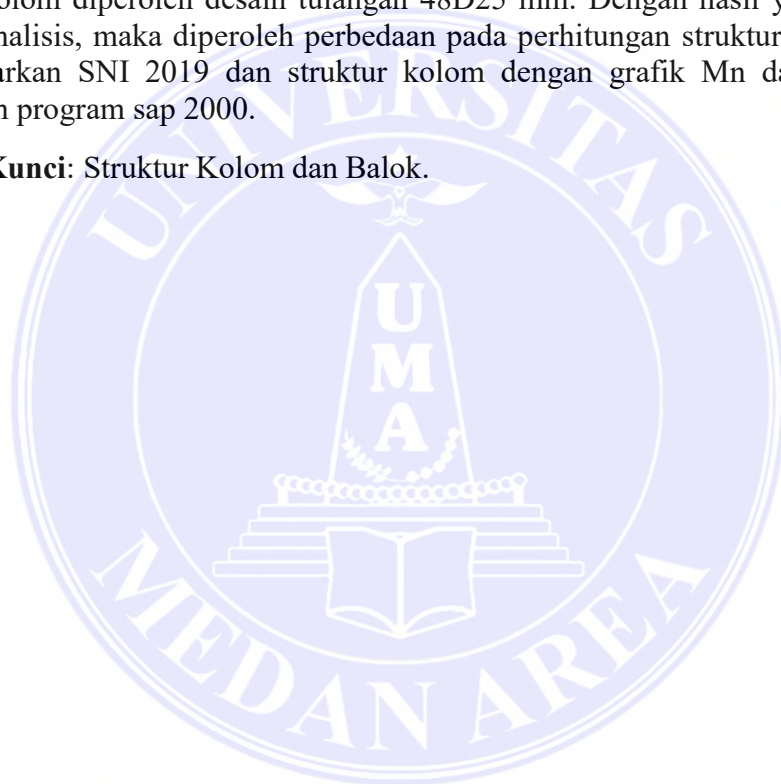
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Struktur Portal dengan judul Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Columbia Jl. Letda Sujono Medan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Ir, Nurmaidah M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Di samping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu, Anna Indriani Sijabat serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.



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 hasil dari perhitungan struktur dengan metode SNI-2847-2019 diperoleh desain tulangan balok dengan $A's = 9D25$ mm dan $A_s = 5D25$ mm dan pada kolom diperoleh desain tulangan $48D25$ mm. Dengan hasil yang diperoleh dari analisis, maka diperoleh perbedaan pada perhitungan struktur balok dengan berdasarkan SNI 2019 dan struktur kolom dengan grafik M_n dan P_n dengan bantuan program sap 2000.

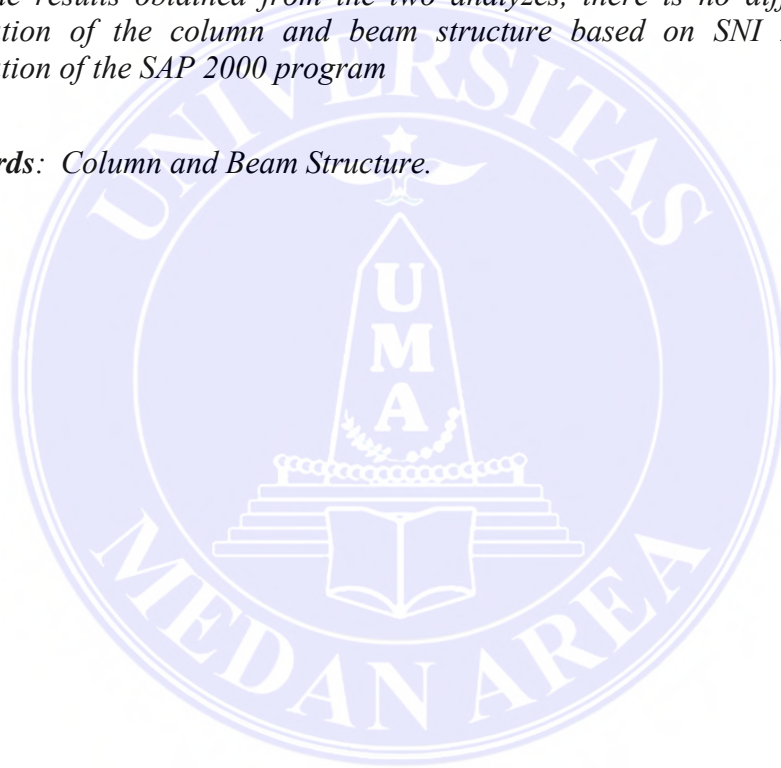
Kata Kunci: Struktur Kolom dan Balok.



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 $A's = 9D25$ mm and $A_s = 5D25$ mm and on the column the reinforcement design was obtained 48D22 mm. With the results obtained from the two analyzes, there is no difference in the calculation of the column and beam structure based on SNI 2019 and the calculation of the SAP 2000 program

Keywords: *Column and Beam Structure.*



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori struktur gedung	5
2.2 Struktur Pembebanan	6
2.2.1 Mutu Beton	6
2.2.2 Reduksi Kekakuan Penampang	6

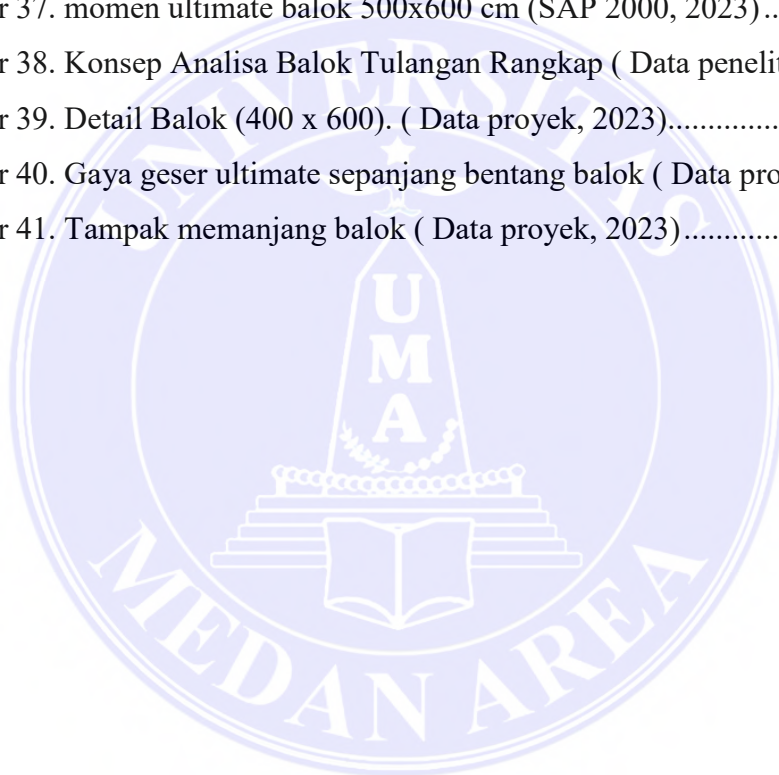
2.2.3	Berat Sendiri Struktur (DL).....	7
2.2.4	Beban Mati Tambahan (SIDL).....	7
2.2.5	Beban Hidup (LL)	8
2.3	Rumus Desain Balok.....	8
2.3.1	Baja Tulangan untuk lentur pada tumpuan.....	8
2.3.2	Baja Tulangan untuk Lentur pada tengah bentang	11
2.3.3	Check Kapasitas Geser Balok saat terjadi Sendi Plastis.....	13
2.3.4	Persyaratan Hoops (sengkang tertutup).....	15
2.3.5	Splicing untuk tulangan menerus baja tulangan.....	16
2.3.6	Penulangan Torsi	16
2.3.7	Kombinasi Pembebanan Struktur Atas.....	19
2.3.8	Kombinasi Pembebanan Struktur Bawah.....	20
2.4	Kuat Lentur Balok.....	21
2.5	Kuat Geser Balok	26
2.6	Kuat Momen Torsi Balok	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	lokasi Penelitian	28
3.2	Tahapan Penelitian.....	31
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL		32
4.1	Pembahasan Struktur pembebanan.	32
4.1.1	Mutu Beton	32
4.1.2	Baja Tulangan	33
4.1.3	Faktor Reduksi Kekuatan.....	33
4.1.4	Reduksi Kekakuan Penampang.....	33
4.1.5	Beban Mati Tambahan (SIDL)	34
4.1.6	Beban Hidup (LL).....	35

4.2	Perhitungan Struktur Kolom Berdasarkan SNI 2847 - 2019	46
4.3	Perhitungan grafik Mn dan Pn kolom	46
4.3.1	Perhitungan grafik Mn dan Pn kolom	46
4.4	Perhitungan Desain Balok.....	53
4.5	Perhitungan Struktur Balok Berdasarkan SNI 2847 - 2019.....	69
4.5.1	Perhitungan Kuat Lentur Balok.....	69
4.5.2	Perhitungan Kuat Geser Balok	76
4.5.3	Perhitungan Momen Torsi Balok	85
4.6	Pembahasan	96
BAB V KESIMPULAN.....		98
5.1	Kesimpulan	98
5.2	Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA		100
LAMPIRAN.....		101

DAFTAR GAMBAR

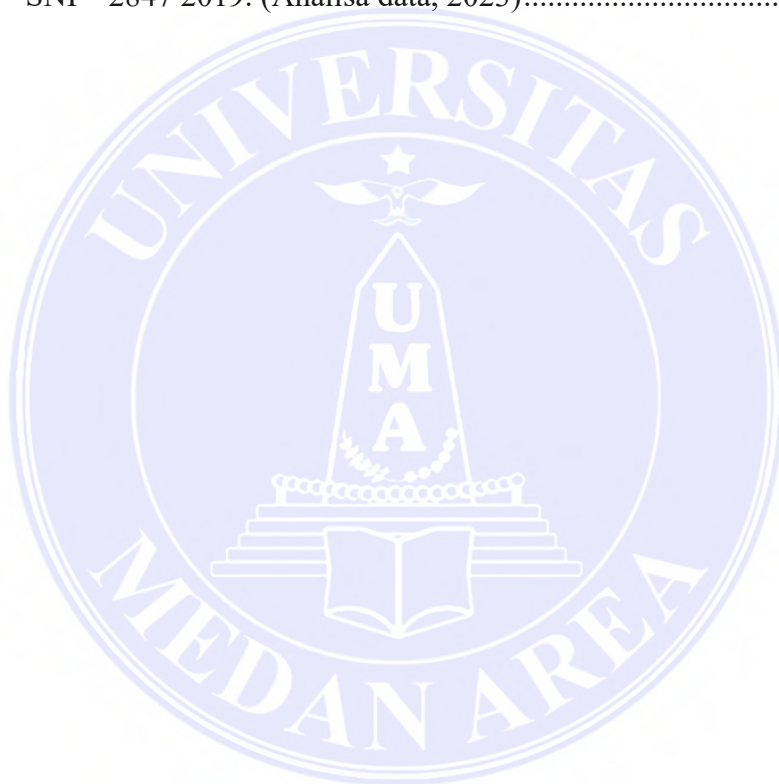
Gambar 1. Lokasi Titik borlog pada lokasi pembangunan Gedung (PT. Perca Nusa Wahana Consultan,2023).....	17
Gambar 2. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim,2023)	17
Gambar 3. S1 Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim, 2023).....	18
Gambar 4. Respon Spekta Desain untuk kelas Situs	19
Gambar 5. Susunan Tulangan Balok (Yudha Lesmana, 2019).....	21
Gambar 6. Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang (Yudha Lesmana, 2019)	22
Gambar 7. Kondisi tegangan-regangan balok saat kuat lentur tercapai. (Yudha Lesmana, 2019).....	24
Gambar 8. flexure shear crack (Yudha Lesmana, 2019).....	26
Gambar 9. Tegangan torsi pada penampang homogen (Yudha Lesmana, 2019) .	27
Gambar 10. Lokasi Penelitian (Google Maps, 2023).....	28
Gambar 11. Bagan Alur Penelitian (Analisa Peneliti, 2023)	31
Gambar 12. Model Intialization (Program SAP 2000,2023)	36
Gambar 13. 3DFrame Type (Program SAP 2000,2023).....	37
Gambar 14. Grid Data (Program SAP 2000,2023)	37
Gambar 15. Material Property Data (f'c) (Program SAP 2000,2023).....	38
Gambar 16. Material Property Data (fy) (Program SAP 2000, 2023)	38
Gambar 17. Frame Properties (Program SAP 2000,2023).....	39
Gambar 18. Tampak Atas Grid Bangunan (Program SAP 2000,2023).....	39
Gambar 19. 3d View Bangunan (Program SAP 2000,2023)	40
Gambar 20. Define Load Patterns (Program SAP 2000,2023)	40
Gambar 21. Load Combination (Program SAP 2000,2023).....	41
Gambar 22. Add New Area Sections (Program SAP 2000,2023)	41
Gambar 23. Add Properties of object (Program SAP 2000,2023).....	42
Gambar 24. Replace Exciting Loads (Program SAP 2000,2023).....	42
Gambar 25. Add To Exciting Loads (Program SAP 2000,2023)	43
Gambar 26. Set Analisis Option (Program SAP 2000,2023).....	43
Gambar 27. Run Analisis(Program SAP 2000,2023)	44

Gambar 28. Block Frame. (Program SAP 2000,2023)	44
Gambar 29. Start Design/Check Of Struktire. (Program SAP 2000,2023).....	45
Gambar 30. Verify All Member (Program SAP 2000,2023)	45
Gambar 31. excel data Mu (Program SAP 2000,2023)	46
Gambar 32. hasil grafik Mn dan Pn (hasil Analisa data, 2023)	52
Gambar 33. Pondasi Balok B1 Lantai 1 (Data Proyek, 2023)	53
Gambar 34. Diagram Moment (a) Beban Gravitasi, (b)	54
Gambar 35. Penulangan balok (400 x 600) cm (Data proyek, 2023)	56
Gambar 36. Pembalokan Lantai 4 (400 x 600). (Data proyek, 2023).....	69
Gambar 37. momen ultimate balok 500x600 cm (SAP 2000, 2023).....	69
Gambar 38. Konsep Analisa Balok Tulangan Rangkap (Data penelitian, 2023). 70	
Gambar 39. Detail Balok (400 x 600). (Data proyek, 2023).....	76
Gambar 40. Gaya geser ultimate sepanjang bentang balok (Data proyek, 2023) 77	
Gambar 41. Tampak memanjang balok (Data proyek, 2023).....	84



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Mutu Beton (Data Penelitian, 2023)	32
Tabel 2. Baja Tulangan (Data Penelitian, 2023).....	33
Tabel 3. Faktor Reduksi Kekuatan (Data Penelitian, 2023).....	33
Tabel 4. Beban Mati Tambahan Lantai SIDL (Data Penelitian, 2023).....	34
Tabel 5. Beban Mati Tambahan Pelat Atap Dak SIDL (Data Penelitian, 2023) ..	35
Tabel 6. Beban Hidup LL (Data Penelitian, 2023)	35
Tabel 7. Hasil perhitungan struktur kolom dan balok berdasarkan SAP 2000 dan SNI – 2847 2019. (Analisa data, 2023).....	96



DAFTAR NOTASI



\emptyset	:	Faktor Reduksi Kuat Lentur
A's	:	Luas Daerah Tekan Tulangan
As	:	Luas Daerah Tulangan
b	:	Lebar Balok
D	:	Diameter Tulangan Ulir
d	:	Tinggi Efektif Balok
DL	:	Dead Load
F'c	:	Mutu Beton
Fy	:	Mutu Baja
h	:	Tinggi Balok
LL	:	Live Load
Mn	:	Momen Nominal
Mu	:	Momen Ultimit
\emptyset	:	Diameter Tulangan Polos
SIDL	:	Superimposed Dead Load
ρ	:	Konfigurasi Penulangan
Pn	:	Gaya aksial nominal
n	:	Jumlah
Cc	:	Gaya tekan pada beton
Cs	:	Gaya tekan pada tulangan
Vu	:	Gaya geser terfaktor pada penampang yang du tinjau
Pn	:	Gaya aksial nominal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Rumah Sakit dengan fasilitas yang lengkap dan nyaman digunakan, tentunya tidak jauh dari kualitas bangunan dengan elemen struktur yang dapat diandalkan. Seperti elemen struktur pondasi, kolom, balok, lantai, dan atap. Dengan mengandalkan kekuatan dari komponen bangunan dalam mengatasi gaya yang bekerja secara vertikal dan horizontal pada bangunan dan dapat menahan gaya gaya vertikal yang dialirkan dan di sebarakan menuju bagian elemen struktur pada bangunan. Selain itu kestabilan bangunan juga harus diperhatikan dalam mengatasi gaya gaya lateral dari luar, misalnya: angin atau gempa sehingga perencanaan pembangunan Gedung bertingkat dengan struktur yang kuat dan baik untuk digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama, mengingat sulitnya lahan yang tersedia.

Gedung Rumah Sakit tentunya harus memenuhi ketentuan dan memenuhi kaidah kaidah struktur keamanan, kekakuan, dan kekuatan dalam pelaksanaan pembangunan proyek. Dengan demikian kondisi bangunan yang sudah di bangun akan di lakukan analisis dalam gedung tersebut misalnya: menganalisis elemen-elemen struktur pada balok sloof pada bagian yang ditetapkan dan kebutuhan tulangan dengan program SAP. Dan juga dapat menganalisis bagian dari pada pembangunan lainnya berupa pembangunan struktur pembebanan kolom, balok pada bangunan.

Semakin meningkatnya perkembangan pembangunan gedung semakin canggih cara manusia untuk menyelesaikan pembangunan tersebut, dengan salah satunya cara perhitungan tulangan balok dengan menggunakan aplikasi *Software* SAP 2000 dan kemudian juga pada perhitungan tulangan tulangan lain dan juga dapat menentukan kekuatan daripada beban mati ataupun beban hidup. Dalam hal ini, perhitungan struktur beton bertulang mengacu pada SNI 2847-2019. Sangat bermanfaat bagi para manusia aplikasi *Software* SAP 2000 14 tersebut karena dapat mempercepat perhitungan dengan hasil yang akurat dan baik.

Pengerjaan selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap daya kuat dan perhitungan kebutuhan jumlah tulangan yang dipasang pada setiap struktur mulai dari fondasi, kolom, balok, Plat lantai dan Plat atap melalui perhitungan yang sudah dilakukan dan sudah diperiksa oleh bagian konsultan dan sudah memenuhi syarat pembangunan gedung 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 Gedung Rumah Sakit Columbia Jl., letda Sujono Medan.”**

1.2 Maksud penelitian

Adapun maksud dan tujuan dalam penyusunan skripsi adalah:

1. Untuk memahami struktur balok dan kolom Gedung rumah sakit Columbia Jl. Letda Sujono Medan.
2. Untuk menganalisis struktur kolom dan balok menggunakan program SAP 2000 V14
3. untuk menganalisis perbandingan perhitungan desain struktur kolom menggunakan grafik Mn dan Pn dan juga desain struktur balok menggunakan metode SNI 2847 – 2019 dengan perhitungan proyek.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menganalisis desain struktur pembeban pada balok dan kolom menggunakan program SAP 2000 dan perhitungan struktur kolom dengan metode grafik Mn dan Pn, dan juga perhitungan balok menggunakan metode SNI 2847 – 2019 dan melakukan perbandingan perhitungan terhadap proyek.

1.4 Rumusan Masalah

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

1. Apa saja hal-hal yang perhatikan dalam memahami struktur pembebanan kolom dan balok pada gedung.
2. Bagaimana pemahaman terhadap beban yang diperlukan dalam menganalisis struktur pada kolom dan balok berdasarkan SNI 2019.
3. Bagaimana perhitungan pada struktur kolom dan Balok menggunakan SAP 2000 berdasarkan SNI 2847-2019.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang akan saya persiapkan dalam penelitian ini:

1. Mengetahui struktur dan pembebanan balok, Kolom, pada gedung.
2. Memahami pengolahan data dan pembebanan kombinasi menggunakan program SAP 2000.
3. Memahami perbandingan Perhitungan struktur Menggunakan dan SNI 2847-2019 dengan proyek.

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. Dapat memahami perhitungan struktur berdasarkan SNI 2847-2019 dan perhitungan grafik M_n dan P_n pada kolom.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori struktur gedung

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 menjadi satu kesatuan setelah fondasi yang sangat berpengaruh pada pembangunan gedung bertingkat. dilihat dari besar dan tingginya suatu bangunan gedung dengan semakin besar dan semakin tingginya bangunan gedung maka fondasi, 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 Columbia Medan 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 fondasi, balok 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 balok.

2.2 Struktur Pembebanan

Pada pembahasan struktur yang berlaku dan di peroleh pada proyek penelitian di Rumah Sakit Columbia Asia JL, Letda Sujono Medan telah tercantumkan pada bab ini. Didasarkan dari perhitungan struktur proyek dan akan dilakukan perhitungan dengan hasil perhitungan dari penelitian.

2.2.1 Mutu Beton

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

2.2.2 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 interior akan berperilaku sebagai balok – T.

Sesuai dengan ketentuan dalam ACI 318 – 11 M (diadopsi menjadi SNI 2847: 2019), 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, faktor modifikasi momen diambil:

$$I_{berack} = 0,35 I_g \times 2 = 0,7 I_g$$

Sedangkan untuk kolom dan dinding geser:

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

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

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

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

2.2.3 Berat Sendiri Struktur (DL)

Beban akibat berat sendiri struktur (Dead Load) adalah berat seluruh komponen elemen struktural 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.

- Kolom = (luas kolom x tinggi kolom x berat jenis) x jumlah kolom.

$$= (0,6 \times 1,9) \text{ m}^2 \times 4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 44$$

$$= 481,536 \text{ kg/m}^3$$
- Balok = volume balok x berat jenis x jumlah balok

$$= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \text{berat jenis} \times \text{jumlah balok}$$

$$= (0,5 \times 0,6 \times 8) \times 2400 \times 88$$

$$= 354,816 \text{ kg/m}^3$$

2.2.4 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.

2.2.5 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 172: 2019, besarnya beban hidup yang digunakan dalam desain adalah:

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. Pima abadi jaya.

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

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f_r c}}{4 f_y} b \cdot d \dots\dots\dots 2.2$$

Dan tulangan tidak boleh kurang dari

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

$A_s = 1780 \text{ mm}^2$, 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, Mn,

$$Mn,1 = A_s f_y (d - a/2) \dots\dots\dots 2.6$$

Sehingga kuat momen rencana diperoleh dengan persyaratan di bawah ini.

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

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

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

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

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 Mu 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,

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

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, $\phi \cdot M_n$, dari tumpuan.

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

Maka Momen nominal, M_n ,

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

Sehingga kuat momen rencana harus memenuhi persyaratan di bawah ini,

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

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.

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

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

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

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, $\phi, M_n, 4$

2.3.2 Baja Tulangan untuk Lentur pada tengah bentang

a. Momen positif di tengah 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,

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

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, $\phi \cdot Mn$, 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 di bawah ini,

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

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

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.

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

a. Kapasitas momen negatif di tengah bentang

SNI 2847: 2019 mengharuskan sekurang kurangnya dua batang tulangan atas dan dua tulangan bawah yang dipasang secara menerus, dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum Pada sembarang penampang di sepanjang bentang balok SPMRK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

Kapasitas momen terbesar yaitu:

$\frac{1}{4}$ kapasitas momen terbesar

$$\frac{1}{4} \phi \cdot M_{n\text{maks}} \dots \dots \dots 2.27$$

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 .

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_{cb}} \dots \dots \dots 2.28$$

Maka momen nominal, M_n .

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

Sehingga kuat momen rencana, ϕM_n

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

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 faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$.

a. Hitung Mpr kondisi 1

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

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

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 , k_i dan V_e , k_a dapat dihitung dengan:

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

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

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 momen Portabel

balok lebih dari $\frac{1}{2}$ atau lebih kuat geser maksimum, V_u , maka beton dianggap tidak berkontribusi memikul geser.

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

Maka V_c (kontribusi beton) dalam memikul geser diperhitungkan.

Hitung kebutuhan tulangan geser untuk tumpuan.

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

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

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

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

Dipasang Sengkang 2 kaki $d_s = 10$ mm dengan jarak s

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

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
- $6d_b = 114$ mm
- 150 mm

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

- $d/2 = 259,25$ mm

dari hasil perhitungan dipasang 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 spasi terkecil diantara:

- d/4 = 129 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

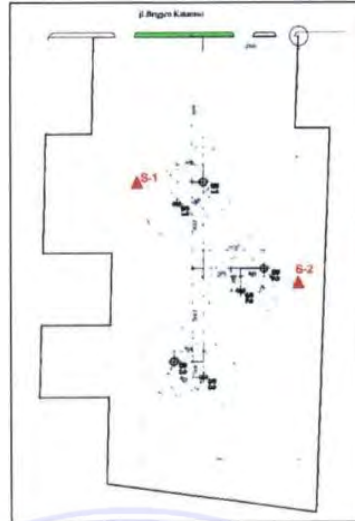
$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot \phi_h}{1,7 A^2_{oh}}\right)^2} < \phi \left(\frac{V_c}{b.d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'c}\right) \dots\dots\dots 2.44$$

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

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.

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

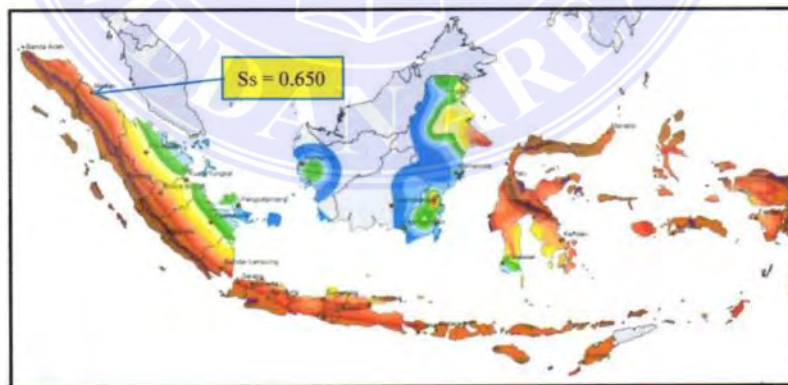
-



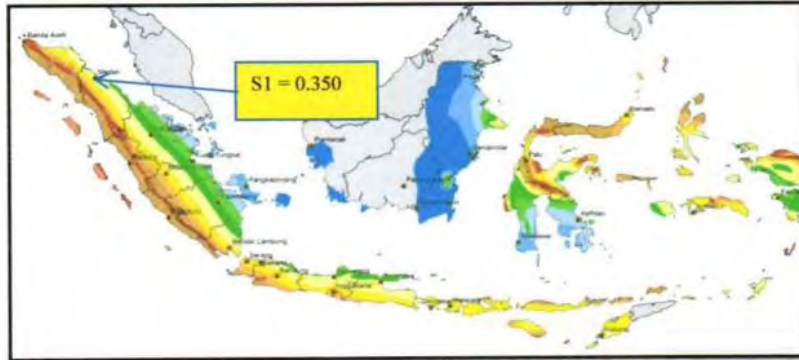
Gambar 1. Lokasi Titik *borlog* pada lokasi pembangunan Gedung (*Data Proyek, 2023*)

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 di bawah ini sesuai SNI 2847-2019, maka masing – masing besar $S_s = 0,650g$ dan $S_1 = 0,359 g$.



Gambar 2. S_s Gempa Untuk Wilayah Medan (*Puskim, 2023*)



Gambar 3. S1 Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim, 2023)

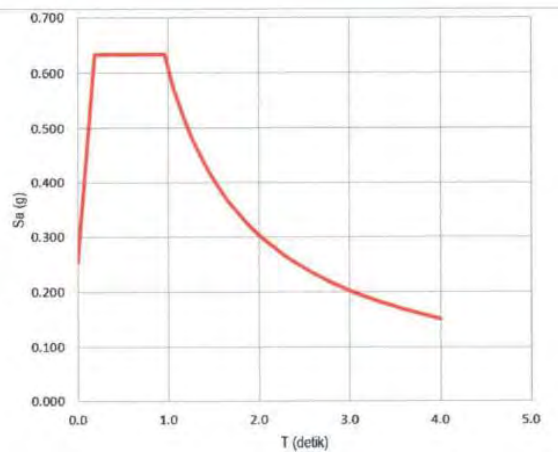
dengan memasukkan kelas situs SE dan faktor keutamaan = 1.5 dan kategori risiko IV, maka dengan bantuan program Spekta Indonesia didapatkan:

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 4. Respon Spektra Desain untuk kelas Situs SE dengan $S_s = 0,650$ g dan $S_1 = 0,350$ g berdasarkan SNI 2847-2019 (Puskim, 2023)

Berdasarkan parameter Spektra desain diatas, maka didapatkan kategori desain seismik D.

2.3.7 Kombinasi Pembebanan Struktur Atas.

Dari Uraian diatas dan uraian – uraian sebelumnya, dan uraian berikutnya tentang gempa, faktor 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 + 0,733 SIDL + 1 Ex + 0,3 Ey
- f. Comb 8 = 0,733 DL + 0,733 SIDL + 0,3 Ex + 1 Ey

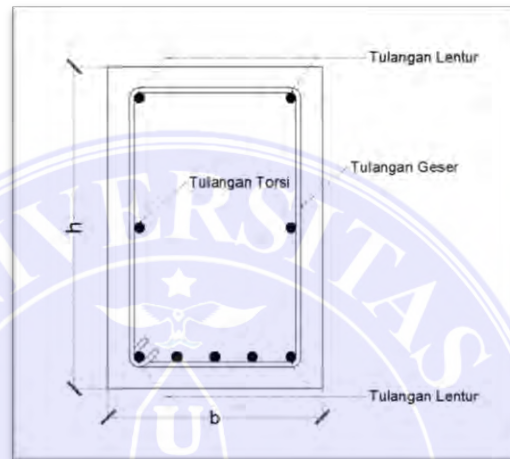
2.3.8 Kombinasi Pembebanan Struktur Bawah

Sistem struktur bawah meliputi pilecap dan fondasi. Untuk menentukan dimensi fondasi atau jumlah tiang direncanakan sedemikian hingga gaya reaksi fondasi 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 Ex + 0,63 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

2.4 Kuat Lentur Balok

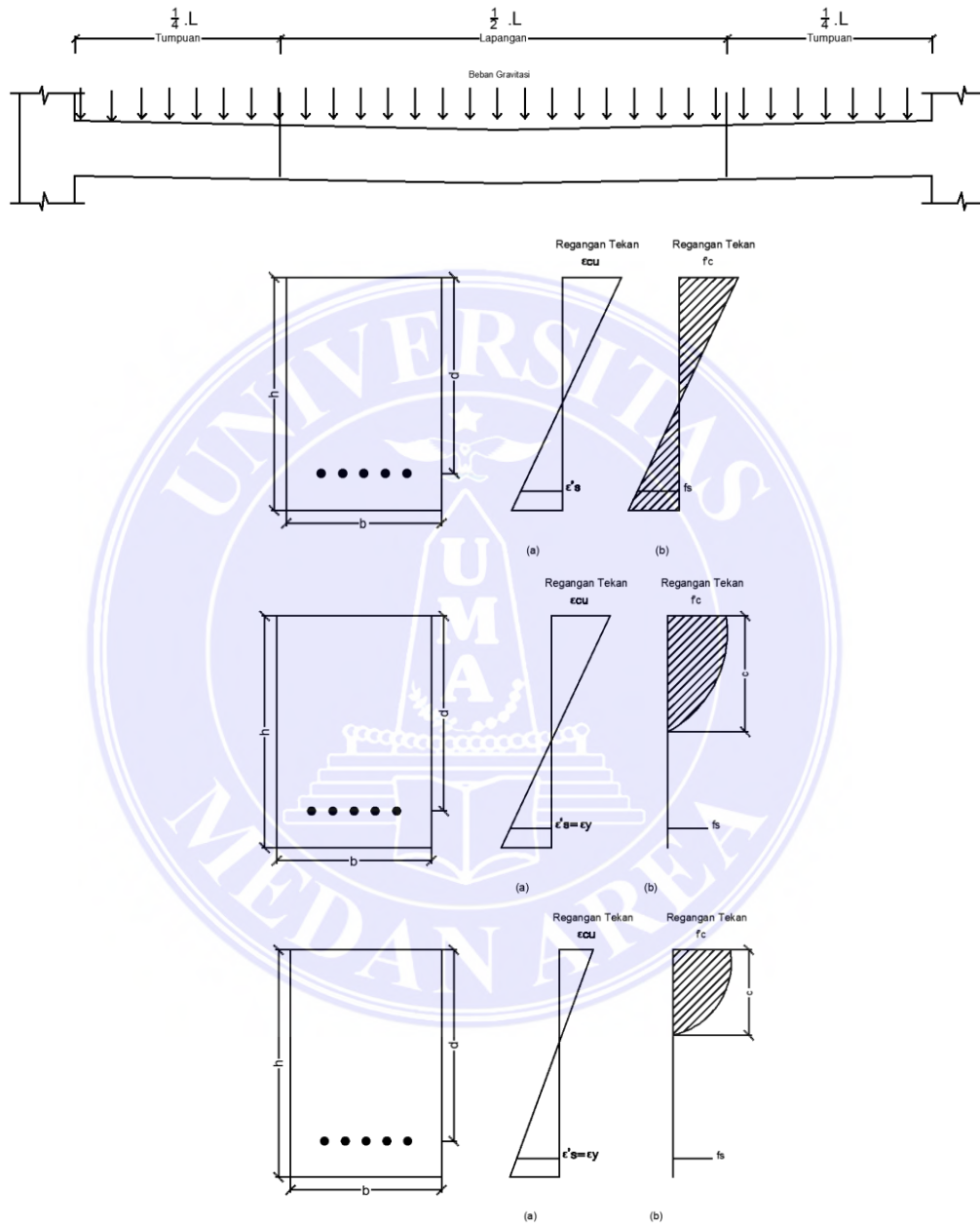
Balok merupakan elemen struktur yang memikul beban tegak lurus dengan sumbu batangnya, baik berupa beban terpusat ataupun beban merata. Akibat beban yang dipikul balok mengalami gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Adapun gaya aksial, besarnya dapat diabaikan karena relatif sangat kecil.



Gambar 5. Susunan Tulangan Balok (Lesmana, 2019)

Pada Gambar 5, 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 dikarenakan 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 5. 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. Arti dari perilaku elastis disini adalah disaat beban tersebut dihilangkan, maka kondisi balok akan kembali pada posisi semula tanpa adanya lendutan dan kerusakan (retakan).



Gambar 6. Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang (Lesmana, 2019)

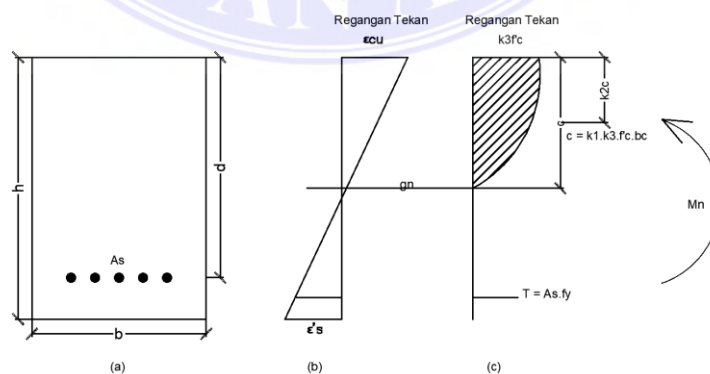
Disaat beban bertambah secara signifikan seperti pada gambar 6, maka distribusi tegangan pun akan berubah sesuai besaran beban yang ditambahkan. Perubahan diawali dengan adanya perubahan tinggi garis netral (c) yang diikuti dengan bertambahnya tegangan-regangan tekan dan tarik pada serat atas maupun 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 *non linear*. 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 elemen 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 6. 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 non linear pada tegangan tekan semakin terlihat Tinggi garis netral semakin berkurang seiring dengan bertambahnya tegangan yang terjadi pada serat tarik balok. Hal ini berarti lengan momen 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 kekuatan maksimumnya ($\epsilon_{cu} = 0,003$). Dan hal itu menandakan bahwa serat tekan tersebut mengalami kehancuran (crack) dan beton akan runtuh. Pada gambar 6. akan dibahas lebih detail terkait perilaku lentur balok berdasarkan tegangan-regangan yang terjadi akibat momen 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 6 yaitu:

- a. Penampang balok akan di asumsikan tetap dalam keadaan datar (*remained plane*) sesaat setelah mengalami momen lentur hingga keruntuhan. Dengan penggunaan asumsi ini maka distribusi regangan pada penampang beton bisa di anggap linier seperti yang terlihat pada Gambar 6 (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 .



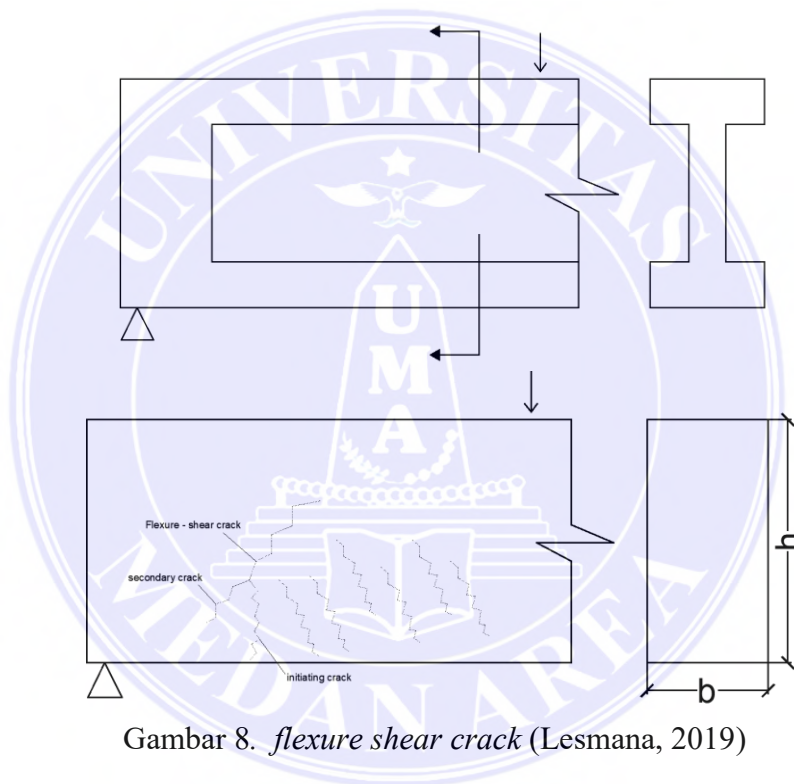
Gambar 7. Kondisi tegangan-regangan balok saat kuat lentur tercapai (Yudha Lesmana, 2019)

Pada Gambar 7. 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 7.

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 eksperimen yang telah di lakukan seperti yang terlihat pada Gambar 7. 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 merepresentasikan perbandingan antara tegangan rata-rata (*average stress*) dengan tegangan maksimum (*peak stress*) k_3f_{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 menggambarkan perbandingan antara tegangan maksimum (*peak stress*) pada daerah tekan balok terhadap kuat tekan yang diperoleh dari uji tekan silinder f_{1c} .

2.5 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 8. *flexure shear crack* (Lesmana, 2019)

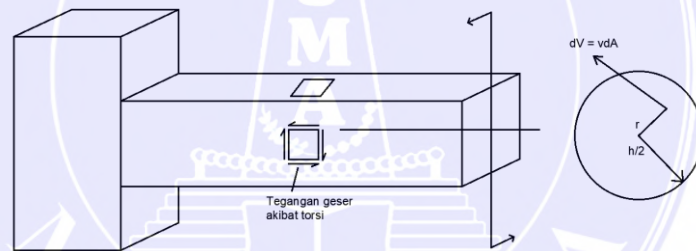
Pada Gambar 8, *balck prestressed* mengalami retak pada bagian badan penampang balok atau dikenal dengan istilah web-shear-crack. Jenis retak ini muncul pada balok tanpa didahului retak akibat lentur.

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 8. Jenis *crack* ini juga dikenal dengan istilah *initiating crack* yang sering muncul pada balok, baik balok prestressed ataupun nonprestressed. Dengan demikian, peran dari tulangan geser pada balok sangatlah penting guna mencegah terjadinya kegagalan akibat *shear failure*.

2.6 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 9. Tegangan torsi pada penampang homogen (Yudha Lesmana, 2019)

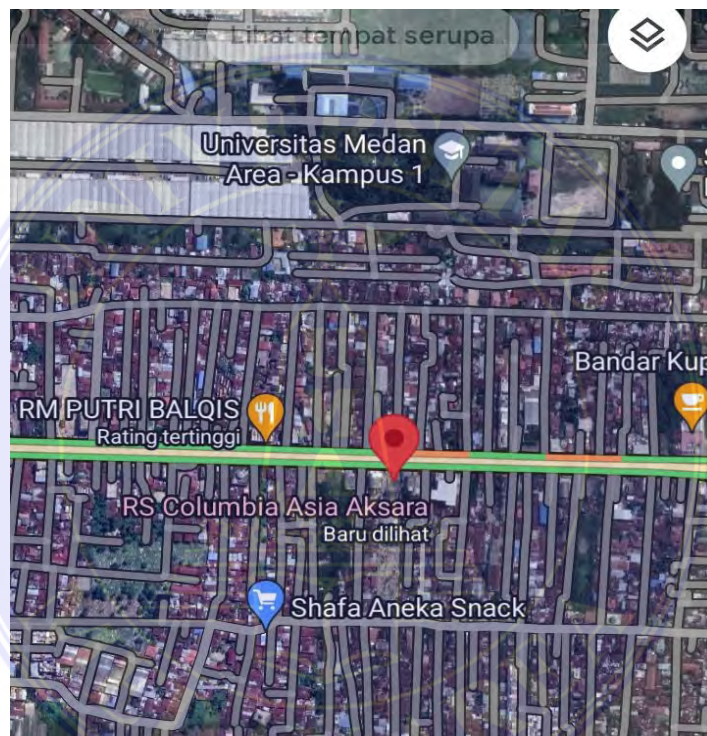
Momen torsi yang bekerja pada penampang balok dari struktur beton bertulang menyebabkan terjadinya tegangan geser (v) diseluruh bagian penampang balok, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Namun berbeda halnya dengan penampang persegi yang memiliki dimensi lebar dan tinggi berupa x dan y . Bila pada penampang bulat, penampang tetap datar meski setelah menerima puntir, namun untuk penampang persegi sedikit berbeda. Permukaan penampang mengalami perubahan bentuk (*warp*) saat setelah menerima puntir.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Columbia Medan, Sumatera Utara.



Gambar 10. Lokasi Penelitian (*Google Maps, 2023*)

2.4 Data Teknis Proyek

Data teknis yang diperoleh dari pihak kontraktor adalah sebagai berikut :

Bentuk Kolom	: persegi
Mutu Beton	: 29 Mpa
Mutu Baja	: 400 Mpa (Ulir)
Tinggi Bangunan	: ± 45 m

Lebar Bangunan	: ± 19 m
Total Lantai	: 10 lantai
Jenis Pengujian	: Slinder

3.1. Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data yang digunakan untuk mencari data di lapangan yang akan digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian.

3.3.1. Metode pengumpulan data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan:

1. Metode Observasi

Data yang berhubungan dengan data teknis proyek dan kolom diperoleh langsung dari lokasi proyek rumah sakit Columbia Medan

2. Pengambilan Data

Pengambilan data langsung dari proyek, adapun data yang diambil meliputi:

1. Gambar Lengkap (denah, potongan, detail-detail)
2. Denah kolom dan detail kolom
3. Data bangunan proyek

3. Membaca Studi Kepustakaan

Membaca dan mengambildari isi buku yang berhubungan dengan permasalahan yang dipilih untuk melengkapi dan menyelesaikan tugas akhir ini.

3.3.2. Sumber Data

Adapun sumber data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data *Primer*

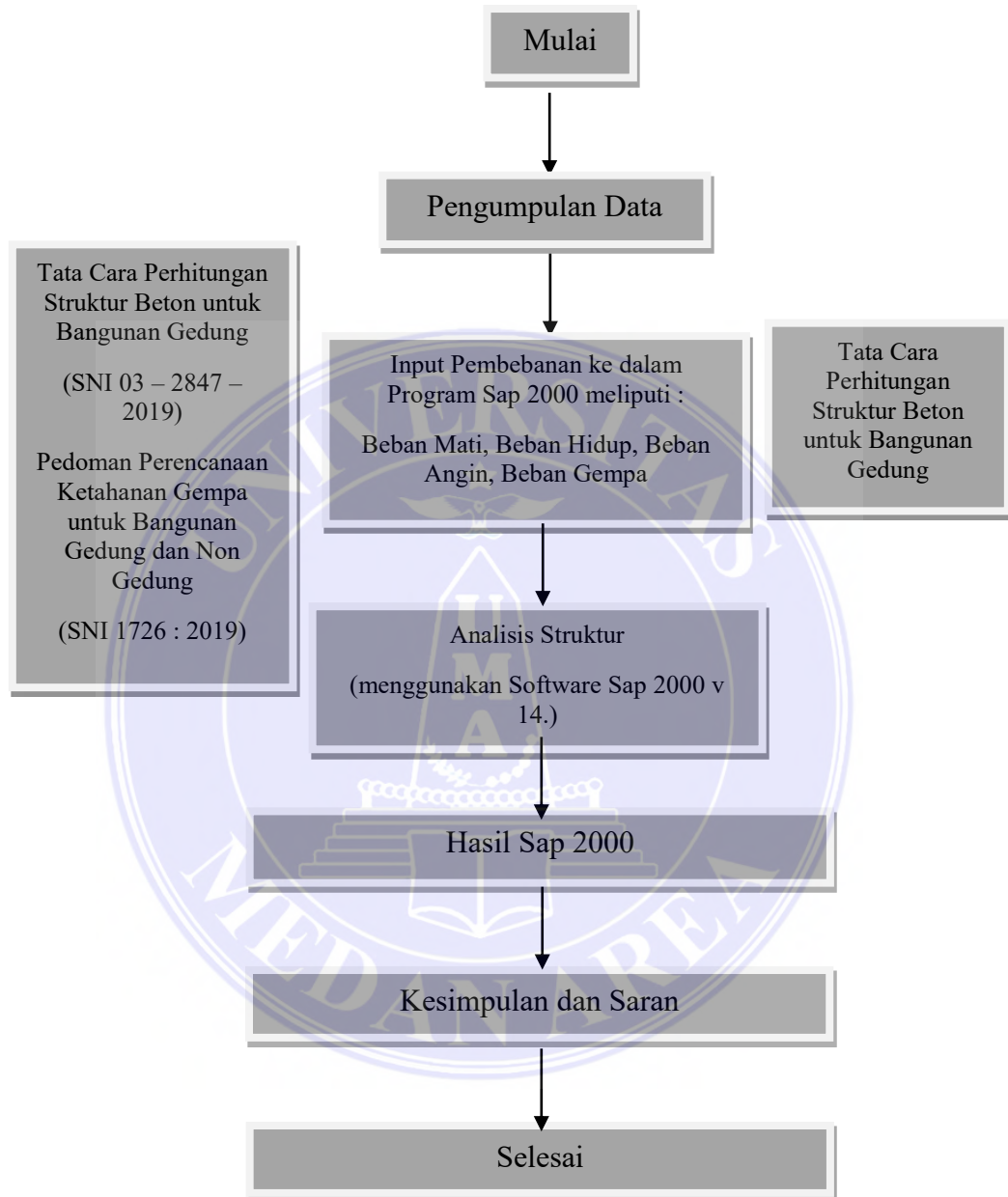
Data yang didapat langsung dari lapangan untuk dibuat data dasar atau dapat pula dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data *primer* meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan

2. Data *Sekunder*

Data yang didapat penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya seperti deskripsi bangunan dan data lainnya.



3.2 Tahapan Penelitian



Gambar 11. Bagan Alur Penelitian (Analisa Peneliti, 2023)

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 dengan proyek dalam perhitungan balok sebagai hasil diperoleh desain penulangan balok menggunakan metode SNI 2847 – 2019 diperoleh $A_s = 9D-25$ mm² dan $A's = 5D-25$ mm².

Dan untuk perhitungan struktur pada kolom juga memiliki perbedaan pada kebutuhan penulangan kolom, di karenakan perhitungan antara penelitian ini dengan perhitungan proyek menggunakan metode yang berbeda sehingga menghasilkan perbedaan tetapi tidak jauh berbeda, Dimana sebagai hasil di peroleh tulangan kolom 48 D25 $M_u = 495,281$ kNm dan P_u yang di peroleh 6856,055N.

5.2 Saran

1. Dalam menganalisa struktur kolom dan balok menggunakan *software* perlu memahami struktur gambar dari bangunan proyek terlebih dahulu guna dapat menginput data ke SAP 2000.
2. Setelah memahami struktur bangunan dari gambar maka akan dilanjutkan dengan memahami dari tiap – tiap elemen struktur yang akan di input datanya ke SAP 2000 untuk di tinjau strukturnya.
3. Saat memasukkan data gambar untuk digambar ke *software* SAP 2000 perlu harus teliti dan hati – hati dikarenakan penginputan data yang tidak sesuai bisa membuat gambar di SAP 2000 tidak sesuai dengan data gambar.
4. Setelah data gambar dimasukkan ke SAP 2000 ada baiknya saat memasukkan material, jenis besi dan jenis penulangan pelat harus memhami atau memiliki referensi dataya.
5. Setelah mendapatkan hasil analisa dari program SAP 2000 sebaiknya hasil SAP 2000 ditinjau kembali dengan perhitungan berdasarkan aturan SNI 2847 – 20119.

DAFTAR PUSTAKA

Arthur A. N., George, W. 1993. Perencanaan Struktur Beton Bertulang. Jakarta:

PT. Pradnya Paramit.

Argajogja, 2015. Pengenalan Tentang SAP 2000.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk

Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2019. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. Peraturan pembebanan minimum untuk

bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727-2019. Jakarta: Standar

Nasional Indonesia.

Badan standarisasi nasional 2019. Standar perencanaan ketahanan gempa untuk

bangunan, SNI 03-1726-2019 Jakarta: Standar Nasional Indonesia.

Nasution, Amrinsyah. 2009. Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang.

Penerbit ITB: Bandung

SNI-1726 (2019). Standar desain ketahanan gempa untuk struktur gedung dan

non-gedung badan standarisasi nasional Jakarta.

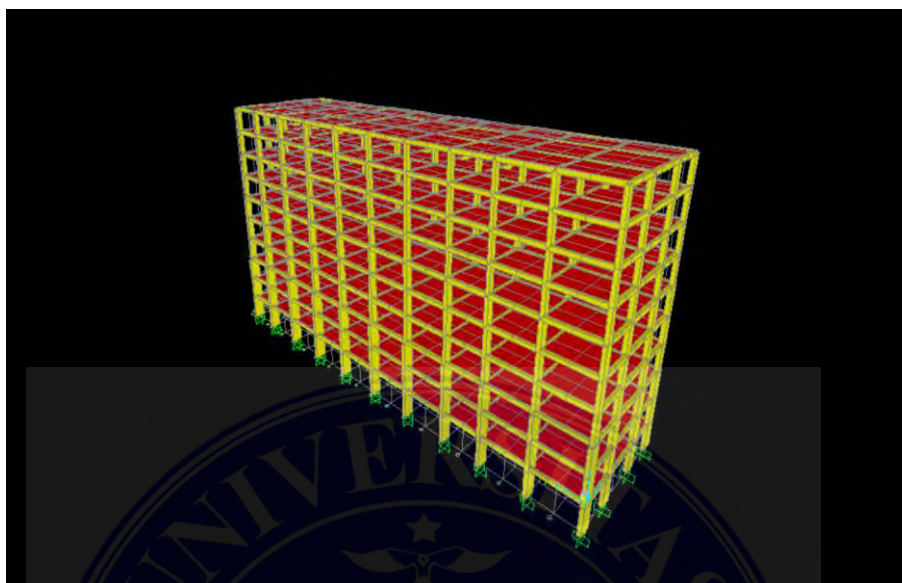
SNI-2847 (2019), Persyaratan beton struktural untuk gedung badan standarisasi

Nasional Jakarta.

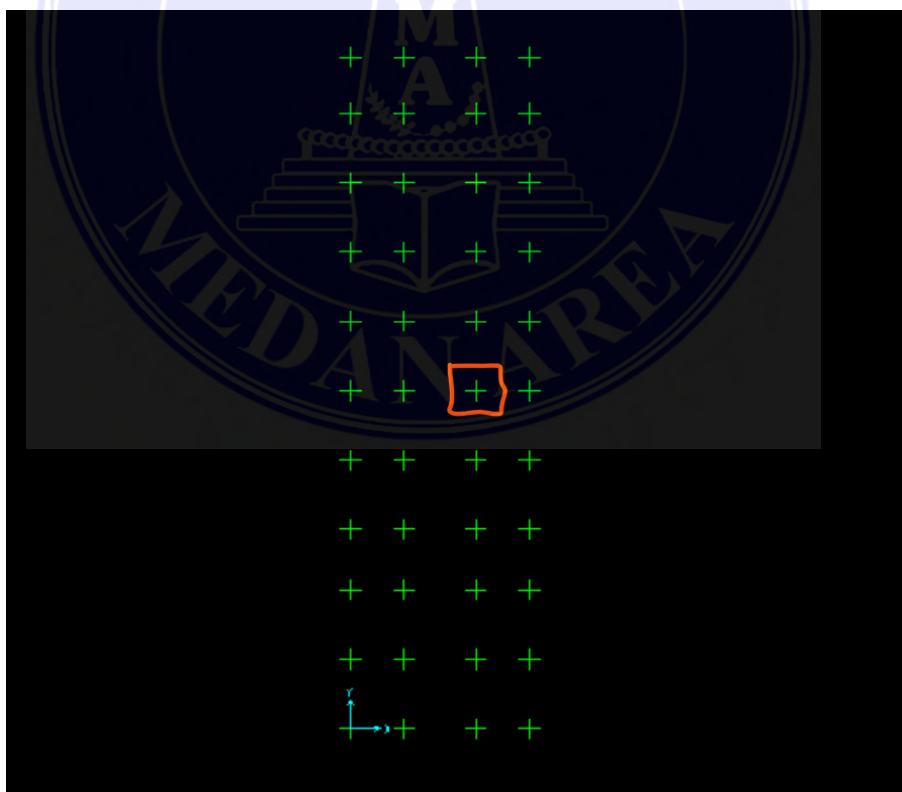
SNI-2052 (2017) Baja tulangan beton, badan standarisasi nasional Indonesia,

Jakarta.

LAMPIRAN



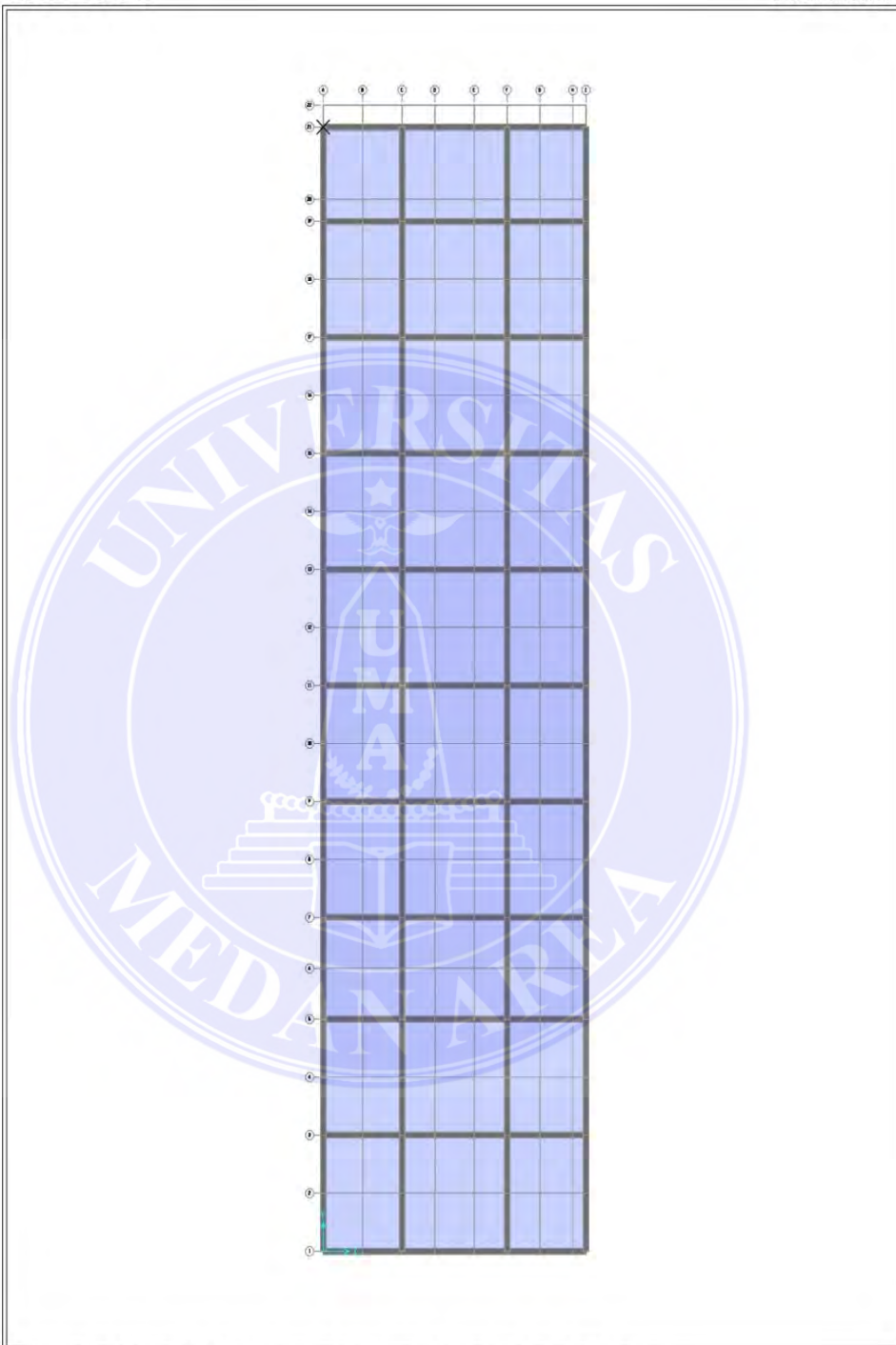
Gambar 1: Pemodelan Struktur 3D



Gambar: Denah Kolom Yang Ditinjau

SAP2000

5/4/23 11:59:59

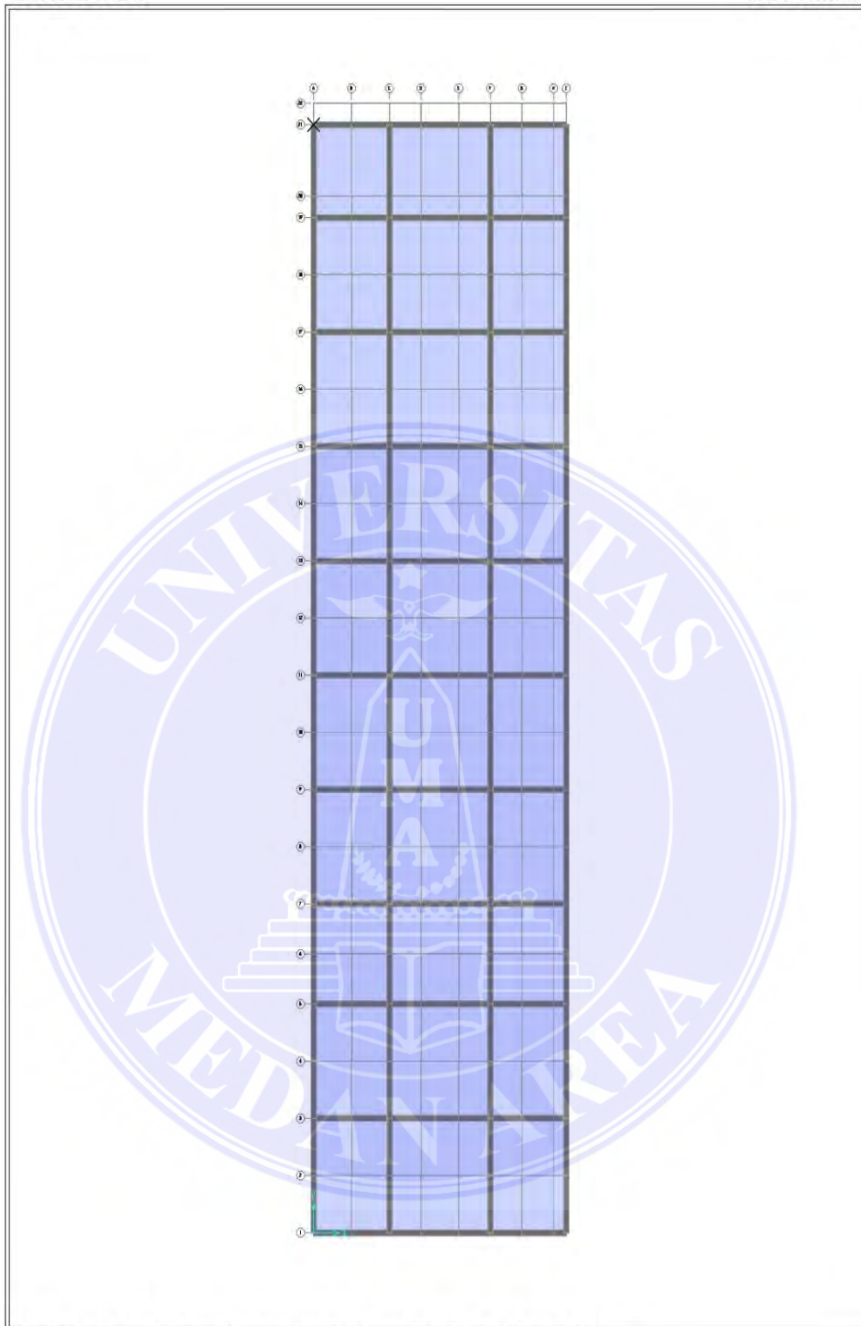


SAP2000 v14.0.0 - File:Sap Marbun (1) - X-Y Plane @ Z=-0,05 - Kgf, m, C Units

Gambar: Denah Balok Lantai 1

SAP2000

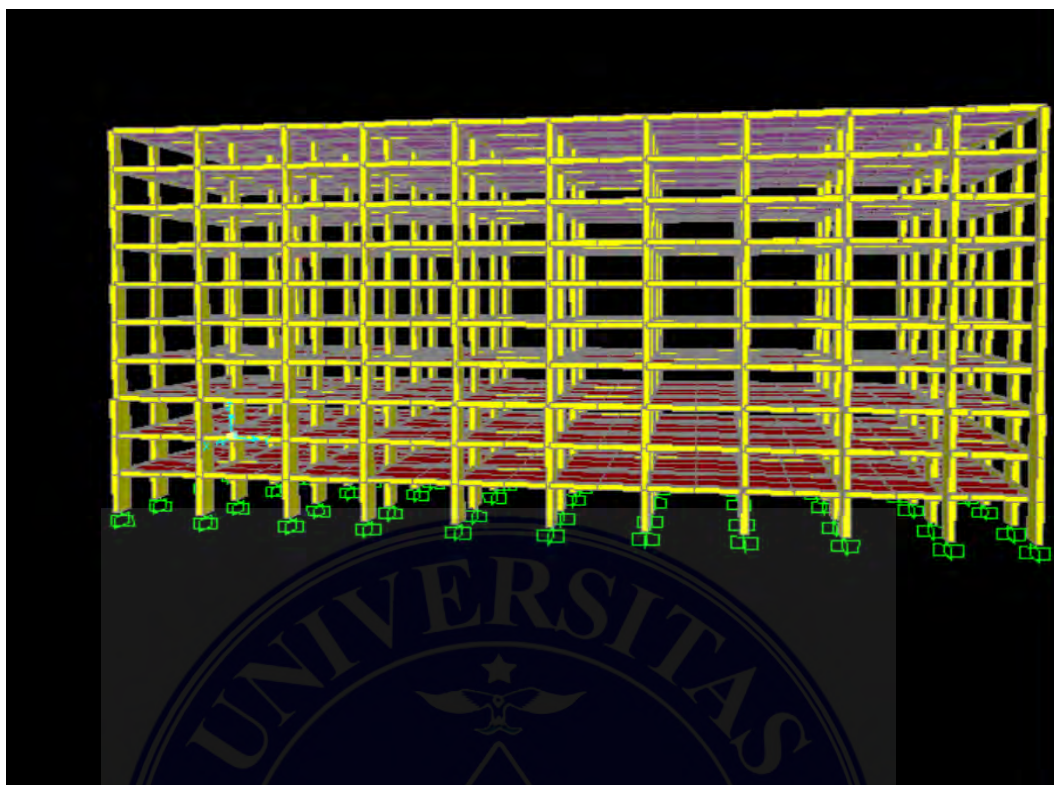
5/4/23 11:59:59



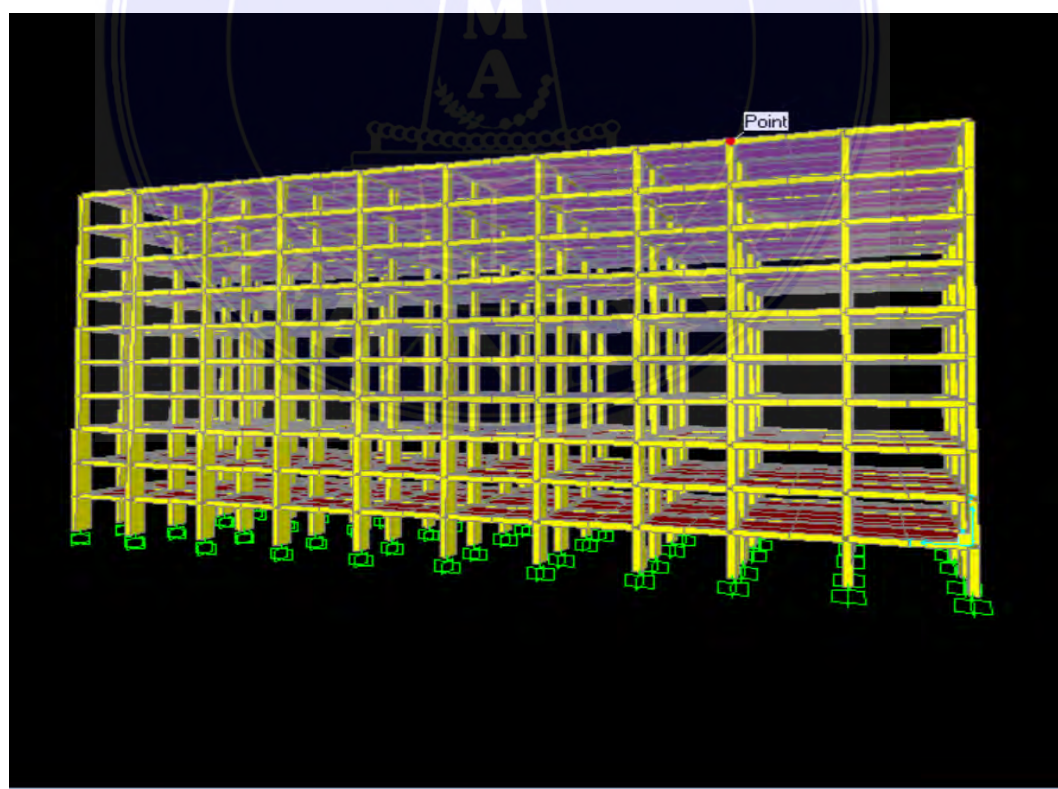
SAP2000 v14.0.0 - File:Sap Marbun (1) - X-Y Plane @ Z=-0,05 - Kgf, m, C Units

Gambar: Denah Balok Lantai 2





Gambar: Tampak Samping Kiri SAP 2000



Gambar: Tampak Samping Kanan SAP 2000