

**EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG
BERTINGKAT PADA PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN
TOWER C (SUKARAMAI MEDAN)**

SKRIPSI

OLEH:

**MICHAEL R PANJAITAN
208110064**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

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 16/10/24

Access From (repository.uma.ac.id)16/10/24

**EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG
BERTINGKAT PADA PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN
TOWER C (SUKARAMAI MEDAN)**

SKRIPSI

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



Oleh:

**MICHAEL R PANJAITAN
208110064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

ii

Document Accepted 16/10/24

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)16/10/24

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Perhitungan Struktur Gedung Bertingkat Pada
Pembangunan Rumah Susun Tower C (Sukaramai Medan)
Nama : Michael R Panjaitan
NPM : 208110064
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T
Pembimbing



Deddy Satrio, S.T., MT
Pembimbing



Wulandari, S.T., M.T
Pembimbing

Tanggal Lulus : 12 September 2024

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 sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 12 September 2024



Michael R Panjaitan
208110064



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Michael R Panjaitan
NPM : 208110064
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Perhitungan Struktur Gedung Bertingkat Pada Pembangunan Rumah susun C (Sukaramai Medan). Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif 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.

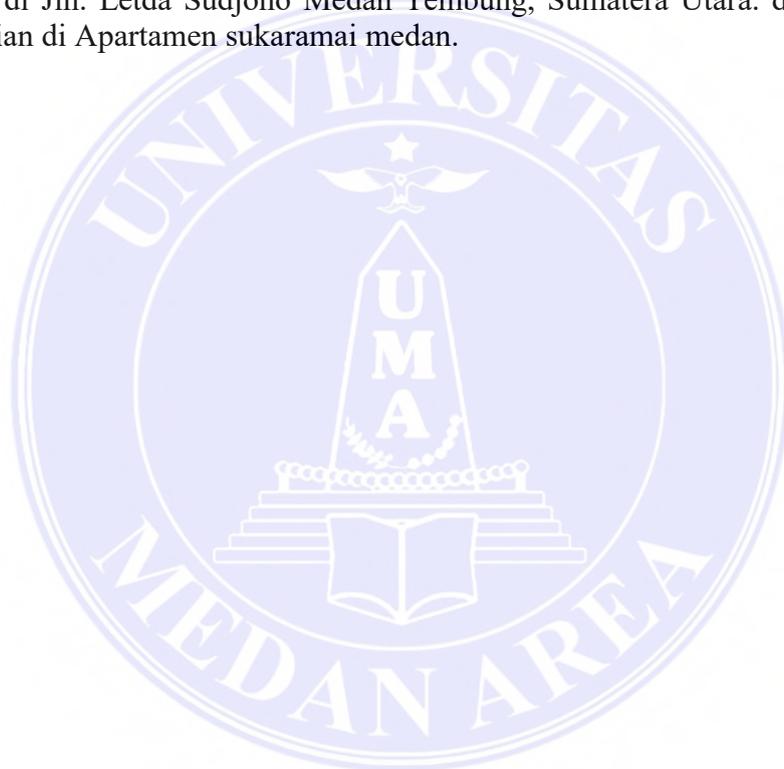
Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 12 September 2024
Yang menyatakan



(Michael R Panjaitan)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Sitorang 1, Kec. Silaen, Kab. Toba, pada tanggal 17 Juli 2002 dari Ayah M. Panjaitan dan Ibu L. Marpaung. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD N 174556 Sitorang, Kec. Silaen, Kab. Toba pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP N 1 Silaen, Kec. Silaen, Kab. Toba dan lulus pada tahun 2017, yang kemudian melanjutkan pendidikan di SMA N. 1 Silaen, Kec. Silaen, Kab. Toba dan lulus pada tahun 2020. Penulis melanjutkan pendidikan kuliah Strata Satu (S-1) di salah satu universitas swasta yang berada di Medan, Sumatera Utara yaitu Universitas Medan Area dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Praktek kerja Lapangan (PKL) di rumah sakit Columbia Asia medan di Jln. Letda Sudjono Medan Tembung, Sumatera Utara. dan melakukan penelitian di Apartamen sukaramai medan.



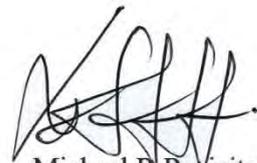
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat karunia dan rahmat-Nya, laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Skripsi ini berjudul "Evaluasi Perhitungan Struktur Gedung Bertingkat Pada Pembangunan Rumah Susun Tower C (Sukaramai Medan)". Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai kepada: Ibu Ir. Tika Ermita, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area. Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing yang telah mengarahkan peneliti dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi.

Skripsi ini Penulis persembahkan kepada Kedua orang tua saya tercinta M. Panjaitan, L. Marpaung yang telah memberikan dukungan dan doa tak terhingga sejak awal masuk kuliah hingga saat proses penulisan skripsi selesai Terima kasih atas semua cinta dan kasih yang telah kalian berikan kepada Penulis. Tak kalah istimewanya ucapan terimakasih Penulis sampaikan kepada empat saudara kandung Penulis. Buat kakak tercinta saya yaitu Enjel Panjaitan, dan Tiga adek tercinta Flora Panjaitan, Gideon Panjaitan dan Jeriko Panjaitan Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan, doa dan yang selalu banyak membantu penulis, menemani, memberi semangat, motivasi dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini. Sahabat seperjuangan Aldi R Lumban Gaol, Sion Ritonga, Andika luban batu, Sixnor Hutagaol, Rikky Silaban yang telah menjadi rekan, dan saudara selama proses pembimbingan penulisan serta selalu memberikan motivasi, dukungan dan semangat kepada penulis. Kepada Kekasih Penulis Angelina Rosa Sinurat yang telah membantu Penulis dalam mengerjakan skripsi penulis serta memberikan semangat sampai terselesaikannya skripsi ini. Teruntuk Rekan juang sipil 20 dan juga organisasi tercinta ikatan mahasiswa sipil (IMS) Penulis mengucapkan banyak terima kasih selama 4 tahun yang telah kita lewati bersama, merupakan kenangan yang tak terlupakan.

Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan banyak manfaat untuk dunia pendidikan terutama dalam bidang Teknik Sipil.

Medan, 12 September 2024
Penulis



Michael R Panjaitan
208110064

ABSTRAK

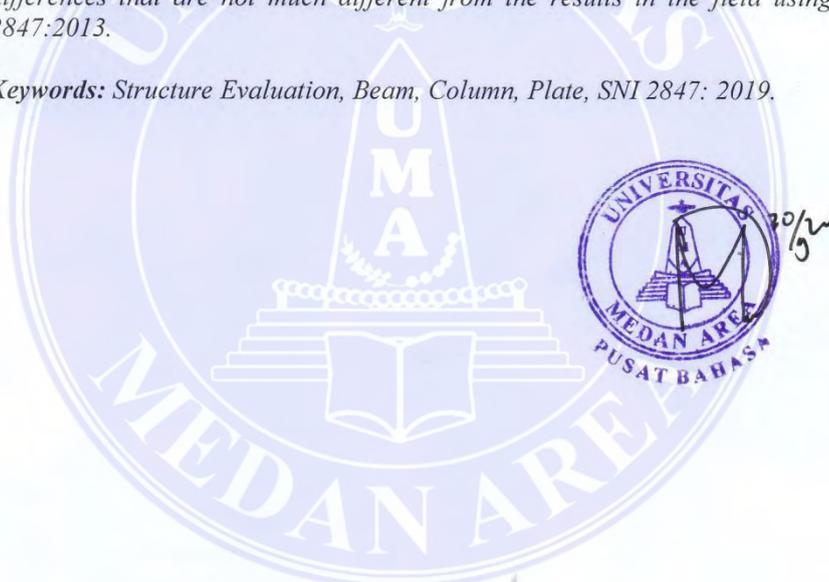
Pembangunan Rumah Susun dengan fasilitas yang lengkap dan nyaman digunakan, tentunya tidak jauh dari kualitas bangunan dengan elemen struktur yang kokoh. Proyek ini dimulai tahun 2016 kemudian mangkrak di tahun 2017, kemudian di lanjutkan pada tahun 2023. Pada proyek tersebut perhitungan struktur mengacu pada SNI 2847:2013, dimana di tahun 2019 Badan Standar Nasional (BSN) telah menerbitkan SNI 2847: 2019 Sehingga perlu di evaluasi kembali. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui seberapa besar perbedaan hasil perhitungan struktur kolom, balok dan pelat antara SNI 2847: 2013 dan SNI 2847: 2019 dengan bantuan *Software* Etabs V20. Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Rumah Susun Tower C Sukaramai Medan Metode yang digunakan adalah metode analisis statik ekuivalen yang merupakan analisis struktur yang mengasumsikan bahwa beban statik horizontal diperoleh dari pengaruh respon ragam getar gempa pertama. Berdasarkan analisis statik ekuivalen di peroleh kesimpulan penulangan yang Paling signifikan pada balok ukuran B4 (30 x 60) cm dengan presentase jumlah tulangan atas 37,5 % , Tulangan bawah 12 %, Tulangan susut memiliki perbedaan tulangan 50 %. Untuk perhitungan struktur pada kolom Ukuran K4(80 x 80) cm Memiliki perbedaan jumlah Tulangan 100 %. untuk pelat lantai dengan ketebalan 15 cm memiliki perbedaan Presentase pada jarak penulangan pelat lantai sebesar 16 %. Evaluasi dengan *Software* Etabs v.20 dan perhitungan yang mengacu pada SNI – 2847: 2019 memiliki perbedaan yang tidak jauh berbeda dari pada hasil yang di lapangan yang menggunakan SNI 2847: 2013.

Kata Kunci: Evaluasi Struktur, Balok, Kolom, Pelat, SNI 2847: 2019.

ABSTRACT

The construction of flats with complete and comfortable facilities is certainly not far from the quality of buildings with sturdy structural elements. This project started in 2016 then stalled in 2017, then continued in 2023. In this project the structural calculations refer to SNI 2847:2013, where in 2019 the National Standards Agency (BSN) has published SNI 2847: 2019 so it needs to be re-evaluate. This research aims to find out how big the difference is in the calculation results for column, beam and plate structures between SNI 2847:2013 and SNI 2847:2019 with the help of Etabs V20 software. This research was carried out on the Tower C Sukaramai Medan Flats Construction project. The method used was the equivalent static analysis method, which is a structural analysis that assumes that the horizontal static load is obtained from the influence of the vibration response of the first earthquake. Based on equivalent static analysis, it was concluded that the most significant reinforcement was in beams measuring B4 (30 x 60) cm with a percentage of top reinforcement of 37.5%, bottom reinforcement of 12%, shrinkage reinforcement having a reinforcement difference of 50%. For structural calculations, the column size K4 (80 x 80) cm has a difference in the number of reinforcements of 100%. for a floor plate with a thickness of 15 cm, there is a percentage difference in the floor plate reinforcement distance of 16%. Evaluation with Etabs v.20 software and calculations referring to SNI – 2847:2019 have differences that are not much different from the results in the field using SNI 2847:2013.

Keywords: Structure Evaluation, Beam, Column, Plate, SNI 2847: 2019.



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3.1. Maksud penelitian.....	2
1.3.2. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	9
2.3. Konsep Dasar Struktur Gedung Bertingkat.....	11
2.3.1 Struktur Balok.....	14
2.3.2 Struktur Kolom	25
2.3.3 Struktur Pelat	29
2.4 Analisis Gempa	34
2.4.1 Dasar- Dasar Analisis Gempa.....	35
2.4.2 Metode Statik Ekuivalen dalam Analisis Struktur.....	37
2.5 Pembebanan.....	45
2.5.1 Beban Statis	45
2.5.2 Beban Mati.....	45
2.5.3 Beban Hidup	47
2.5.4 Beban Angin	47
2.5.5 Beban Gempa.....	49
2.6 Evaluasi Struktur	51
2.6.1 Alasan Evaluasi Ulang.....	51
2.6.2 Proses Evaluasi Struktur	52
2.7. Kombinasi Beban	53

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	54
3.1 Deskripsi Penelitian.....	54
3.1.1 Lokasi Penelitian	54
3.2. Metode Pengumpulan Data	54
3.3. Data Struktur Gedung.....	55
3.3.1. Data Gedung Penelitian	55
3.3.2. Dimensi Struktur.....	56
3.4. Tahapan Penelitian	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	58
4.1. Tahapan Evaluasi Struktur	58
4.2. Perhitungan Beban gempa.....	66
4.3. Evaluasi Struktur Balok.....	73
4.3.1. Hasil Evaluasi Balok.....	91
4.4. Evaluasi Struktur Kolom	92
4.4.1. Hasil Evaluasi Kolom	102
4.5. Evaluasi Struktur Pelat	103
4.5.1. Hasil Evaluasi Pelat	110
4.6. Pembahasan	111
4.7. Perbandingan Hasil Evaluasi dengan Desain Awal Konsultan ...	114
4.8. Faktor- Faktor Yang mempengaruhi Hasil Evaluasi	116
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	117
5.1. Kesimpulan.....	117
5.2. Saran	117
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN.....	118

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	9
Tabel 2. Koefisien situs, F_a	40
Tabel 3. Koefisien situs, F_v	42
Tabel 4. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	43
Tabel 5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	44
Tabel 6. Berat Sendiri Struktur (DL)	46
Tabel 7. Beban Mati Tambahan (SDL)	46
Tabel 8. Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	47
Tabel 9. Tipe Balok	55
Tabel 10. Tipe Kolom	55
Tabel 11. Berat Bangunan Lantai 1	56
Tabel 12. Distribusi Gaya Gempa Per Lantai	73
Tabel 13. Gaya-Gaya Dalam Balok	72
Tabel 14. Hasil Perhitungan Struktur Balok	90
Tabel 15. Gaya-Gaya Dalam Kolom	91
Tabel 16. Hasil Perhitungan Struktur Kolom	101
Tabel 17. Gaya-Gaya Dalam Pelat	108
Tabel 18. Hasil Perhitungan Pelat Lantai	109
Tabel 19. Hasil Perbandingan Luas Tulangan Balok Di Lapangan dengan Hasil Evaluasi	112
Tabel 20. Hasil Perbandingan Luas Tulangan Kolom Di Lapangan Dengan Hasil Evaluasi	113
Tabel 21. Hasil Perbandingan Luas Tulangan Pelat Di Lapangan Dengan Hasil Evaluasi	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Susunan Tulangan Balok.....	16
Gambar 2. Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang	17
Gambar 3. Macam kolom dan penulangannya.....	25
Gambar 4. Diagram interaksi P – M elemen kolom.....	27
Gambar 5. Jenis pelat berdasarkan tumpuan.....	31
Gambar 6. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan	40
Gambar 7. S ₁ Gempa Untuk Wilayah Medan	40
Gambar 8. Grafik Spektrum Respon Desain.....	43
Gambar 9. Spektrum respon desain berdasarkan SNI 1726-2019	45
Gambar 10. Kecepatan angin terhadap bangunan.....	48
Gambar 11. Peta Zonasi Gempa (PGA, MCEG)	51
Gambar 12. Lokasi Penelitian.....	54
Gambar 13. Alur Penelitian.....	56
Gambar 14. Unit satuan yang digunakan	57
Gambar 15. Menyusun atau mendefinisikan.....	58
Gambar 16. Menetapkan restraints/perletakan.....	58
Gambar 17. Menetapkan material	59
Gambar 18. Pendefinisian Penampang kolom	59
Gambar 19. Pendefinisian dimensi balok.....	59
Gambar 20. Pendefinisian dimensi Pelat	60
Gambar 21. Penginputan nilai beban mati tambahan pada balok	62
Gambar 22. Penginputan nilai beban Kombinasi.....	62
Gambar 23. Penginputan beban hidup	63
Gambar 24. Penginputan beban angin.....	63
Gambar 25. Penginputan beban gempa response spectrum.....	63
Gambar 26. Pemodelan 3D Gedung Rumah Susun Tower C Sukaramai Medan..	58
Gambar 27. Periode getar alami struktur mode 1	63
Gambar 28. Periode getar alami struktur mode 2	64
Gambar 29. Respon Spektrum Rencana.....	67
Gambar 30. Penampang Balok B2	76
Gambar 31. Denah Balok 45 x 60 cm	89
Gambar 32. Nilai k Berdasarkan Alignment Chart	93
Gambar 33. Denah Kolom Lantai 1	95
Gambar 34. Detail Penulangan Kolom dari lapangan dan hasil evaluasi	100
Gambar 35. Detail Pelat Lantai 15 cm	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah kolom	118
Lampiran 2. Detail penulangan kolom.....	119
Lampiran 3. Detail penulangan balok	120
Lampiran 4. Detail balok lt. P3	121
Lampiran 5. Gambar 3D dari Etabs	122
Lampiran 6. Foto Bangunan Di Lapangan.....	123



DAFTAR NOTASI

DL	= <i>Dead Load</i>
$f'c$	= Mutu Beton
f_y	= Mutu Baja
H	= Tinggi kolom
LL	= <i>Live Load</i>
D	= Diameter Tulangan Utama
\emptyset	= Diameter Tulangan Polos
$SIDL$	= <i>Super Imposed Dead Load</i>
A_g	= luas bruto penampang beton
A_s	= luas selimut tiang
A_s	= luas tulangan tarik
A_{sh}	= luas penampang total tulangan <i>transversal</i>
A_s'	= luas tulangan tekan
B_e	= Lebar efektif
B	= Lebar penampang
c	= Nilai tinggi garis netral
e	= <i>Eksentrisitas</i>
$\epsilon's$	= Regangan
E_c	= Modulus elastisitas beton
E_s	= Modulus elastisitas baja
$f's$	= Tegangan pada tulangan tekan
I	= <i>Inersia</i>
M_n	= Momen Nominal

M_u = *Momen Ultimit*

β_1 = faktor distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

α_f = Rasio kekakuan

M_o = Momen statis terfaktor total

ρ = rasio tulangan

d = Tinggi efektif

R_n = Nilai *coefficient of resistance*



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Medan merupakan salah satu kota besar di Indonesia. Hal ini menyebabkan banyak masyarakat dari luar kota datang untuk mencari pekerjaan di kota Medan. Seiring bertambahnya populasi manusia dan kemajuan teknologi Pembangunan konstruksi gedung diselenggarakan melalui berbagai tahapan pekerjaan konstruksi. Pekerjaan konstruksi adalah rangkaian kegiatan perencanaan dan pelaksanaan beserta pengawasan yang meliputi pekerjaan arsitektural, struktur, mekanikal dan elektrikal, serta tata lingkungan, beserta kelengkapannya masing-masing dalam mewujudkan suatu bangunan (Keppres No. 19/1999).

Pembangunan Rumah Susun dengan fasilitas yang lengkap dan nyaman digunakan, tentunya tidak jauh dari kualitas bangunan dengan elemen struktur yang dapat diandalkan. Seperti elemen struktur Fondasi, kolom, balok, lantai, dan atap. Dengan mengandalkan kekuatan dari komponen bangunan dalam mengatasi yang bekerja secara vertikal dan horizontal pada bangunan dan dapat menahan gaya vertikal yang dialirkan dan di sebarakan menuju bagian elemen struktur pada bangunan. Selain itu kestabilan bangunan juga harus diperhatikan dalam mengatasi 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 (Lamia, 2020).

Suatu bangunan beton bertulang yang berlantai banyak akan mudah runtuh

jika tidak direncanakan dengan baik. oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*). Untuk memenuhi kriteria tersebut maka diperlukan penerapan perencanaan SNI 03-2847-2019 sebagai acuan perhitungan struktur beton, (AMI 2017). Pengerjaan selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap daya kuat dan perhitungan kebutuhan jumlah tulangan yang dipasang pada setiap struktur mulai dari fondasi, kolom, balok, pelat lantai dan pelat atap melalui perhitungan yang sudah dilakukan dan sudah diperiksa oleh bagian konsultan. Proyek ini dimulai tahun 2016 kemudian mangkrak di tahun 2017, kemudian di lanjutkan pada tahun 2023. Pada proyek tersebut perhitungan struktur mengacu pada SNI 2847:2013, dimana di tahun 2019 Badan Standar Nasional (BSN) telah menerbitkan SNI 2847: 2019. oleh karena itu Perhitungan struktur pada proyek perlu di evaluasi kembali.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu berapa besar Perbedaan perhitungan struktur kolom, balok dan pelat antara SNI 2847: 2013 dan SNI 2847: 2019.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1. Maksud penelitian

Untuk memahami struktur balok, kolom dan pelat Gedung rumah susun tower C Sukaramai medan dan Untuk Mengevaluasi struktur kolom, balok dan pelat menggunakan program *Software Etabs V20*

1.3.2. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mengevaluasi dan menghitung kebutuhan jumlah tulangan struktur kolom, balok dan pelat berdasarkan SNI 2847:2019, serta membandingkannya dengan desain awal yang menggunakan SNI 2847:2013 dengan bantuan *Software Etabs V20*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menganalisis dan mengidentifikasi perbedaan hasil analisa dari *Software Etabs V20* dan hasil dari proyek.
2. Memahami pengolahan data dan pembebanan kombinasi menggunakan *Software Etabs V20*.
3. Memahami Perbandingan Perhitungan struktur berdasarkan SNI - 2013 dan SNI – 2019.

1.5. Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perhitungan pada balok, kolom dan pelat dengan menggunakan *Software Etabs V20* yang dilakukan mengacu pada kaidah SNI 2847:2019.
2. Pengambilan data yang diambil di lapangan berupa gambar konstruksi bangunan.
3. Apa saja hal-hal yang perhatikan dalam memahami struktur pembebanan kolom, balok dan pelat pada Gedung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Zainuddin, (2020) dengan judul “Analisis Struktur Gedung Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro” dengan Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui faktor keamanan mengenai kekuatan dan kestabilan pada Struktur Gedung 3 Lantai Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro. Metode yang digunakan adalah metode observasi dimana metode ini langsung ke lapangan untuk mengetahui situasi objek yang sedang di kaji yaitu dengan cara peninjauan langsung pada bangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro yang beralamat di jalan Lettu Suyitno No.2 Bojonegoro untuk mengetahui ukuran material yang di gunakan, dimensi struktur serta bentuk-bentuk pemasangan struktur. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diambil kesimpulan bahwa Gedung yang dianalisis yaitu Gedung fakultas teknik Universitas Bojonegoro yang terletak di jalan lettu Suyitno No. 2 Bojonegoro dan dianalisis dengan menggunakan metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD) dengan bantuan *Software* SAP2000 V.14 dengan mempertimbangkan beban yang bekerja yaitu beban hidup, beban mati, beban angin dan beban gempa. Pada kontrol tulangan struktur dapat diketahui bahwa : - Pada balok B1 (25/40) untuk Panjang 4 meter, perhitungan tulangan Pada kolom lantai 1 (35x35), penggunaan tulangan aman dan pelat mampu menerima beban.

Penelitian yang dilakukan oleh Susanto, (2020) dengan judul “Analisis Struktur Gedung Transmart Carrefour Cirebon dengan Menggunakan Struktur

Beton SNI 2847:2013” Tujuan dari penelitian untuk mengetahui faktor keamanan mengenai kekuatan dan kestabilan akibat beban gempa. dari hasil analisis dan perencanaan, dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa lebih dari 90% dicapai sampai dengan kombinasi mode 20 dan gaya geser dasar dinamik lebih besar 85% dari gaya geser dasar statik ekuivalen. Pemilihan konfigurasi Sistem Rangka Gedung ini bertujuan mendapatkan daktilitas tinggi agar struktur dapat mengalami simpangan pasca elastis besar secara berulang kali sehingga mampu mempertahankan kekuatan struktur pada saat terjadi gempa kuat. Pembebanan yang ditinjau untuk perencanaan elemen struktur adalah beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin, dan juga beban khusus *Roller Coaster*. Karena adanya Beban *Roller Coaster* mengakibatkan torsi yang sangat besar sehingga untuk pengurangan torsi digunakan sistem balok anak bersilang pada *point* kolom *Roller Coaster*. Struktur rangka kuda-kuda atap digunakan profil asal IWF 500.200.10.16 yang akan diubah menjadi CB 700.200.10.16. Pada perencanaan balok induk diperoleh hasil dimensi 400 mm × 700 mm dengan tulangan longitudinal D25 dan tulangan transversal D10 – 75, untuk perencanaan kolom diperoleh dimensi 650 mm × 650 mm dengan tulangan longitudinal 28D25 dan tulangan *confinement* D10 – 50. Pada perencanaan fondasi sumuran direncanakan sampai kedalaman 6 meter dengan diameter tiang 2200 mm.

Penelitian yang dilakukan Uyun dkk., (2022) dengan judul “Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Toeloengredjo berdasarkan SNI 2847: 2019” Tujuan dari penelitian untuk menentukan jumlah minimum varians untuk mencapai kualitas varians gabungan. Dalam tugas akhir ini gedung Rumah Sakit Toeloengredjo di analisis dengan SNI 2847 : 2019, SNI 1727 : 2018, dan SNI

1726 : 2019. Struktur atas terdiri dari kolom, balok dan pelat, sedangkan *sloof* dan *pile* cap dengan fondasi tiang pancang adalah struktur bagian bawah. Dengan menggunakan *Software* SAP2000 untuk analisis struktur diperoleh hasil perhitungan yaitu struktur pelat tipe S1 $\phi 10 - 150$ mm, balok tipe B.1 5 D16 dan 4 D16, kolom tipe K.1A 12 D19.

Penelitian yang dilakukan Alfianto (2018), dengan judul “Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode-Etabs Versi 9.7.2 Gedung kantor 4 lantai Pada Proyek Surya Borneo Industri di kota Pangkalan bun-Kalimantan Tengah”. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui Perencanaan ketahanan gempa untuk Struktur bangunan gedung Menggunakan SNI-1726-2019. Perancangan elemen, struktur menggunakan SNI-03-2847-2019. Perencanaan beban hidup pada lantai bangunan dan perencanaan beban berat sendiri pada lantai dan atap bangunan Dari hasil, didapatkan dengan metode Etabs dan telah disesuaikan dengan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung SNI 03-2847-2019 dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2019, dapat diambil simpulan. Perencanaan konstruksi bangunan yang peneliti teliti dengan metode Etabs versi 9.7.2 hanya memerlukan waktu 3 hari untuk menganalisis bangunan, sangat cepat dibandingkan dengan manual perhitungan bisa memakan waktu 2 sampai 3 bulan. Dalam perancangan gedung ini digunakan pelat dua arah untuk pelat atap maupun pelat tiap lantai dengan ukuran tebal pelat 120 mm dan 200 mm untuk Pelat lantai Landasan Helipad. Dalam perencanaan balok, digunakan dimensi balok sebesar 300 mm x 500 mm untuk balok sloff, 400 x 600 untuk balok lantai 2 dan 3, dan 500 x 800 untuk balok landasan helipad. Dalam perencanaan Balok – balok tersebut diambil

jumlah tulangan lentur dan geser yang paling besar dari tiap Balok-balok. Dalam perencanaan kolom, dimensi yang digunakan untuk kolom sebesar 500 x 500 mm dan 250 x 400 mm.

Penelitian yang dilakukan Febri dkk., (2018) dengan judul “Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung *Head Office* dan *Showrom* Yamaha Pontianak”. Struktur yang direncanakan dalam tulisan ini berupa perkantoran berlantai 6 (Lantai), dengan denah yang didesain simetris. kekuatan struktur bergantung pada ukuran dimensi elemen- elemen struktur, dimana jika dimensi elemen struktur di desain dengan ukuran besar, maka kekuatan struktur akan bertambah besar dan sebaliknya. namun perhitungan perencanaan gedung bertujuan untuk memperoleh desain struktur yang kuat, aman, dan efisien sehingga mampu memikul beban-beban yang bekerja pada struktur sesuai dengan peraturan-peraturan perencanaan yang berlaku. dalam perencanaan gedung tahan gempa. beban lateral dipikul rangka pemikul momen dengan mekanisme lentur). dengan uraian sistem pemikul beban gempa adalah dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Material utama yang digunakan adalah beton bertulang sehingga berdasarkan tabel diambil nilai faktor reduksi gempa R_m adalah sebesar 3,5. Dalam SNI 03 – 1726 – 2019, untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami dari struktur gedung harus dibatasi, untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung, tidak boleh melampaui $0,03/R$ kali tingkat yang bersangkutan atau 30 mm bergantung mana yang lebih kecil nilainya Simpangan antar tingkat $<(0,03 / R)$. Tinggi tingkat $< 0,03/3,5 \cdot 4000 = 34,29$ mm atau simpangan antar tingkat < 30 mm maka diambil yang terkecil yaitu

30 mm. Dalam perhitungan ini, area lift dianalisis sebagai void dan dinding lift tidak dipandang sebagai dinding struktural. dari hasil perhitungan, diperoleh dimensi elemen-elemen struktur sebagai berikut: Kolom bulat tipikal: D-70cm, Kolom bulat lt 1-2: D-80cm, Balok induk melintang :30cm x 90cm, Balok induk memanjang: 40cm x 90cm, Balok anak melintang :30cm x 60cm Balok induk memanjang: 30cm x 60cm tebal pelat lantai: 12cm, Poer :350cm x 350cm x 90cm.

Penelitian yang dilakukan Ilham (2021) dengan judul “Analisis Gedung Dengan *Software Etabs V.9.2.0* Momen akibat gempa arah X dengan metode statis ekuivalen”. Apartemen pada perencanaan kali ini terletak di kota Cianjur dengan luas bangunan 824 m yang memiliki jumlah lantai 10 lantai yang memiliki tinggi total bangunan 40,5m diasumsikan bahwa apartemen ini dibangun diatas tanah keras (kelas situs SC). Hasil perhitungan pembesian balok dan kolom dengan kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dapat dilihat pada Gambar 1.56 dan 1.57. Tampak bahwa tak satu pun elemen balok atau kolom yang mengalami *over strength* (OS) yang ditandai dengan warna merah pada elemennya. Dengan demikian secara keseluruhan struktur aman terhadap berbagai macam kombinasi beban gempa yang telah ditetapkan. Sebagian besar pembesian kolom ditentukan oleh kombinasi dengan beban gempa *time history*. Sebagai contoh cara menetapkan jumlah tulangan kolom berdasarkan hasil design penulangan adalah sebagai berikut: Luas tulangan longitudinal kolom yang diperlukan= 42,250 cm². Misal, digunakan tulangan deform D 22, maka luas 1 tulangan= $\pi/4 \times 2,22= 3,801$ cm². Jumlah tulangan yang diperlukan = $42,250 / 3,801 = 11,115$ buah. Maka digunakan tulangan : 12 D 22 Luas tulangan geser kolom arah sumbu kuat = arah sumbu lemah= 0,093 cm² . Misal digunakan

tulangan polos P 10, maka luas sengkang $2 P = 2 \times \pi/4 \times 1,02 = 1,571 \text{ cm}^2$. Jarak sengkang yang diperlukan = $1,571 / 0,093 = 16,89 \text{ cm}$. Maka digunakan sengkang: 2 P 10 – 150.

Penelitian yang dilakukan Dewi dkk, (2023) dengan judul “Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Pada Pembangunan Rumah Susun Cakung Jakarta Timur”. Berdasarkan penelitian ini, tingkat kinerja struktur berada pada kategori *Immediate Occupancy (IO)*. Dimana pada kategori ini terjadi kerusakan yang kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat sebelum terjadi gempa. Berdasarkan analisis *static non linier push over* di dapatkan hasil *Performance point* sebagai parameter evaluasi kinerja struktur. Dengan beban yang dapat di tahan oleh struktur sebesar 1592432.05 Kgf pada perpindahan 77,49 cm untuk arah X dan sebesar 643948.61 Kgf pada perpindahan 94,84 cm untuk arah Y. Struktur mencapai batas maksimum kapasitas yang dapat di tahan pada langkah ke 7 dan ke 12 untuk arah x dan y. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem struktur bergantung pada faktor karakteristik gempa dan pemilihan sistem struktur mempengaruhi besar kecilnya peralihan yang terjadi serta level kinerja struktur untuk periode ulang gempa 2500 tahun.

2.2. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

Perbedaan hasil dari peneliti terdahulu dengan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

No.	Jurnal	Judul Artikel	Perbedaan
-----	--------	---------------	-----------

No.	Jurnal	Judul Artikel	Perbedaan
1.	Zainuddin (2020)	Analisis Struktur Gedung Fakultas Sains Dan Teknik universitas Bojonegoro	Objek yang diteliti adalah Gedung fakultas sains dan teknik ketinggian 5 lantai berdasarkan SNI 2847:2013 sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai menggunakan <i>Software</i> Etabs V20 berdasarkan SNI 2847 :2019.
2.	Susanto (2020)	Analisis Struktur Gedung Transmart Carrefour Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton SNI 2847 2013	Objek yang diteliti adalah gedung Transmart dengan ketinggian 4 lantai berdasarkan SNI 2847:2013 sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai menggunakan <i>Software</i> Etabs V20 berdasarkan SNI 2847 :2019.
3.	Ilham (2021)	Analisis gedung dengan <i>Software</i> Etabs V.9.2.0 momen akibat gempa arah X dengan metode statis ekuivalen.	Jumlah objek yang diteliti adalah Perkantoran dengan 6 lantai dengan metode Etabs sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai dengan menggunakan <i>Software</i> Etabs V20 berdasarkan SNI 2847 :2019.
4.	Uyun (2022)	Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Toeloengredjo Berdasarkan SNI 2847 :2019”	Objek yang diteliti adalah gedung rumah Sakit dengan ketinggian 4 lantai sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai.
5.	Alfianto dkk. (2018)	Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode- Etabs Versi 9.7.2 Gedung kantor 4 lantai Pada Proyek Surya Borneo.	Objek yang diteliti adalah gedung Kantor ketinggian 4 lantai dengan menggunakan <i>Software</i> Etabs berdasarkan sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai dengan menggunakan <i>Software</i> Etabs V20.
6.	Febri dkk. (2018)	Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Head Office dan Showrom Yamaha Pontianak	Objek yang diteliti adalah gedung Bangunan gedung head Office dan Showrom Yamaha dengan ketinggian 4 lantai sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai dengan menggunakan <i>Software</i> Etabs V20 berdasarkan SNI 2847 :2019
7.	Dewi dkk. (2023)	Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Pada Pembangunan Rumah Susun	Objek yang diteliti adalah Apartemen dengan ketinggian 16 lantai sedangkan penulis meneliti gedung apartemen dengan ketinggian 21 lantai.

No.	Jurnal	Judul Artikel	Perbedaan
		Cakung Jakarta Timur.	

2.3. Konsep Dasar Struktur Gedung Bertingkat

Perencanaan struktur gedung bertingkat harus berpedoman pada syarat-syarat dan ketentuan yang berlaku di negara tempat proyek tersebut dilaksanakan dalam kasus ini proyek dilaksanakan di Indonesia maka harus berpedoman pada Standar Nasional Indonesia mengenai perencanaan gedung dan buku pedoman lain yang dirasa sesuai. Adapun syarat-syarat dan ketentuan tersebut terdapat pada buku pedoman, antara lain:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2019).
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 1729-2015).
3. Peraturan Pembebanan Minimum Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727-2018).
4. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2019).

Perencana struktur bangunan bertingkat tinggi membutuhkan suatu rangkaian proses analisis dan perhitungan yang panjang serta rumit, yang didasarkan pada asumsi dan pertimbangan teknis tertentu. Salah satunya apabila

perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi terletak di wilayah yang memiliki faktor risiko yang cukup besar terhadap pengaruh beban gempa. Untuk itu, dalam perancangan suatu struktur bangunan bertingkat tinggi haruslah memperhatikan unsur- unsur dasar bangunan. Unsur- unsur dasar tersebut menurut (Late, 2017) adalah:

1. Unsur linier yang berupa kolom dan balok yang mampu menahan gaya aksial dan rotasi.
2. Unsur permukaan yang terdiri dari dinding dan pelat.

Struktur atas merupakan keseluruhan elemen bangunan yang berlokasi di atas permukaan tanah. Bagian ini terdiri dari kolom, pelat, balok, dinding geser, dan tangga, yang memiliki peran yang sangat vital dalam keseluruhan konstruksi. Struktur bawah dapat berupa semua bagian konstruksi struktur atau struktur yang berada di bawah permukaan tanah yang mampu menahan timbunan dari bangunan atas dan memindahkannya ke dalam tanah yang keras. Struktur bawah meliputi dudukan beton (*pile cap*) dan fondasi. Basis menyangga timbunan dari bangunan atas sehingga fondasi tidak dapat runtuh di depan bangunan atas. Tumpukan beban tersebut termasuk (DL) beban mati, (LL) beban hidup, (E) beban gempa, dan lain sebagainya. Penyusunan fondasi suatu struktur harus disusun secara cermat, tepat dan cermat. Kesalahan dalam perhitungan fondasi akan membuat struktur yang kuat pada runtuhnya suprastruktur dan berakibat fatal bagi penyewa.

Struktur yang lebih rendah ini terdiri dari fondasi penting dari struktur, yang memainkan bagian yang sangat mendasar dalam struktur.

Selain dari pada unsur-unsur dasar bangunan, terdapat beberapa prinsip.

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan tingkat kerawanan (risiko gempa) dimana bangunan tersebut didirikan.

1. Pendetailan penulangan, sambungan-sambungan, unsur-unsur bangunan harus terikat secara efektif menjadi satu kesatuan.
2. Material beton dan baja harus memenuhi syarat bangunan tahan gempa.
3. Unsur-unsur arsitektural yang memiliki massa yang besar harus terikat dengan kuat pada sistem portal utama.
4. Karakteristik bangunan sangat berpengaruh terhadap gaya gempa yang akan diterima bangunan. Bentuk denah bangunan yang simetris dan tidak terlalu panjang dapat mengurangi beban gempa yang diterima bangunan, selain itu massa bangunan sebisa mungkin dibuat ringan mungkin.

Di dalam proses analisa perencanaan diperlukan pendekatan terhadap beberapa aspek yaitu: aspek lingkungan, aspek arsitektural, aspek fungsi pelayanan (*service ability*), kemudahan pelaksanaan dan efisiensi biaya yang diperlukan. Penjelasan untuk aspek-aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur dijelaskan sebagai berikut :

1. Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan dipertimbangkan untuk mengantisipasi adanya pengaruh negatif terhadap lingkungan sekitar setelah bangunan ini didirikan. Aspek ini juga bertujuan menganalisis dampak positif apa saja yang bisa didapat dengan adanya suatu bangunan.

2. Aspek Arsitektural

Sifat dasar manusia adalah menginginkan sesuatu yang indah dilihat begitu juga dalam merencanakan bangunan aspek estetika harus dikedepankan.

Selain itu bentuk fisik bangunan yang indah memiliki daya pikat tertentu untuk kebutuhan promosi suatu perusahaan dan bisa meningkatkan efisiensi kerja.

3. Aspek Fungsi Pelayanan

Fungsi kekuatan dan kestabilan struktur mempunyai peran yang penting dalam terpenuhinya keselamatan selama bangunan difungsikan. Selain itu bangunan direncanakan dengan tatanan tertentu supaya tercapai tujuan yang tertentu pula sesuai fungsi serta kemudahan akses agar kenyamanan dan fungsi utama bangunan dapat tercapai.

4. Aspek Kemudahan Pelaksanaan dan Efisiensi Biaya

Biasanya dari suatu gedung dapat digunakan beberapa sistem struktur yang bisa digunakan, maka faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan pengerjaan merupakan faktor yang mempengaruhi sistem struktur yang akan dipilih, dapat disimpulkan sebagai efisiensi anggaran.

2.3.1 Struktur Balok

Balok adalah komponen struktur yang bertugas meneruskan beban yang disangga sendiri maupun dari pelat kepada kolom penyangga. Balok menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan (Devi, 2019).

Fungsi balok antara lain:

- a. Meneruskan beban dinding ke kolom
- b. Sebagai pengikat kolom
- c. Menambah kekuatan lentur pelat
- d. Menambah kekuatan horizontal pada struktur

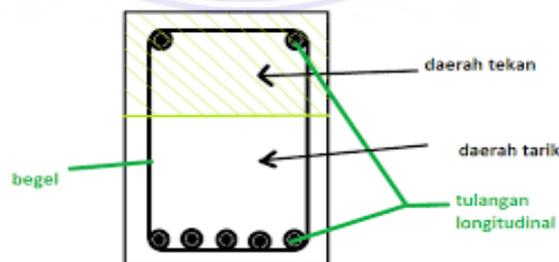
Untuk memperhitungkan kemampuan kapasitas daya dukung komponen balok struktur terlentur, sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan dengan cara memperkuat tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan diperoleh balok yang mampu menahan lentur. Beberapa jenis balok antara lain:

- a. Balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan. Seperti struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan momen untuk balok sederhana adalah tidak tergantung bentuk penampang dan materialnya.
- b. Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap.
- c. Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya.
- d. Balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) menahan translasi dan rotasi.
- e. Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teritisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.
- f. Balok kontinu memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

Menurut (Nawy, 2019) berdasarkan jenis keruntuhan, keruntuhan yang terjadi pada balok dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu :

- a. Penampang *balanced* adalah tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan. Pada saat awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diizinkan pada saat serat tepi yang tertekan adalah 0,03 sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu $\epsilon_y = f_y / E_s$.
- b. Penampang *over-reinforced* keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja ϵ_s yang terjadi masih lebih kecil daripada regangan lelehnya ϵ_y . Dengan demikian tegangan baja f_s juga lebih kecil daripada tegangan lelehnya f_y . Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak daripada yang diperlukan dalam keadaan *balanced*.
- c. Penampang *under-reinforced* ialah Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi *balanced*.

Pada Gambar 1, dapat dilihat sebuah balok yang ditumpuk secara konsisten di seluruh bagian jangkauannya.

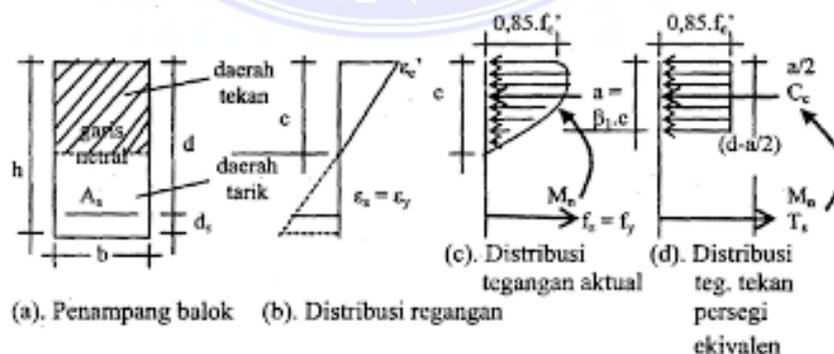


(b) POT A-A (diperbesar)

Gambar 1. Susunan Tulangan Balok (Lesmana, 2019)

Di kedua ujungnya, balok ditopang oleh penyangga sederhana. Balok akan membengkok di bawah kondisi beban ini, yang akan menimbulkan tegangan tarik dan tekan pada penampang balok. Beban menimbulkan tegangan tekan pada serat bagian atas penampang balok, sedangkan serat bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Ketika pilar membawa beban yang relatif kecil, terjadi keanehan aliran tekanan. Dalam keadaan ini tekananyang dapat ditempa dan tekanan tekan belum mencapai kekuatan terjauh dari material substansial atau material pendukung. Penyebaran regangan tekanan pada kondisi ini adalah garis lurus (*straight line*).

Dengan kata lain, balok terus berperilaku *fleksibel*. Di sini, "perilaku elastis" berarti bahwa balok akan kembali ke posisi semula tanpa *defleksi* atau kerusakan (retak) ketika beban dihilangkan. Dengan kata lain, balok terus berperilaku *fleksibel*. Di sini, "perilaku elastis" berarti bahwa balok akan kembali ke posisi semula tanpa *defleksi* atau kerusakan (retak) ketika beban dihilangkan. Ketika beban secara konsisten bertambah, seperti yang terlihat pada Gambar 2, distribusi tegangan juga mengalami perubahan sesuai dengan jumlah beban yang ditambahkan.



Gambar 2. Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang (Lesmana, 2019)

Perubahan ini dimulai dengan perubahan tinggi garis netral (c), yang

diikuti oleh peningkatan tegangan tekan dan tarik pada serat atas dan serat tekan. Pada kondisi tersebut, tegangan pada baja tulangan mencapai batas kekuatan lelehnya (f_y).

Maka tulangan dapat dihitung dengan (Pers 1).

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d} \quad (\text{Pers 1})$$

Cek Tulangan Minimum di hitung dari (Pers 2).

$$A_{s_{\min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b \cdot d \quad (\text{Pers 2})$$

Dan tulangan tidak boleh kurang dari yang di hitung menggunakan (Pers 3).

$$\frac{1,4}{f_y} b \cdot d \quad (\text{Pers 3})$$

$A_s = 1780 \text{ mm}^2$, keperluan jumlah tulangan di hitung menggunakan rumus (Pers 4)

$$n_{ta} = \frac{A_{s,t}}{\frac{1}{4} \pi d_b^2} \quad (\text{Pers 4})$$

Dibutuhkan jumlah tulangan dengan luas terpasang menjadi, $A_{s,t}$
Dipasang dua lapis sehingga di dapat nilai d .

Hitung momen rencana, $\phi \cdot M_n$, dari tumpuan di hitung dengan (Pers 5)

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (\text{Pers 5})$$

Maka Momen nominal, M_n , di hitung dengan (Pers 6)

$$M_n = A_s f_y (d - a/2) \quad (\text{Pers 6})$$

Sehingga kuat momen rencana diperoleh dengan persyaratan di bawah ini.

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

Cek rasio tulangan terpasang terhadap batas tulangan maksimum yang dapat dipasang di hitung dengan (pers 7 dan 8).

$$\rho_{\text{terpasang}} = \frac{A_{s,t}}{b \cdot d} \quad (\text{pers 7})$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{pers 8})$$

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

Cek *Tension Controlled*.

$\frac{a}{b} < 0,0375\beta_1$ 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, $\emptyset Mn, 2$.

b. Kondisi 3, momen positif tumpuan, goyangan ke kanan. Dari hasil analisis diperoleh nilai $M_u^{(+)}$. di hitung dengan (pers 9) Tinggi efektif balok dengan rumus,

$$d = h - (c_v + d_s + d_s/2). \quad (\text{pers 9})$$

Informasi perencanaan,

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

Maka tulangan dapat dihitung dengan rumus (pers 10):

$$A_s = \frac{M_u}{\emptyset \cdot f_y \cdot j \cdot d} \quad (\text{pers 10})$$

Cek tulangan minimum, di hitung dengan (pers 11).

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b \cdot d. \quad (\text{pers 11})$$

Dan tulangan tidak boleh kurang dari di hitung dengan (pers 12).

$$\frac{1,4}{f_y} b \cdot d \quad (\text{pers 12})$$

Sehingga digunakan $A_s = 1047 \text{ mm}^2$, keperluan jumlah tulangan yaitu di hitung dengan (pers 13).

$$n_{ta} = \frac{A_{s,t}}{\frac{1}{4} \pi d_b^2} \quad (\text{pers 13})$$

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

Dipasang satu lapis sehingga nilai d tetap di hitung dengan (pers 14).

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

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (\text{pers 14})$$

Maka Momen nominal, Mn di hitung dengan (pers 15),

$$Mn, 3 = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{pers 15})$$

Sehingga kuat momen rencana harus memenuhi persyaratan di bawah 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 di hitung dengan (pers 16).

$$\rho_{\text{terpasang}} = \frac{A_{s,t}}{b \cdot d} = \quad (\text{pers 16})$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{pers 17})$$

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

Cek Tension Controlled di hitung dengan (pers 17)..

$$\frac{a}{d} < \rho_{\text{terpasang}} \beta_1$$

c. Kondisi 4, goyangan ke kiri, momen positif tumpuan ke kanan. Kebutuhan detailing sama dengan kondisi 3 untuk memikul Mu yang sama, sehingga perhitungan sama dengan kondisi 3, $\emptyset \cdot Mn, 4$.

1. Momen positif di tengah bentang

Maka akan diperoleh hasil $Mu^{(+)}$ dari Analisa *Software* Etabs di hitung dengan (pers 18).

Tinggi efektif balok, $d = h - (Cv + ds + db/2)$
(pers.18)

Informasi perencanaan, untuk beton dengan $f'c$ 35 MPa nilai $\beta_1 = 0,8$

Maka tulangan dapat dihitung dengan di hitung dengan (pers 19):

$$As = \frac{Mu}{\phi \cdot fy \cdot jd} \quad (\text{pers 19})$$

Cek tulangan minimum di hitung dengan (pers 20),

$$As_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4fy} b \cdot d \quad (\text{pers 20})$$

Dan di hitung dengan (pers 21), tulangan tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{fy} b \cdot d \quad (\text{pers 21})$$

Sehingga digunakan $As = 1047 \text{ mm}^2$, keperluan jumlah tulangan di hitung dengan (pers 22):

$$n_{ta} = \frac{As, t}{\frac{1}{4} \pi d_b^2} \quad (\text{pers 22})$$

Dibutuhkan jumlah tulangan dengan luas terpasang menjadi, As, t

Dipasang satu lapis sehingga nilai d tetap

Hitung momen rencana, $\phi \cdot Mn$, dari tumpuan di hitung dengan (pers 23).

$$a = \frac{As fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (\text{pers 23})$$

Maka Momen nominal, Mn di hitung dengan (pers 24),

$$Mn, 5 = Asfy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{pers 24})$$

Sehingga kuat momen rencana harus sesuai dengan pernyataan di bawah ini,

$$\phi Mn, 5 \geq Mu^{(-)} \rightarrow OK$$

SNI mensyaratkan bahwa kapasitas Momen positif dari tumpuan tidak boleh kurang dari $\frac{1}{2} \phi Mn, 1^{(-)}$ Cek rasio tulangan terpasang terhadap batas tulangan maksimum yang dapat dipasang di hitung dengan (pers 25 dan 26).

$$\rho_{\text{terpasang}} = \frac{As,t}{b.d} \quad (\text{pers 25})$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{pers 26})$$

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.

2. 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 di hitung dengan (pers 27).

$$\frac{1}{4} \phi \cdot Mn_{\text{maks}} \quad (\text{pers 27})$$

Sehingga tulangan yang terpasang sisi atas tengah bentang harus memenuhi ketentuan diatas. Dicoba dipasang diameter tulangan dengan luas terpasang menjadi, As,t dipasang satu lapis sehingga nilai d tetap di hitung dengan (pers 28 dan 29).

Hitung momen rencana, ϕMn .

$$a = \frac{Asfy}{0,85 f'cb} \quad (\text{pers 28})$$

Maka momen nominal, M_n .

$$M_n, 6 = Asfy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{pers 29})$$

Sehingga kuat momen rencana, ϕM_n

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

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan (pers 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, dan 38). 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

$$a_{pr, 1} = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \quad (\text{Pers 30})$$

$$M_{pr, 1} = As1,25fy \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (\text{Pers 31})$$

b. Hitung Mpr kondisi 2

$$a_{pr, 2} = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \quad (\text{Pers 32})$$

$$M_{pr, 2} = As1,25fy \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (\text{Pers 33})$$

c. Hitung Mpr kondisi 3

$$a_{pr, 3} = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \quad (\text{Pers 34})$$

$$M_{pr, 3} = As1,25fy \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (\text{Pers 35})$$

d. Hitung Mpr kondisi 4

$$a_{pr, 4} = \frac{As 1,25fy}{0,85f'c} \quad (\text{Pers 36})$$

$$M_{pr,4} = A_s 1,25 f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (\text{Pers 37})$$

Tulangan tumpuan pada balok dipasang sama pada kedua sisinya, sehingga nilai gaya, V_e , k_i dan V_e , k_a dapat dihitung dengan (Pers 38 dan Pers 39):

$$V_{e,k_i} = \frac{M_{pr,1} + M_{pr,3}}{l_n} - V_{u,g} \quad (\text{Pers 38})$$

$$V_{e,k_a} = \frac{M_{pr,1} + M_{pr,3}}{l_n} - V_{u,g} \quad (\text{Pers 39})$$

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 , maka beton dianggap tidak berkontribusi memikul geser (Pers 40).

$$V_{sway} = \frac{M_{pr,1} + M_{pr,3}}{l_n} < \frac{1}{2} V_{u,maks} \quad (\text{Pers 40})$$

Maka V_c (kontribusi beton) dalam memikul geser diperhitungkan. Hitung kebutuhan tulangan geser untuk tumpuan (Pers 41,42 dan 43).

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d \quad (\text{Pers 41})$$

$$V_{s,perlu} = \frac{V_{u,maks} - V_c}{\phi} \quad (\text{Pers 42})$$

$$V_{s,maks} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b d \quad (\text{Pers 43})$$

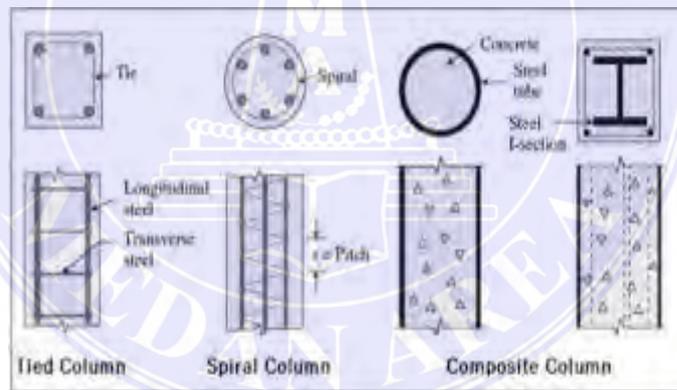
$$V_s < V_{s,maks} \rightarrow \text{OK}$$

Dipasang Senggang 2 kaki $ds = 10 \text{ mm}$ dengan jarak s

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

2.3.2 Struktur Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya adalah menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. Apabila terjadi kegagalan pada kolom maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur yang lain yang berhubungan dengannya atau bahkan terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan (Ayyubi, 2022). Jenis kolom berdasarkan bentuk dan macam penulangannya dapat dibagi menjadi tiga katagori yang diperlihatkan pada Gambar 3.

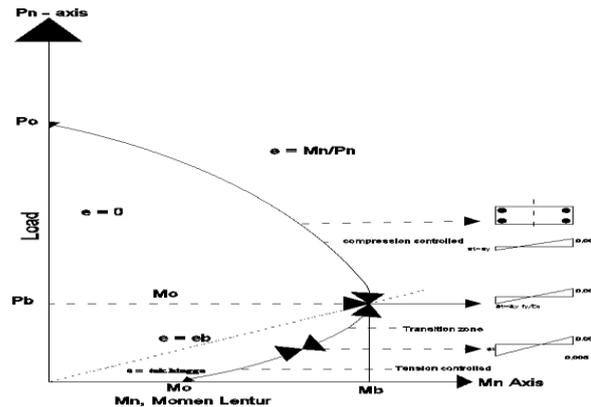


Gambar 3. Macam kolom dan penulangannya (Lesmana, 2019)

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

Secara alami, ada perbedaan yang signifikan antara perilaku kolom dengan sengkang spiral (kolom bulat) dan sengkang persegi (kolom persegi). Bagian kolom bundar saat mendapatkan tekanan aksial akan mengalami leleh (*yielding*) di bawah kondisi beban tertentu. Penutup beton kolom bundar akan terkelupas jika beban diterapkan terus menerus, dan elemen kolom akan menghentikan deformasi lateral. Ini karena sengkang spiral yang berpilin sebenarnya mengikat bagian tengah yang besar di tengah dan menjaga bagian kolom tersebut agar tidak hancur. Kekuatan inti beton di tengah tulangan sengkang bisa lebih besar dari kondisi kolom yang masih utuh (sebelum penutup beton terkelupas) jika desain tulangan sengkang benar. Situasi semacam ini dikenal sebagai kekuatan maksimal (*ultimate strenght*) pada kolom bulat.

Ini berbeda dengan perilaku kolom persegi, yang tidak memiliki kapasitas deformasi yang sama dengan kolom bulat. Hubungan *force – deformation* dari sebuah kolom persegi hanya memiliki satu puncak, Ketika kondisi ini terjadi, penutup pada bagian tersebut akan terlepas dan tumpuan longitudinal antara sengkang akan mulai gerak menekuk. Menurut fenomena ini, tidak ada fenomena leleh (*yield*) dalam kolom persegi. Puncak utama (*one peak*) yang terjadi adalah kekuatan terbesar (*ultimate strenght*) dari penampang kolom persegi yang di tunjukan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram interaksi P – M elemen kolom (Lesmana, 2019)

Interaksi antara kedua parameter ini (P dan M). Kolaborasi antara Interaksi dari aksial tekan (P) dan moment (M) diketahui dalam sebuah belokan yang dikenal sebagai diagram koneksi P-M, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Mengingat proporsi P dan M, garis koneksi dipisahkan menjadi dua keadaan, yaitu: *compression* dan *tension*. Dalam kondisi tekanan, hampir seluruh/sepotong luas penampang segmen sampai pada jenis tekan paling ekstrem (maksimum) $\epsilon_c = 0,003$, sebelum tulangan baja terjadi leleh (ϵ_y) dan secara bersamaan, material kolom sampai pada regangan tekannya ($\epsilon_c = 0,003$). Kondisi regangan seimbang terletak di antara P dan M dan disebut sebagai kondisi seimbang (*Balanced Strain Condition*).

Rasio lapisan ekstrem tulangan tarikan terhadap kondisi tegangan terkendali (*tension controlled*) adalah $t = 0,005$ dan faktor pengurangan kekuatan/reduksi adalah 0,9. Pada kondisi *tension controlled*, elemen dalam struktur hanya menerima beban berupa momen lentur tanpa adanya gaya aksial tekan. Meskipun gaya aksial tekan ada, nilainya relatif kecil sehingga dapat diabaikan. Sementara itu, pada *transition zone*, regangan yang berlaku berada

dalam rentang $f_y/E_s < \epsilon_t < 0,005$, dan faktor reduksi memiliki perbedaan linier antara (0,75 - 0,9) pada kolom bulat dan antara (0,65 - 0,9) pada kolom persegi.

Kolom dievaluasi berdasarkan prinsip - prinsip dasar sebagai berikut:

- a. Tidak ada gelincir antara beton dengan tulangan baja (ini berarti regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang mengelilinginya),
- b. regangan beton maksimum yang diizinkan pada keadaan gagal (untuk perhitungan kekuatan) adalah 0,003.
- c. kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam perhitungan.

Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik penampang kolom.

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 *Software Etabs*, sehingga dipasang tulangan, dimana dihitung dengan (Pers.50)

$$\rho = A_s, t A_g \times 100 \% \quad (\text{Pers.50})$$

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 dimana dihitung dengan (Pers.51,52, 53 dan 54):

$$\sum M_b = 1,2(M_b, \text{kiri} + M_b, \text{kanan}) \quad (\text{Pers.51})$$

Check ketentuan SCWB pada kolom K1 ini

$$\sum M_c = (M_c, b + M_c, a) > \sum M_b \quad (\text{Pers.52})$$

Kebutuhan tulangan confinement untuk kolom dihitung berdasarkan:

$$A_{sh1} = 0,3 S_{bc}.f'c f_y (A_g A_{ch}) - 1) \quad (\text{Pers.53})$$

$$A_{sh2} = 0,09 S_{bc}.f'c f_y \quad (\text{Pers.54})$$

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

- a. 16 kali diameter tulangan pokok memanjang
- b. 48 kali diameter tulangan sengkang
- c. Dimensi terkecil kolom.

2.3.3 Struktur Pelat

Pelat lantai adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu arah atau bekerja dalam dua arah. Pelat lantai menerima beban yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan pelat. Berdasarkan kemampuannya untuk menyalurkan gaya akibat beban, pelat lantai dibedakan menjadi pelat satu arah dan dua arah. Pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisi yang berlawanan, sedangkan pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu keempat sisinya sehingga terdapat aksi dari pelat dua arah (Laveda, 2018).

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

Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat bisa saja dimodelkan dengan elemen 3 dimensi yang mempunyai tebal h , panjang b , dan lebar a . Adapun fungsi dari pelat lantai adalah untuk menerima beban yang akan disalurkan ke struktur lainnya. Ada pelat lantai merupakan beton bertulang yang diberi tulangan baja dengan posisi melintang dan memanjang yang diikat menggunakan kawat bendrat, serta tidak menempel pada permukaan pelat baik bagian bawah maupun atas. Adapun ukuran diameter, jarak antar tulangan, posisi tulangan tambahan bergantung pada bentuk.

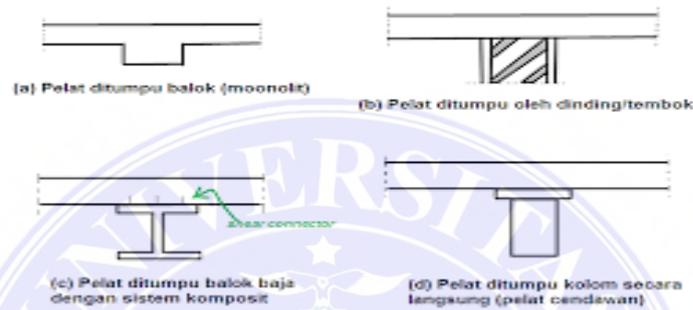
Pelat beton bertulang adalah sebuah struktur bangunan yang terbentuk dari tulangan baja yang dipasang menyilang dan diikat dengan kawat bendrat serta diisi oleh beton pada sebuah bidang mendatar. Pelat beton bertulang berfungsi untuk menahan beban tegak lurus bidang pelat tersebut. Ketebalan pelat lantai biasanya lebih tipis bila dibandingkan dengan struktur lain. Pada umumnya pelat ditumpu oleh balok dan ditransfer ke kolom. Pelat didesain sebagai lantai sekaligus pengaku portal balok kolom pada gedung bertingkat. Sama halnya dengan struktur balok, gaya dalam ataupun gaya dalam yang bekerja pada pelat dapat menimbulkan lendutan. pelat, kemampuan yang diinginkan untuk pelat menerima lendutan yang diizinkan.

Ada berbagai jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya, peletakannya dan sistem penulangannya. Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya adalah:

- a. Monolit, yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
- b. Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.

- c. Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
- d. Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.

Jenis pelat berdasarkan Tumpuan dapat dibagi menjadi empat katagori yang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Jenis pelat berdasarkan tumpuan (Lesmana, 2019)

Berdasarkan perbandingan antara panjang dan lebar, pelat dapat di klasifikasikan menjadi dua macam, yaitu pelat satu arah jika perbandingannya lebih besar atau sama dengan 2 dan pelat dua arah jika perbandingan lebih kecil dari pada 2. Pelat satu arah lazim dirancang sebagai balok dengan lebar tertentu dan diberi tulangan susut dan suhu pada arah tegak lurus tulangan lentur. Untuk pelat dua arah dapat digunakan beberapa metode yaitu pendekatan semi elastis, metode garis leleh, metode jalur, atau dengan sembarang prosedur yang memenuhi syarat keseimbangan dan kompatibility geometris yang dapat dipertanggung jawabkan.

a. Penulangan Pelat Satu Arah

Pelat Satu Arah adalah pelat beton yang didukung hanya pada dua sisi tumpuan yang berlawanan, sehingga akan terjadinya defleksi atau lendutan pada pelat dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Karena pelat satu arah hanya

ditumpu pada dua sisi yang berlawanan, maka beban yang bekerja pada pelat akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah yang menuju ke arah dua sisi tumpuan. Jika pelat bertumpu pada empat sisi tumpuan, tetapi dengan rasio panjang terhadap lebar nilainya sama dengan 2 atau lebih besar ($L/W \geq 2$), maka reaksi beban akan lebih banyak didistribusi ke arah bentang yang lebih pendek, maka pelat tersebut bisa diklasifikasikan sebagai pelat satu arah.

b. Penulangan Pelat Dua Arah

Berbeda dengan pelat satu arah yang hanya bertumpu pada dua sisinya, pada pelat dua arah ditopang pada semua sisi tumpuan, dengan rasio panjang terhadap lebarnya nilainya kurang dari 2 ($L/W < 2$). Hal ini dikarenakan distribusi beban yang terjadi menuju ke dua arah (arah x dan y). Oleh karena itu, penulangan dibutuhkan ke kedua arah sisi pelat. Adapun sistem pelat dua arah ini ada berbagai macam jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Pelat-balok Dua Arah (*Two Way slab with beams*)

Cocok diterapkan pada panjang bentangan 6 – 9 meter dengan beban hidup sebesar 2,5 – 5,5 kN/m². Beban yang bekerja pada pelat diteruskan ke empat sisi balok penumpu yang kemudian balok tersebut menyalurkan bebannya ke kolom.

2. Pelat Berusuk Dua Arah (*Two Way Ribbed Slab/Waffle Slab*)

Cocok diterapkan pada panjang bentangan 7,5 – 12 meter dan dengan beban hidup sebesar 4 – 7,5 kN/m². Pelat wafel diterapkan pada pelat yang mempunyai bentangan yang lebar dengan beban yang berat. Umumnya, ketebalan pelat ini diantara 5 sampai 10 cm.

Beberapa syarat dan ketentuan yang berlaku dalam perencanaan pelat

beton bertulang Panjang bentang pelat (L) (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2019).

Komponen Struktur pelat dalam keadaan terletak bebas dengan balok.

$$L = L_{\text{netto}} + t_{\text{pelat}} ; L \leq L_{\text{as-as}}$$

a. Komponen struktur pelat dalam keadaan terjepit

$$L_{\text{netto}} \leq 3 \text{ m, maka } L = L_{\text{netto}}$$

$$L_{\text{netto}} \geq 3 \text{ m, maka } L = L_{\text{netto}} + (2 \times 5 \text{ cm})$$

Tebal selimut beton minimum dihitung dengan (Pers.55 dan 56)

Jika tulangan baja $D \leq 36 \text{ mm}$, 20 mm (Pers.55

)

Jika tulangan baja D44 - D56, 40 mm (Pers.56

)

Jarak minimum setiap tulangan baja (s)

$$S \geq D \text{ dan } s \geq 25 \text{ mm}$$

b. Jarak maksimal antar as tulangan baja (s)

1. Tulangan Pokok

$$\text{Pelat 1 arah : } s \leq 3 t_{\text{pelat}} \text{ dan } s \leq 450 \text{ mm}$$

$$\text{Pelat 2 arah : } s \leq 2 t_{\text{pelat}} \text{ dan } s \leq 450 \text{ mm}$$

2. Tulangan Bagi

$$s \leq 5 t_{\text{pelat}} \text{ dan } s \leq 450 \text{ mm (Pasal 9.12.2.2)}$$

c. Luas tulangan minimum pelat

a. Tulangan pokok

$$f_c' \leq 31.36 \text{ MPa, } A_s \geq 1.4 \frac{1.4}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$f_c' > 31.36 \text{ MPa. } A_s \geq \frac{M_{\text{pa}}}{A_s' \cdot 4 \cdot f_c} \cdot b \cdot D$$

b. Tulangan bagi/tulangan susut dihitung dengan (Pers.57,58,59,dan 60)

Untuk $f_y \leq 300$ MPa, maka $A_{sb} \geq 0.002 \times b \times h$ (Pers.57)

Untuk $f_y = 400$ MPa, maka $A_{sb} \geq 0.0018 \times b \times h$ (Pers.58)

Untuk $f_y \geq 400$ MPa, maka $A_{sb} \geq 0.0018 \times b \times h \times (400/f_y)$ (Pers.59)

Tetapi, $A_{sb} \geq 0.0014 \times b \times h$ (Pers. 60)

2.4 Analisis Gempa

Prosedur analisis yang paling sederhana dan yang langsung dapat digunakan untuk menentukan pengaruh dari beban gempa terhadap struktur bangunan adalah prosedur analisis statik. Analisis statik hanya boleh dilakukan untuk struktur-struktur bangunan dengan bentuk yang sederhana dan beraturan atau simetris, yang tidak menunjukkan perbandingan yang mencolok dalam perbandingan antara berat dan kekakuan pada tingkat-tingkatnya. Prosedur analisis statik ini hanyalah suatu cara pendekatan yang menirukan pengaruh dinamik dari beban gempa yang sesungguhnya. Untuk struktur-struktur bangunan gedung lainnya yang tidak begitu mudah untuk diperkirakan perilakunya terhadap pengaruh gempa (struktur dengan bentuk yang tidak beraturan), harus di analisis dengan prosedur analisis dinamik. Struktur-struktur bangunan yang beraturan, dapat juga dianalisis dengan prosedur analisis dinamik jika diinginkan.

1. Pengaruh Beban Gempa Horizontal

Pengaruh beban gempa horizontal dapat bekerja pada masing-masing arah dari sumbu utama bangunan, atau pada kedua arah sumbu utama dari struktur bangunan secara bersamaan. Pengaruh bekerjanya beban gempa secara bersamaan pada kedua arah sumbu utama, dapat sangat membahayakan kekuatan struktur. Kombinasi pembebanan yang perlu

ditinjau untuk merencanakan kekuatan dari kolom-kolom struktur adalah :

Beban gravitasi + 100% beban gempa arah X + 30% beban gempa arah Y

Beban gravitasi + 30% beban gempa arah X + 100% beban gempa arah Y

Kombinasi pembebanan yang menghasilkan keadaan yang paling berbahaya bagi kolom-kolom struktur dan elemen-elemen vertikal struktur penahan gempa seperti dinding geser (shear wall), dinding inti (core wall), yang digunakan untuk perencanaan.

2. Pengaruh Beban Gempa Vertikal

Selain percepatan gerakan tanah pada arah horizontal, pada saat terjadi gempa terdapat juga percepatan gerakan tanah berarah vertikal. Gerakan tanah kearah vertikal ini dapat mengakibatkan pengaruh beban gempa berarah vertikal yang bekerja pada struktur bangunan. Meskipun dari beberapa pengalaman gempa menunjukkan mekanisme ini, tapi sampai saat ini respon dari struktur bangunan terhadap gerakan tersebut belum banyak diketahui.

3. Pengaruh Beban Gravitasi Vertikal.

Beban gravitasi vertikal pada struktur bangunan dapat terdiri dari kombinasi antara beban mati dan beban hidup. Beban-beban hidup yang bekerja pada struktur bangunan pada umumnya dapat direduksi pada saat dilakukan analisis beban gempa pada struktur tersebut, tujuan mereduksi beban hidup ini adalah untuk mendapatkan desain struktur yang cukup ekonomis.

2.4.1 Dasar-Dasar Analisis Gempa

Pada peraturan-peraturan SNI yang membahas tata cara perencanaan

bangunan gedung, terdapat beberapa sistem yang dapat digunakan untuk merencanakan sebuah bangunan tahan gempa, diantaranya adalah:

a. Sistem Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan SNI 1726-2019, sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur rangka yang elemen-elemen struktur dan sambungannya menahan beban-beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

b. Sistem Rangka Bresing

Rangka bresing merupakan suatu rangka batang vertikal, atau yang setara dengan jenis konsentris, atau eksentris, yang disediakan pada sistem rangka bangunan atau sistem ganda untuk menahan gaya lateral gempa (SNI 1726 2019). Sistem rangka bresing dikategorikan menjadi rangka bresing konsentrik dan rangka bresing eksentrik. Struktur rangka bresing konsentrik (SRBK) merupakan rangka bresing yang fungsi utama dari elemen-elemen strukturnya adalah untuk menahan gaya-gaya lateral (SNI 1726-2019). SRBK dapat dikategorikan menjadi struktur rangka bresing konsentrik biasa (SRBKB) dan struktur rangka bresing konsentrik khusus (SRBKK). Struktur rangka bresing eksentrik (SRBE) merupakan suatu sistem rangka yang diberi bresing diagonal elemen diagonalnya tidak bertemu dan salah satu ujung dari setiap elemen bresingnya merangka pada balok sejarak tertentu dari lokasi sambungan balok.

2.4.2 Metode Statik Ekuivalen dalam Analisis Struktur

Analisis beban statik ekuivalen merupakan analisis struktur yang mengasumsikan bahwa beban statik horizontal diperoleh dari pengaruh respon ragam getar gempa pertama. Analisis perancangan struktur bangunan terhadap pengaruh beban gempa secara statik, pada prinsipnya adalah menggantikan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada struktur bangunan akibat pengaruh pergerakan tanah yang diakibatkan gempa, dengan gaya-gaya statik yang ekuivalen. Pada struktur gedung beraturan akan berperilaku sebagai struktur 2D, respons dinamik ragam fundamentalnya adalah sangat dominan, sehingga respons dinamik ragam-ragam lainnya dianggap dapat diabaikan.

Periode atau waktu getar struktur yang besarnya dipengaruhi oleh massa dan kekakuan struktur, merupakan faktor penting yang mempengaruhi respon struktur terhadap getaran gempa. Struktur yang kaku dengan periode getar yang pendek, misalnya struktur portal dengan dinding geser, akan menerima beban gempa yang lebih besar dibandingkan struktur yang fleksibel dengan periode getar yang panjang, misalnya struktur portal biasa. Penggunaan dinding geser pada sistem struktur sering tidak dapat dihindari, khususnya pada bangunan-bangunan tinggi atau pada bangunan-bangunan yang didirikan di wilayah atau zona gempa yang berat. Fungsi dari dinding geser disini adalah untuk membatasi besarnya simpangan horizontal yang terjadi pada struktur. Untuk keperluan analisis pendahuluan, waktu getar alami (T) dari struktur bangunan gedung (dalam detik) dapat ditentukan dengan rumus empiris sebagai berikut :

a) Analisis Statik Ekuivalen

Analisis statik ekuivalen merupakan metode analisis struktur dengan getaran gempa yang dimodelkan sebagai beban-beban horizontal statik yang bekerja pada pusat-pusat massa bangunan. Bangunan yang mempunyai banyak massa, maka akan terdapat banyak gaya horizontal yang masing-masing bekerja pada massa-massa tersebut. Sesuai dengan prinsip keseimbangan maka dapat dianalogikan seperti adanya gaya horizontal yang bekerja pada dasar bangunan yang kemudian disebut gaya geser dasar, V . Gaya geser dasar ini secara keseluruhan membentuk keseimbangan dengan gaya horizontal yang bekerja pada tiap-tiap massa bangunan (Pawirodikromo, 2001). Pada tahun 1933 di Amerika, accelerograph pertama dibuat dan mampu merekam percepatan tanah pada gempa Helena Montana 1935, gempa Ferndale California 1938 dan merekam dengan baik gempa El Centro 1940. Walaupun saat itu rekaman percepatan tanah akibat gempa sudah tersedia, namun representasinya menjadi gaya horizontal yang bekerja pada pusat-pusat massa masih terus dikembangkan. Hal itu dilakukan karena untuk keperluan di lapangan pemakaian analisis dinamik dirasa kurang praktis karena di samping memerlukan banyak hitungan juga pada saat itu alat penghitung cepat dan otomatis (komputer) juga belum tersedia. Dengan demikian, keberadaan gaya horizontal yang bekerja pada pusat-pusat massa bangunan sebagai manifestasi dari dampak guncangan tanah akibat gempa terus mendapat tempat bagi para praktisi. Gaya horizontal yang bekerja pada pusat-pusat massa bangunan tersebut sifatnya hanya statik, artinya besar dan tempatnya tetap, sementara beban dinamik intensitasnya berubah-ubah menurut waktu (dinamik). Gaya-gaya horizontal tersebut sifatnya hanya ekuivalen sebagai

pengganti/representasi dari efek beban dinamik yang sesungguhnya terjadi saat gempa bumi. Oleh karena itu gaya horizontal tersebut secara umum disebut sebagai gaya/beban horizontal ekuivalen statik.

b) Analisis Dinamik

Analisis dinamik adalah analisis struktur yang pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi 2, yaitu analisis ragam respons spektrum dan analisis riwayat waktu. Analisis ragam respon spektrum yang total respon didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar. Analisis riwayat waktu percepatan gempa adalah analisis dinamis yang pada model struktur diterapkan percepatan gempa dari input berupa akselerogram dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu. Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik digunakan untuk menentukan pembagian gaya geser tingkat akibat gerakan tanah oleh gempa dan dapat dilakukan dengan cara analisis ragam spektrum respon. Pembagian gaya geser tingkat tersebut adalah untuk menggantikan pembagian beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung pada analisis beban statik ekuivalen. Analisis ragam spektrum respon sebagai spektrum percepatan respon gempa rencana harus dipakai diagram koefisien gempa dasar untuk wilayah masing-masing gempa.

c) Analisis riwayat waktu

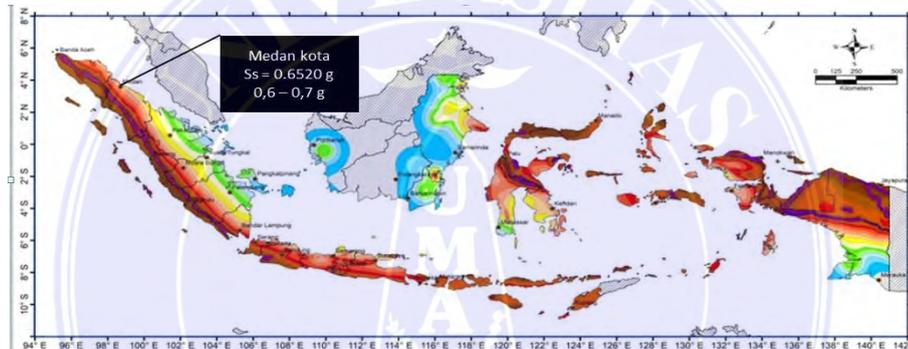
Getaran gempa memiliki intensitas tertentu menyebabkan kerusakan dan keruntuhan struktur. Gaya gempa yang berubah-ubah intensitasnya menurut waktu, pengaruhnya terhadap struktur juga dapat berubah-ubah menurut waktu (Hasdanita, 2014). Analisis riwayat waktu merupakan analisis mengenai respon dinamik suatu struktur bangunan dimana beban berupa percepatan getaran tanah dikerjakan secara bertahap dan besarnya berubah-ubah menurut waktu. Wibowo berpendapat time history analysis merupakan analisis dinamik dimana pada model struktur dimasukkan suatu rekaman gempa. Metode Newmark Metode Newmark merupakan metode integrasi numerik yang digunakan dalam memecahkan persamaan diferensial tertentu, metode ini banyak digunakan dalam evaluasi numerik dari respons dinamis struktur. Metode ini memiliki dua parameter utama. Parameter tersebut adalah β dan γ , yang menetapkan variasi dari percepatan terhadap selang waktu serta menentukan akurasi dan karakteristik kestabilan metode tersebut (Chopra, 1995). Prinsip percepatan linier digunakan apabila dipakai nilai $\gamma = \frac{1}{2}$ dan $\beta = \frac{1}{4}$. Seperti metode numerik lain, kedua prinsip ini juga mempunyai tingkat kestabilan dan akurasi masing-masing yang berbeda.

d) Analisis Statik Non-Linier Pushover

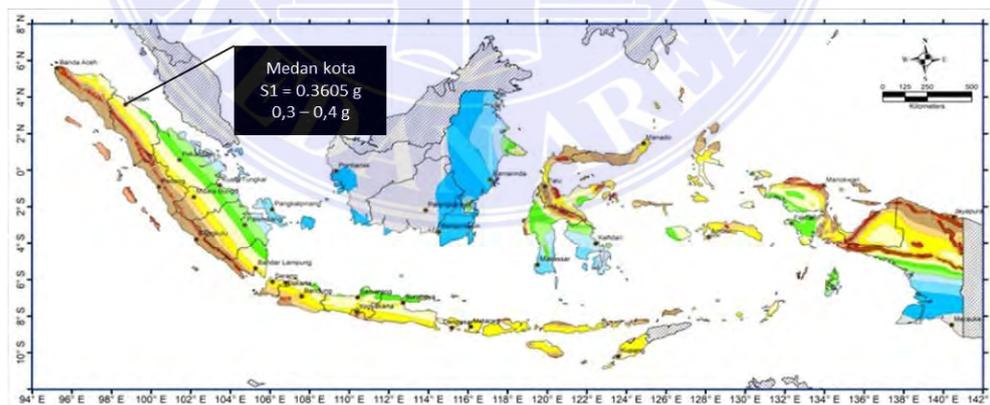
Analisis statik non-linier pushover (ATC-40, 1997) merupakan salah satu komponen performance base design yang bertujuan untuk mencari kapasitas suatu struktur. Pada dasarnya, analisis dilakukan dengan memberikan peningkatan beban statik tertentu dalam arah lateral yang nilainya ditingkatkan bertahap secara proporsional pada struktur, sehingga mencapai target displacement atau mencapai mekanisme diambang keruntuhan. Dari hasil

analisis tersebut dapat diketahui nilai-nilai gaya geser dasar untuk perpindahan lantai atap tertentu.

Waktu getar alami fundamental dari struktur bangunan gedung ditentukan dengan rumus- rumus empirik atau didapat dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai waktu getar struktur yang dihitung dengan Rumus Rayleigh. Berdasarkan Gambar 6 dan 7 yaitu SNI 03-1726-2012, wilayah Kota Medan termasuk ke dalam wilayah 3 dengan nilai percepatan gempa dasar yaitu 0.15 g.



Gambar 6. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim Desain Spektra, 2021)



Gambar 7. S₁ Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim Desain Spektra, 2021)

Dengan memasukkan kelas situs SB (batuan) untuk hasil faktor keutamaan = 1.0 dan kategori risiko II (SNI-1726-2019, pada halaman 24), maka dengan bantuan sistem penginputan data pada spektra Indonesia didapatkan Faktor

amplifikasi yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien situs, F_a (SNI 1726-2019)

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s = 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan :

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs-spesifik dan untuk parameter respon spektral gempa maksimum terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien situs, F_v (SNI 1726-2019)

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s = 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

a. F_a (Faktor amplifikasi untuk periode pendek) : 0,9

b. F_v (Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik) : 0,8

Parameter Spektra desain didapatkan dengan Pers. 61, 62, 63, dan 64:

$$M_{Ms} = F_a \times S_s \quad (\text{Pers. 61})$$

$$M_{M1} = F_v \times S_s \quad (\text{Pers. 62})$$

$$S_{ds} = 2/3 \times M \quad (\text{Pers. 63})$$

$$S_{d1} = 2/3 \times M m 1 \quad (\text{Pers. 64})$$

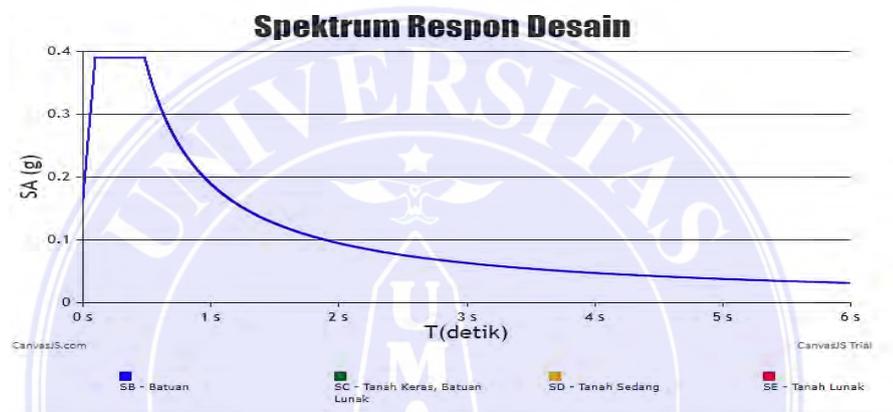
$$M_{Ms} = 0,52$$

$$M_{M1} = 0,331$$

S_{ds} (Periode Pendek) 0,39 g

S_{d1} (Periode 1 Detik) ; 0,19 g

maka kurva spektrum respon desain harus dibuat mengacu pada di tunjukan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Spektrum Respon Desain (Puskim Desain Spektra, 2021)

Berdasarkan desain parameter spektra diatas, tentu dapat dikategorikan Desain Seismik C. Jika spektrum respon desain dibutuhkan sesuai dengan metode ini dan tidak menggunakan prosedur gerakan tanah khusus untuk situs tertentu, dan mengikuti ketentuan yang tercantum di bawah ini Pada Tabel 4 menunjukkan periode pendek sedangkan periode 1 detik di tampilkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726-2019)

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik(SNI 1726-2019)

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Bagi periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon desain S_a perlu diambil dari persamaan yang relevan di hitung dengan (pers. 65).

$$S_a = SDS(0,4 + 0,6 T/T_0) \quad (\text{Pers. 65})$$

- Jika periode sama atau lebih besar dari T_0 , tetapi lebih kecil atau sama dengan T_{S1} , spektrum respon percepatan desain, S_{a1} , setara dengan S_{D1} .
- Apabila periode lebih besar dari T_S namun tetap lebih kecil atau sama dengan T_L , spektrum respon percepatan desain S_a akan menjadi pertimbangan. diambil berdasarkan Pers 66 :

$$S_a = S_{D1}/T \quad (\text{Pers. 66})$$

- Untuk periode lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan pers 67 :

$$S_a = S_{D1} \cdot T_L/T^2 \quad (\text{Pers. 67})$$

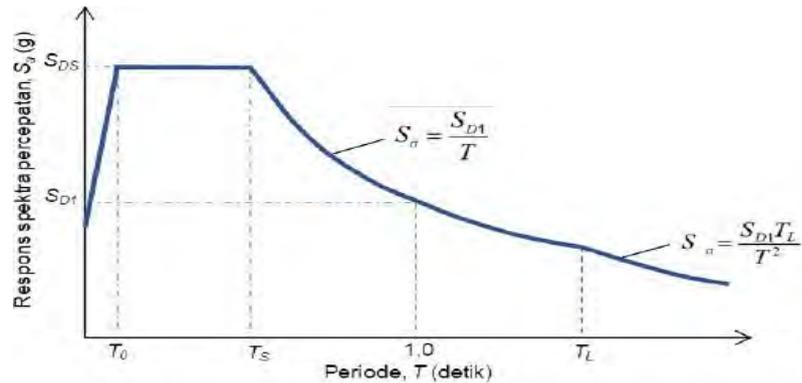
Keterangan:

S_{DS} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

T_L = Gambar 9 menampilkan peta transisi untuk periode panjang.



Gambar 9. Spektrum respon desain berdasarkan (SNI 1726-2019)

2.5 Pembebanan

2.5.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap sepanjang masa selama bangunan masih tetap ada, bekerja secara terus-menerus pada struktur. Bebanstatis pada umumnya dapat dibagi menjadi beban mati, beban hidup dan beban khusus. Beban khusus adalah beban yang terjadi akibat penurunan fondasi atau efek temperatur. Beban statis juga diasosiasikan dengan beban-beban yang secara perlahan-lahan timbul serta mempunyai variabel besaran yang bersifat tetap (*Steady States*). Dengan demikian, jika suatu beban mempunyai perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sedemikian rupa sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut dapat dikelompokkan sebagai beban statis (*static load*). Deformasi dari struktur akibat beban statik akan mencapai puncaknya jika beban ini mencapai nilainya yang maksimum.

2.5.2 Beban Mati

Beban mati (*Dead load*) adalah berat sendiri dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan. Beban mati terdiri atas berat V trangka, dinding,

lantai, atap, plumbing . Beban gravitasi dalam evaluasi bangunan ini meliputi beban mati berat sendiri (*Dead Load/DL*), beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load/SDL*).Beban akibat berat sendiri struktur (Dead Load) adalah berat seluruh komponen elemen struktural bangunan yang terdiri atas pelat lantai, balok, kolom, dinding geser. Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh *Software* dengan menggunakan berat jenis material beton 2400 kg/m^3 dan berat jenis tulangan 7850 kg/m^3 . Berat sendiri struktur terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Berat Sendiri Struktur (DL) (SNI 1727-2018)

No.	Nama	Berat
1.	Berat sendiri beton bertulang	2400 kg/m^3
2.	Adukan finishing lantai per 1 cm	21 kg/m^2
3.	Tegel	24 kg/m^2
4.	Dinding setengah bata	250 kg/m^2
5.	Dinding bata ringan	100 kg/m^2
6.	Plafon	11 kg/m^2
7.	Penggantung Plafon	7 kg/m^2
8.	Sanitasi	20 kg/m^2
9.	Plumping	20 kg/m^2
10.	Instalasi mekanikal elektrik	25 kg/m^2

Beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load/SDL*) adalah berat komponen non-struktural (arsitektural dan MEP) yang terdapat pada struktur bangunan. Beban Mati Tambahan (*Superimposed Dead Load/SDL*) terdapat pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Beban Mati Tambahan (SDL) (SNI 1727-2018)

No.	Nama	Berat
1.	Berat adukan finishing lantai 2 cm	42 kg/m^2
2.	Berat tegel/keramik	24 kg/m^2
3.	Plafon	11 kg/m^2
4.	Penggantung Plafon	7 kg/m^2
5.	Sanitasi	20 kg/m^2
6.	Plumping	20 kg/m^2
7.	Instalasi mekanikal elektrik	25 kg/m^2

2.5.3 Beban Hidup

Beban hidup (*Live load*) adalah beban yang terjadi akibat fungsi pemakaian gedung seperti benda-benda pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak dapat diganti (Hilmi, 2014). Beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup.

Untuk Reduksi beban dapat dilakukan dengan mengalikan beban hidup dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan bangunan. Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perencanaan portal, ditentukan sebagai berikut: 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 : 2018, besarnya beban hidup yang digunakan dalam desain terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Beban Hidup (*Live Load*) (SNI 1727-2018)

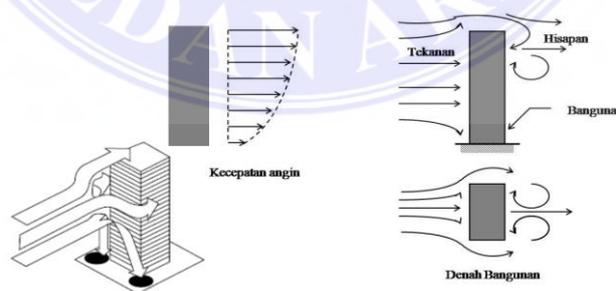
No.	Nama	Berat
1.	Atap dak	0.96 kN/m ²
2.	Atap dak dengan taman	4.79 kN/m ²
3.	Ruang pasien	1.92 kN/m ²
4.	Ruang kantor	2.4 kN/m ²
5.	Ruang hall dan meeting	4.79 kN/m ²
6.	Ruang lab. Dan operasi	4.79 kN/m ²
7.	Ruang poli	1.92 kN/m ²
8.	Pelat basement/parkiran	13.39 kN/m ²

2.5.4 Beban Angin

Beban angin (*wind load*) adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau

bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (Hilmi, 2014). Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (angin tekan) dan tekanan negatif (angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Dampak yang ditimbulkannya tergantung terutama pada ukuran penampang, sudut terpaan dan bentuk struktur. Perhitungan beban angin diperlukan untuk merancang desain dan konstruksi bangunan yang aman menghadapi angin, terutama pada bangunan berlantai banyak.

Selain yang telah disebut di awal, besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan juga tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau bahkan berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau isapan pada bangunan. Semakin tinggi bangunan, tekanan akan semakin besar karena kecepatan angin yang semakin tinggi seperti yang di tunjukkan Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Kecepatan angin terhadap bangunan (SNI 1726 -2019)

Untuk memperhitungkan pengaruh dari angin pada struktur bangunan, pedoman yang berlaku di Indonesia mensyaratkan beberapa hal berikut :

- a) Tekanan tiup angin harus diambil minimum 25 kg/m^2 .

- b) Tekanan tiup angin di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, harus diambil minimum 40 kg/m².

Untuk tempat-tempat dimana terdapat kecepatan angin yang mungkin mengakibatkan tekanan tiup yang lebih besar. Tekanan tiup angin (p) dapat ditentukan berdasarkan rumus empiris pers 68 :

$$p = V^2/16 \text{ (kg/m}^2 \text{)} \quad \text{(pers 68)}$$

di mana V adalah kecepatan angin dalam meter per detik.

2.5.5 Beban Gempa

Beban gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (*fault zone*). Gempa yang terjadi di daerah patahan ini pada umumnya merupakan gempa dangkal karena patahan umumnya terjadi pada lapisan bumi dengan kedalaman antara 15 sampai 50 km. Gerak tanah gempa rencana harus digunakan untuk menghitung perpindahan rencana total sistem isolasi dan gaya lateral serta perpindahan pada struktur dengan isolasi. Gempa maksimum yang dipertimbangkan harus digunakan untuk menghitung perpindahan maksimum total dari sistem.

Pada saat bangunan bergetar akibat adanya gempa, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan, gaya yang timbul ini disebut Inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung pada banyak faktor. Massa bangunan merupakan faktor lain adalah bagaimana massa tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis fondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan dan

tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri (Nanda 2020) yang di hitung dengan Pers 60 dan 70.

$$\text{Gaya Inersia (FI)} = \frac{V}{g} \times a \quad (\text{Pers 69})$$

$$\text{Gaya geser penahan Inersia} = (a \times g) \times V \quad (\text{Pers 70})$$

Keterangan:

V = gaya geser penahan Inersia = percepatan gempa

g = gravitasi

Gaya geser horizontal akibat gempa sepanjang tinggi gedung pada perencanaan. Dengan mempertimbangkan tinggi gedung kurang dari 40 m, maka perhitungan struktur menggunakan metode analisis statis. Meskipun konsep di atas pada awalnya telah membentuk dasar-dasar untuk desain terhadap gempa bumi, model di atas hanya merupakan penyederhanaan. Apabila fleksibilitas aktual yang dimiliki struktur diperhitungkan maka diperlukan model yang rumit untuk memprediksikan gaya-gaya eksak yang timbul di dalam struktur sebagai akibat dari percepatan. Suatu aspek penting yang utama dalam meninjau perilaku struktur fleksibel yang mengalami percepatan tanah adalah periode alami getar. Berdasarkan pada peta (Lintang= 3.5933417624869914 Bujur = 98.67690861225128) Parameter Gerak Tanah pada Gambar 11 di bawah ini diperoleh data respon spektrum gempa pada wilayah tersebut, sesuai dengan SNI 1726 – 2019.

$$S_s = 0.6520 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.3605 \text{ g.}$$

dipikulnya. Dengan melakukan peninjauan ulang kita bisa mengetahui bagian gedung mana saja yang akan kita perbaiki dan kita renovasi tanpa harus merobohkan semua gedung. Dengan arti kata kita bisa meminimalisir biaya yang kita gunakan untuk perbaikan struktur gedung ini.

2.6.2 Proses Evaluasi Struktur

Tahap ini merupakan rancangan rencana pada tahap- tahap penelitian awal dari pengumpulan data sampai data diperoleh dan diolah untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan akhir. Adapun tahapan analisis yang akan dilakukan penulis dalam penelitian ini adalah:

- a. Melakukan review jurnal, maupun buku panduan yang terkait dengan analisa struktur bangunan.
- b. Menentukan dan membuat daftar data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian.
- c. Melakukan tahapan perhitungan pembebanan struktur, yaitu:
 1. Beban Hidup
 2. Beban Mati
 3. Beban Gempa
- d. Mempersiapkan perangkat untuk tahapan analisis, dalam hal ini instalasi program *Software* ETABS terbaru versi 20.
- e. Melakukan tahap pemodelan struktur gedung menggunakan program ETABS v.20
- f. Melakukan perhitungan struktur dengan bantuan Excel
- g. Analisis struktur dengan analisis Metode SNI 2847 : 2019

- h. Menyimpulkan Hasil analisis
- i. Membuat kesimpulan dari penelitian

2.7. Kombinasi Beban

Pembangunan gedung ini direncanakan, dihitung, dan ditinjau sesuai Pasal 7.4 dan 4.2.2 SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa dalam Struktur Bangunan Gedung maupun Non Gedung dan Pasal 9.2.1 SNI 2847-2019 mengenai Persyaratan Beton Struktural Bangunan Gedung.

1. Kombinasi 1 : 1,4 DL
2. Kombinasi 2 : 1,2 DL + 1,6 LL
3. Kombinasi 3 : 0,9 DL + 1,0 RSPx
4. Kombinasi 4 : 0,9 DL - 1,0 RSPx
5. Kombinasi 5 : 0,9 DL + 1,0 RSPy
6. Kombinasi 6 : 0,9 DL - 1,0 RSPy
7. Kombinasi 7 : 1,2 DL + 1,0 LL + RSPx
8. Kombinasi 8 : 1,2 DL + 1,0 LL - RSPx
9. Kombinasi 9 : 1,2 DL + 1,0 LL + RSPy
10. Kombinasi 10 : 1,2 DL + 1,0 LL - RSPy

Dimana:

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

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Gedung Rumah susun Sukaramai Medan. Untuk mengevaluasi struktur gedung, Penulis berpedoman pada peraturan SNI 2847- 2019. Selain itu juga menggunakan perangkat lunak komputer (*Software*) yang membantu dalam proses perhitungan yaitu *Etabs* Versi 20.

3.1.1 Lokasi Penelitian

Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Sukaramai Medan berlokasi di Jl. Nikel, Sukaramai II, Kec. Medan Area, Sumatera Utara. Lokasi penelitian diambil dari *Google earth* yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Lokasi Penelitian (*Google earth, 2024*)

3.2. Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan:

1. Metode Observasi

Metode observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan untuk mengamati dan meninjau secara cermat dan langsung di lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi yang terjadi kemudian digunakan untuk membuktikan kebenaran dari desain penelitian yang sedang dilakukan. Data yang berhubungan dengan data teknis proyek dan kolom diperoleh langsung dari lokasi proyek Pembangunan Rumah susun tower C Sukaramai Medan.

2. Pengambilan Data

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

- a. Gambar Lengkap (denah, potongan, detail-detail)
- b. Denah kolom dan detail kolom
- c. Data bangunan proyek Membaca Studi Kepustakaan Membaca dan mengambil dari isi buku yang berhubungan dengan permasalahan yang dipilih untuk melengkapi dan menyelesaikan tugas akhir ini.

3.3. Data Struktur Gedung

Pada penelitian ini dilakukan di salah satu gedung Apartemen yang berada di kota Medan dengan struktur gedung beton bertulang dan ketinggian 21 lantai. Lokasi gedung berada pada daerah dengan kategori risiko gempa II (SNI 1726-2019) yang berdiri pada kondisi tanah sedang (SD).

3.3.1. Data Gedung Penelitian

- a. Nama bangunan : Gedung Rumah Susun Sukaramai Medan
- b. Fungsi Bangunan : Rumah Susun

- c. Luas Tanah : 2.679 M²
- d. Luas Bangunan : 140.868 M²
- e. Jumlah Tingkat : 21 Lantai
- f. Material Struktur : Struktur Beton Bertulang
- g. Kontraktor Pelaksana : PT. Artefak Arkindo

3.3.2. Dimensi Struktur

a. Mutu Bahan

- Mutu beton (f_c') = K-400 (33,20 Mpa)
- = K-350 (29 Mpa)
- Mutu besi (f_y) = 390 Mpa (Ulir)
- = 280 Mpa (Polos)

b. Data Struktur

- 1. Pelat Lantai 1-4 = 150 mm
- Pelat Lantai 5-21 = 120 mm
- 2. Balok

Tipe balok dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9. Tipe Balok (Data Proyek, 2024)

No.	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1.	Balok anak B1	300 x 400
2.	Balok anak B2	300 x 500
3.	Balok Induk B1	300 x 650
4.	Balok Induk B2	300 x 600
5.	Balok Induk B3	450 x 600
6.	Balok Induk B4	450 x 650

3. Kolom

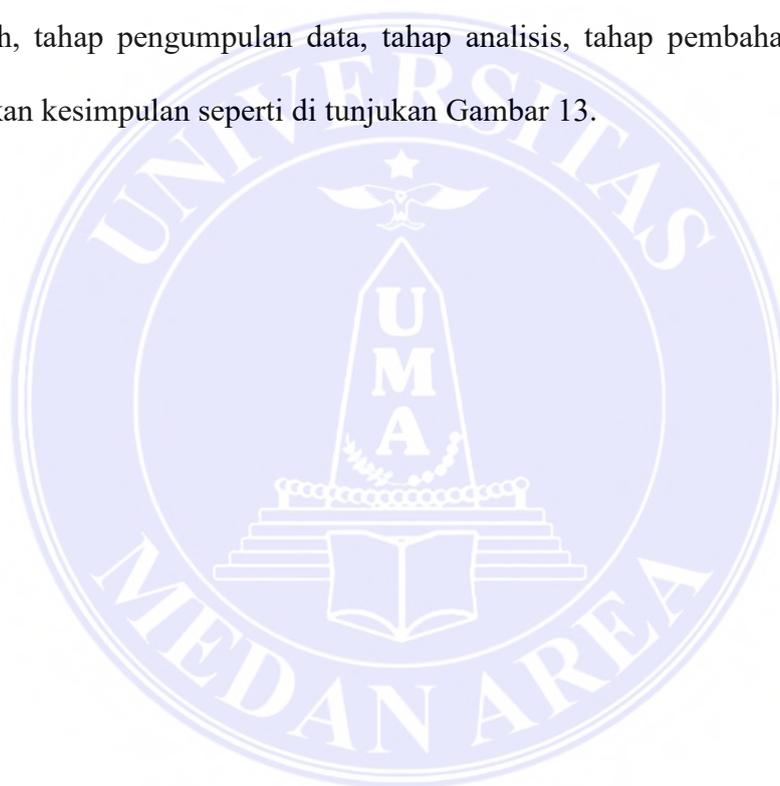
Tipe kolom dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Tipe Kolom (Data Proyek, 2024)

No.	Tipe Kolom	Dimensi (mm)
1	Kolom K1	940 x 1140
2	Kolom K2	1000 x 800
3	Kolom K3	940 x 940
4	Kolom K4	800 x 800
5	Kolom k5	300X 500

3.4. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dari jalannya penelitian ini dimulai dari tahap pendahuluan, tahap penentuan rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, tahap pengumpulan data, tahap analisis, tahap pembahasan dan tahap penarikan kesimpulan seperti di tunjukan Gambar 13.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi Desain Struktur proyek gedung Rumah Susun Sukaramai Medan ditarik kesimpulan Dengan perbandingan hasil analisis penulangan balok, kolom dan pelat menggunakan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2013, Dengan metode Statik ekivalen disimpulkan bahwa ada variasi signifikan dalam jumlah dan distribusi tulangan pada balok, kolom, dan pelat lantai. Dimana Pada penulangan balok ukuran B4 (30 x 60) cm diperoleh perbedaan presentase Jumlah tulangan atas 37,5 % , Tulangan bawah 12 %, Tulangan susut memiliki perbedaan tulangan 50%. Untuk perhitungan struktur pada kolom Ukuran K4 (80 x 80) cm Memiliki perbedaan presentase jumlah Tulangan 100 %. Sedangkan pelat lantai dengan ketebalan 15 cm memiliki perbedaan pada jarak penulangan presentase pelat lantai sebesar 16 %. SNI 2847: 2019 umumnya membutuhkan lebih sedikit tulangan atas, bawah, dan pinggang Pada balok tertentu tetapi lebih banyak untuk yang lain, menunjukkan optimisasi dan peningkatan efisiensi material. Pada kolom, SNI 2847:2019 cenderung membutuhkan lebih banyak tulangan dibandingkan dengan SNI 2847:2013, meningkatkan kekuatan dan stabilitas struktur. Perbedaan pada penulangan pelat lantai juga mencerminkan optimisasi penggunaan material dalam standar yang lebih baru. Secara keseluruhan, SNI 2847:2019 memberikan desain yang lebih efisien namun tetap meningkatkan kekuatan struktur

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis ini, beberapa saran sebagai berikut: Hasil

penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk analisis pada permasalahan yang sama, untuk analisis pembebanan struktur dapat juga menggunakan bantuan seperti STAAD.Pro, TEKLA Structure.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2019). Kombinasi Pembebanan Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 2847 : 2019). Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Buku.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- CV Laveda 2018, Balok dan Pelat Beton Bertulang, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Febri Susanto, Eddy Samsurizal, Gatot Setya Budi , (2018). Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Head Office Dan Showrom Yamaha Pontianak: Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik, (1-9).
- Ha Dewi, Erno Widayato, Ketut Aswatama Wiswamitra, (2023). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Pada Pembangunan Rumah Susun Cakung Jakarta Timur: Rekayasa Sipil, (244-248).
- Ilham, (2021). Analisis Gedung dengan *Software Etabs V.9.2.0* Momen Akibat Gempa Arah X Dengan Metode Statis Ekuivalen Graha Pena Makasar. Yogyakarta: *Document Scribd*.
- Kevin Pramasetya, Nanda, (2020) Redesain Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Gedung Dekanat Universitas Wahid Hasyim Semarang.

(Berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019 & SNI 1727:2013). Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Lamia, (2020). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk "L"*. Manado: Jurnal Sipil Statik, 519-531.

Lesmana, Yudha. (2019). Konsep dan Desain Sistem Rangka Momen Khusus (SRMK) Beton Bertulang Tahan Gempa Berdasarkan SNI 2847:2013 & SNI 1726:2012. Yogyakarta : CV BUDI UTAMA.

M. Mahfud, (2016). Analisa Pelat Lantai Dasar Gedung Serbaguna Politeknik Negeri Balikpapan. Kalimantan Timur: Jurnal Sipil Statik.

Mb Uyun, (2022). Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Toeloengredjo Berdasarkan SNI 2847: 2019. Surabaya: Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik, (14-24).

PU, Dept. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Ra Susanto, (2020). Analisis Struktur Gedung Transmart Carrefour Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton SNI 2847:2013. Cirebon: Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan, (Vol. 7 No. 4).

Rudi Alfianto, Dedi Rahmat, (2018). Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode-Etabs Versi 9.7.2 Gedung Kantor 4 Lantai Pada Proyek Surya Borneo Industri Di Kota Pangkalan. Kalimantan Tengah: *Journal Of Civil Engineering, Building And Transportation*, (28-33).

Sariman, Syahrul, Nurdin, Abd. Rahim, (2017). Komparasi Perilaku Lentur Balok T Beton Tulang Berlapis Akibat Beban Statis Monotik Dan Statis Siklik. Universitas Bosowa: Jurnal Unibos.

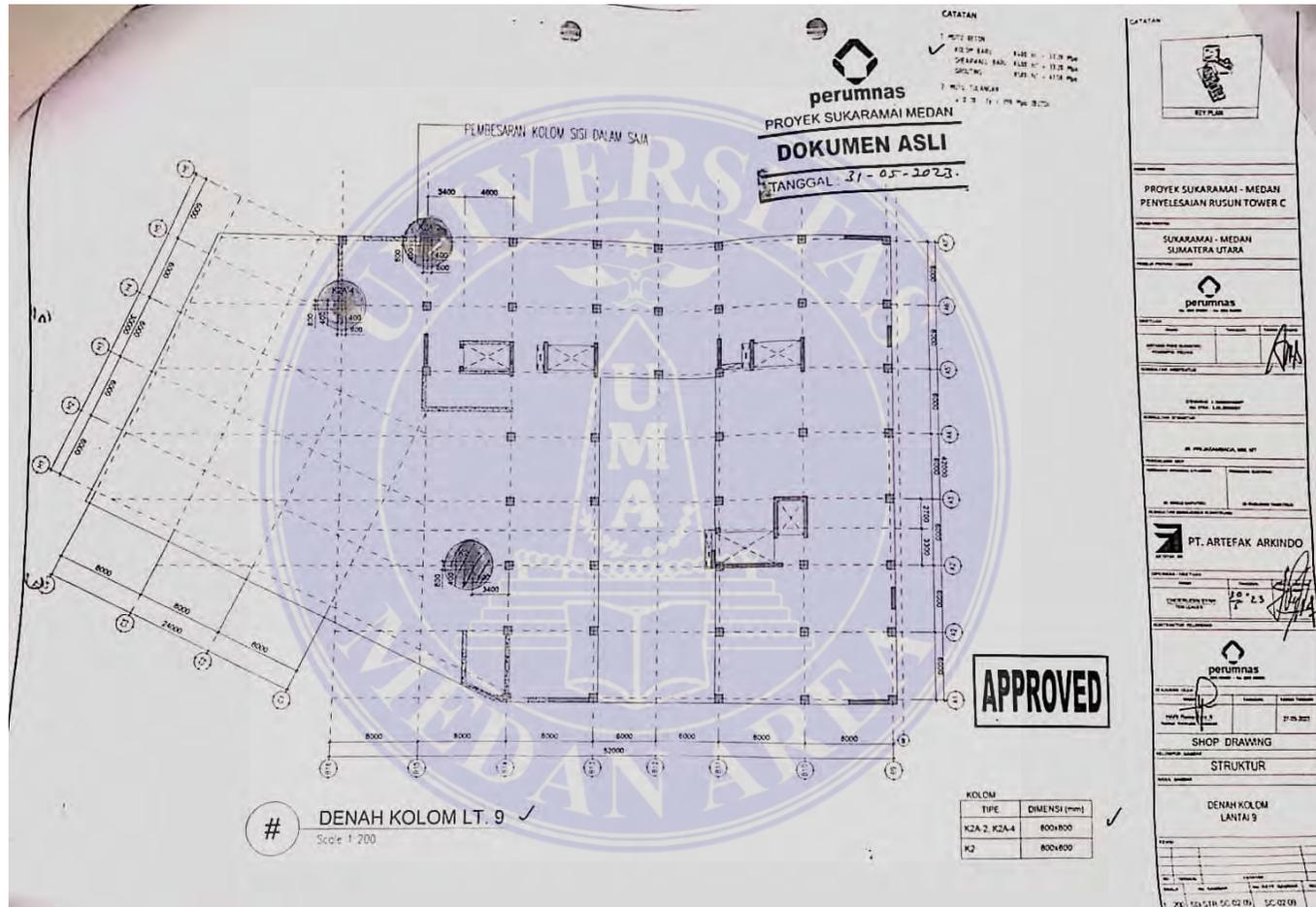
Standar Nasional Indonesia. 2018. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2018. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Vinanca Wiyata, Niven (2020) Perencanaan Struktur Atas Tahan Gempa Hotel Laras Asri Salatiga.(Berdasarkan SNI 1726:2019 & SNI 2847:2019).

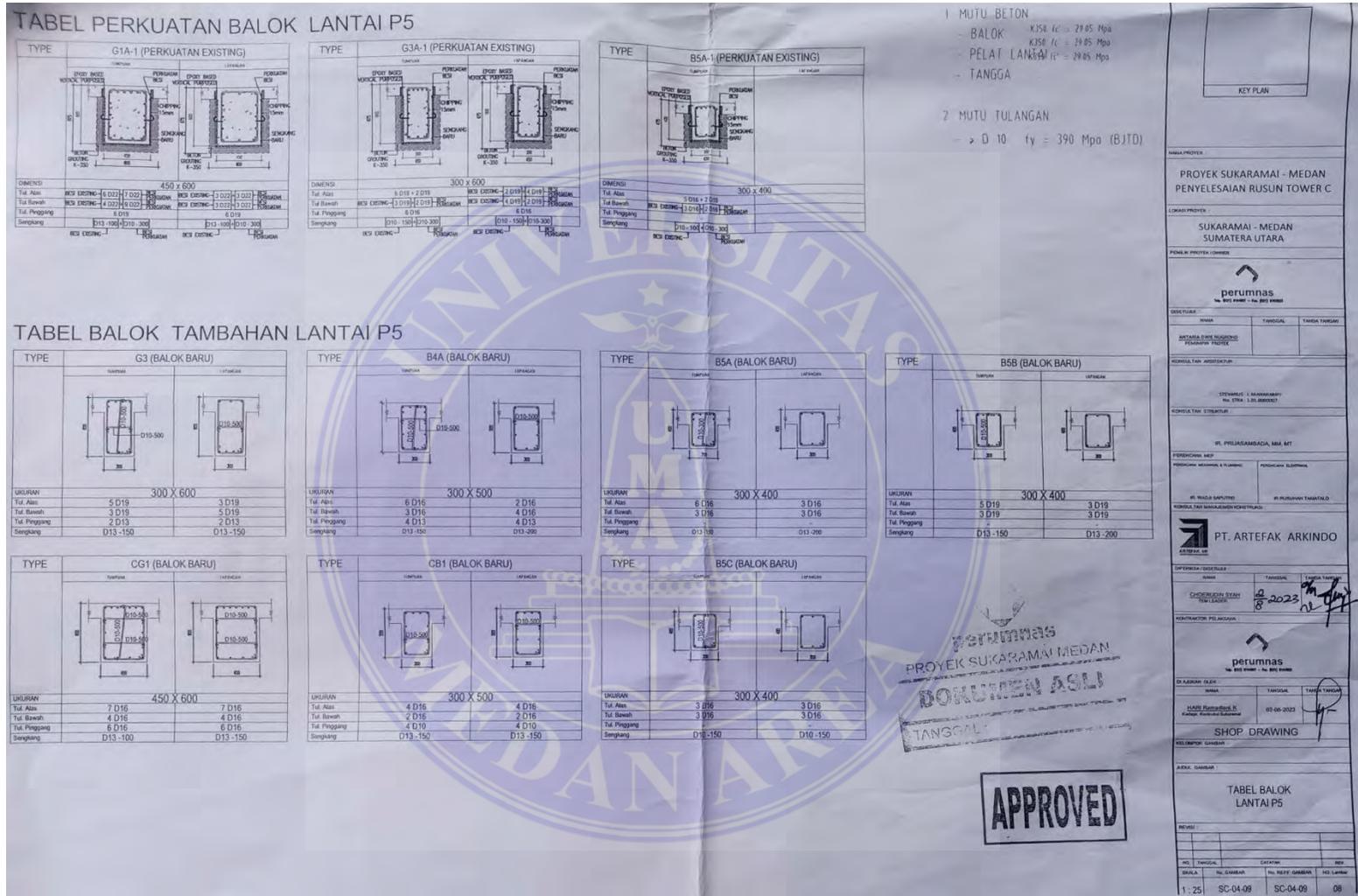
Zainuddin, (2020). Analisis Struktur Gedung Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Bojonegoro: Jurnal Teknik Sipil Unigoro, (30-40)



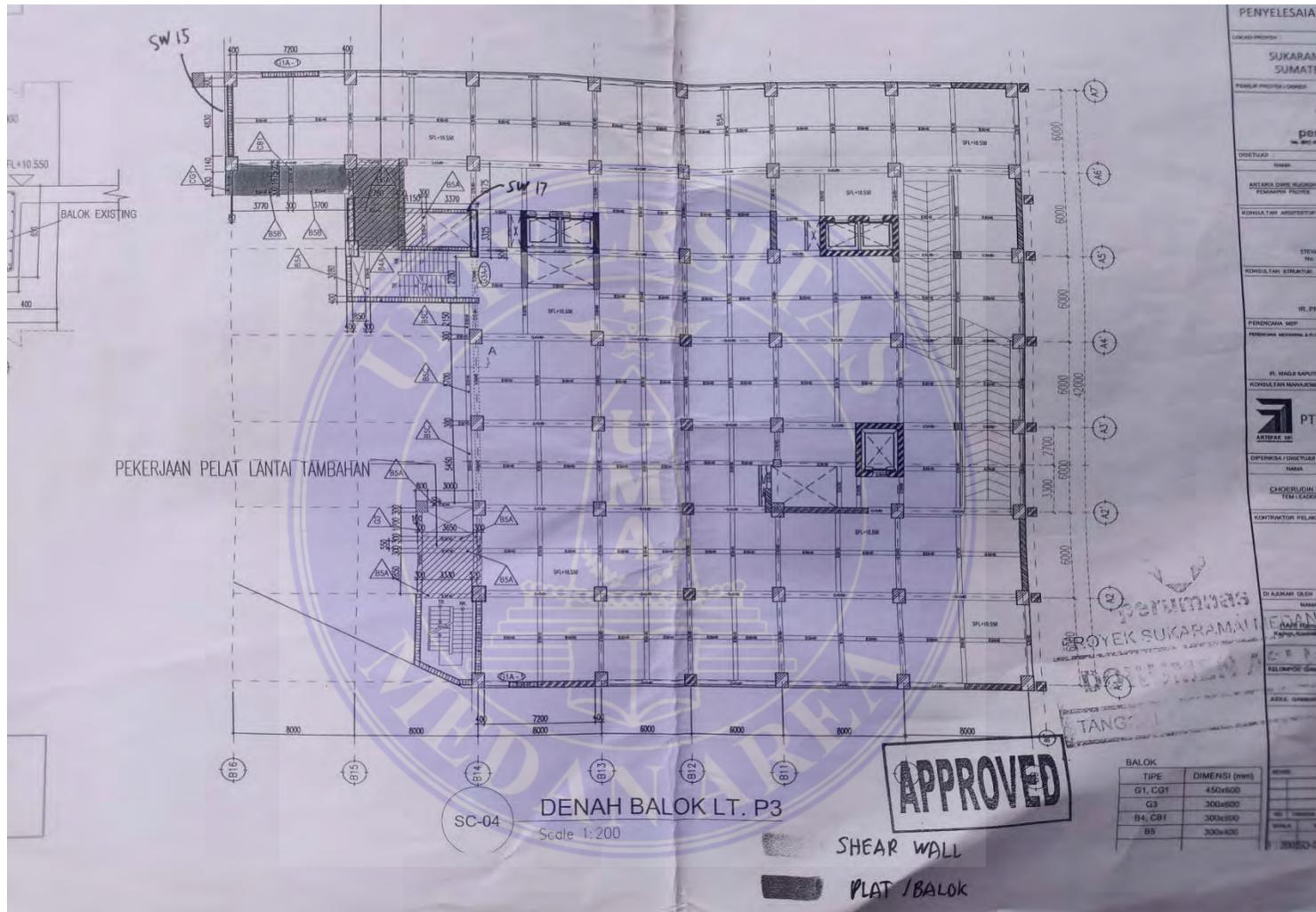
LAMPIRAN



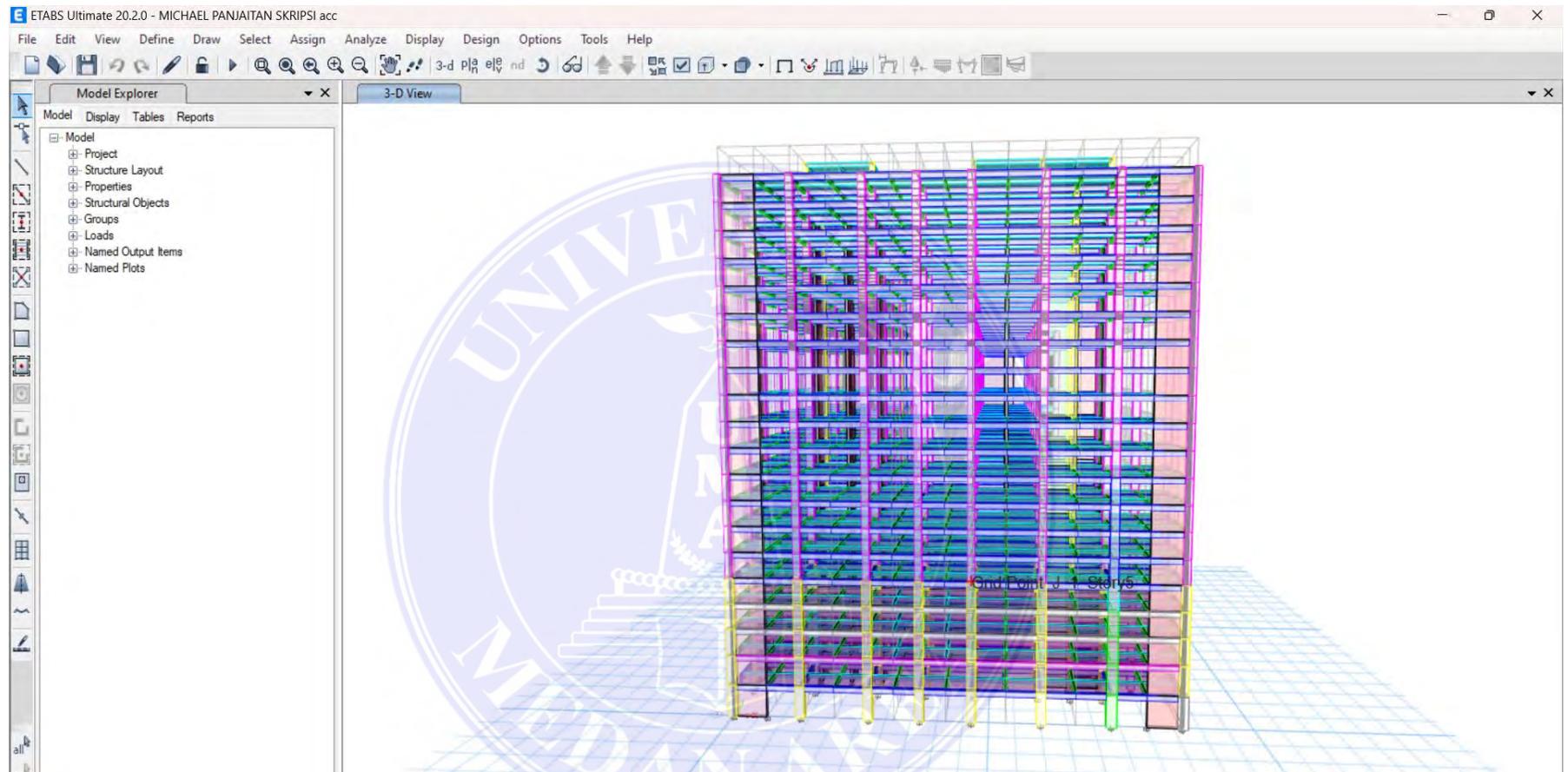
Lampiran 1. Denah kolom



Lampiran 3. Detail penulangan balok



Lampiran 4. Detail balok lt. P3



Lampiran 5. Gambar 3D dari *etabs*



Lampiran 6. Foto bangunan di lapangan.