

**ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG MENARA
BANK RAKYAT INDONESIA (BRI) MEDAN
MENGUNAKAN APLIKASI ETABS V.20**

SKRIPSI

OLEH:

**ANWAR DANI MARPAUNG
188110064**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/11/23

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)10/11/23

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan Menggunakan Aplikasi ETABS V.20
Nama : Anwar Dani Marpaung
NPM : 188110064
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Ir. Irwan, M.T
Pembimbing



Dr. Rahma Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan

Dika Ernita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 5. Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

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

Medan, 5 Agustus 2023



Anwar Dani Marpaung
188110064



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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


Nama : Anwar Dani Marpaung
NPM : 188110064
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan Menggunakan Aplikasi ETABS V.20. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 5 Agustus 2023

Yang menyatakan



(Anwar Dani Marpaung)

**ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG MENARA
BANK RAKYAT INDONESIA (BRI) MEDAN
MENGUNAKAN APLIKASI ETABS V.20**

SKRIPSI

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



Oleh:

**ANWAR DANI MARPAUNG
188110064**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan Menggunakan Aplikasi ETABS V.20
Nama : Anwar Dani Marpaung
NPM : 188110064
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Ir. Irwan., M.T
Pembimbing

Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan

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

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

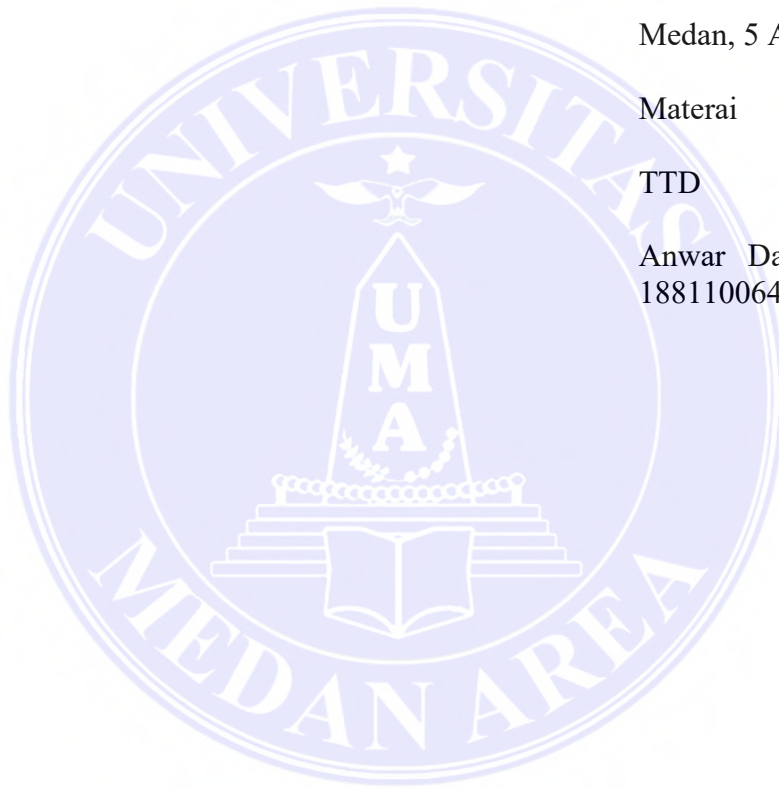
Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika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

Medan, 5 Agustus 2023

Materai

TTD

Anwar Dani Marpaung
188110064



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Anwar Dani Marpaung

NPM : 188110064

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 : Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan Menggunakan Aplikasi ETABS V.20. 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 : 5 Agustus 2023

Yang menyatakan

(Anwar Dani Marpaung)

RIWAYAT HIDUP

Anwar Dani Marpaung, dilahirkan di desa Pangansean (Narumonda VII), pada tanggal 04 April 2000. Anak terakhir dari enam bersaudara, berasal dari pasangan Rikson Marpaung dan Nurhayati Sinambela.

Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar SDN 173638 Pardamean Kec. Siantar Narumonda, Kab. Toba Samosir pada tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke SMP Negeri 1 Siantar Narumonda Kec. Siantar Narumonda, Kab. Toba Samosir dan lulus pada tahun 2014, kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas SMA N 1 Siantar Narumonda Kec. Siantar Narumonda, Kab. Toba Samosir dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di salah satu universitas swasta yang berada di kota Medan, Sumatera Utara yaitu: Universitas Medan Area dengan mengambil jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Aceh Tengah, Takengon, Sebagai salah satu syarat kelulusan program pendidikan strata 1.



KATA PENGHANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb. Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Struktur Bangunan dengan judul Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan Menggunakan Aplikasi ETABS V.20. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Irwan., M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan juga rekan-rekan kelas pagi Teknik Sipil UMA Stambuk 2018 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih. *Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*

Penulis

(Anwar Dani Marpaung)

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan kondisi geologis yang terletak diantara lempeng indo australia lempeng eurasia dan lempeng pasifik sehingga menyebabkan negara indonesia rentan terhadap gempa bumi. Atas dasar tersebut maka sangat penting dilakukan tinjauan beban rencana dalam merencanakan desain struktur bangunan. Kota medan tepatnya pada proyek menara BRI menjadi salah satu subjek tinjauan dalam hal merencanakan desain struktur. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan perangkat lunak komputer, Aplikasi ETABS v.20 (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) telah menjadi salah satu perangkat lunak rekayasa struktur yang populer dan sangat bermanfaat dalam menganalisis perilaku struktur gedung. Pada penelitian ini digunakan metode analisis perhitungan *Pushover* untuk menghitung struktur bangunan tersebut. penulis menggunakan teknik pengumpulan data sekunder dimana data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu dapat berupa *soft file* ataupun denah bestek berbentuk fisik yang diperoleh dari tempat lokasi penelitian dilakukan. Adapun hasil daripada penelitian ini menunjukkan Beban mati pada atap (WD) = 3 kN/m², Beban mati pada lantai (WD) 130mm = 4,33 kN/ m² 300mm = 8.52 kN/m², Beban hidup pada atap (WL) = 1,20 kN/m² Beban hidup pada lantai (WL) = 2,50 kN/m², Berat Mati Tambahan Pada Lantai Atap (SDL) = 0.73 KN/m² Berat Mati Tambahan Pada Lantai (SDL) = 1.51 KN/m². Dan untuk Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2019. Kemudian disimpulkan bahwa menurut ATC-40 nilai drift ratio arah-X (0,0032) dan arah-Y (0,0048) maka gedung yang ditinjau termasuk dalam kategori level kinerja *immediate occupancy* (IO), yaitu bila terjadi gempa gedung hanya mengalami sedikit kerusakan dan dapat langsung digunakan.

Kata Kunci : Analisa, *Pushover*, ETABS v.20, Struktur

ABSTRACT

Indonesia is a country with geological conditions located between the Indo-Australian plate, Eurasian plate, and the Pacific plate, making the country vulnerable to earthquakes. On this basis, it is important to review the burden of the plan in planning the building structure design. The terrain city on the BRI tower project is one of the subjects of review in terms of planning structural design. In line with the development of computer technology and software, the ETABS v.20 Application (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems) has become one of the popular structural engineering software and is very useful in analyzing building structural behavior. In this study, a Pushover calculation analysis method was used to calculate the structure of the building. The author uses a secondary data collection technique in which indirect data can be either soft files or a physical master plan obtained from where the research was conducted. The results from this study show Dead load on the roof (WD) = 3 kN/m², Dead load on the floor (WD) 130mm = 4.33 kN/m² 300mm = 8.52 kN/m², Dead load on the roof (WL) = 1.20 kN/m² Dead load on the floor, Heavy load on the floor (WL) And for the creation of earthquake spectrum response charts plans using earthquake maps based on SNI 1726-2019. Then it was concluded that according to ATC-40 the X-direction drift ratio (0.0032) and Y-direction (0.0048) values, the building being reviewed falls into the category of immediate occupancy (IO) performance level, which is that in the event of an earthquake the building is only slightly damaged and can be used immediately.

Keyword : Pushover, Analysis, ETABS v.20, Structures

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Struktur Bangunan.....	7
2.2.1 Beton Bertulang.....	8
2.2.2 Struktur Balok.....	9
2.2.3 Kuat Geser Balok.....	15
2.2.4 Stuktur Kolom	16
2.3 Pembahasan Struktur	20
2.3.1 Mutu Beton	21
2.3.2 Baja Tulangan.....	21
2.3.3 Faktor Reduksi Kekuatan	22
2.4 Beban Struktur.....	22
2.4.1 Beban Mati (DL)	22
2.4.2 Beban Hidup (LL)	22
2.4.3 Beban Gempa	23
2.4.4 Kombinasi Pembebanan Struktur	29
2.5 ETABS.....	30
2.6 Analisa <i>Pushover</i>	30
2.6.1 Tahapan Pertama Analisa <i>Pushover</i>	31
2.6.2 Waktu getar alami efektif	33
2.6.3 Target Perpindahan.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Lokasi Penelitian	40

3.2	Teknik Pengumpulan Data	40
3.3	Data Stuktur Gedung	44
3.4	Tahapan analisis	45
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	47
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Perhitungan Berat Sendiri Bangunan	48
4.1.1	Data Struktur Bangunan Gedung.....	48
4.1.2	Beban Pada Gedung.....	49
4.1.3	Perhitungan Pembebanan Pada Struktur Gedung.....	50
4.2	Analisis Pada ETABS.....	58
4.2.1	Pola Beban.....	58
4.3	Respon Spectrum.....	62
4.4	Anlisa Pushover.....	73
4.4.1	Pengecekan Kekuatan Elemen.....	73
4.4.2	Cek Label Pusat Massa.....	74
4.4.3	Pembebanan Analisa Pushover.....	77
4.4.4	Pendefenisian Sendi Plastis	81
4.4.5	Hasil analisis pushover	84
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1	Kesimpulan.....	89
5.2	Saran	90
	DAFTAR PUSTAKA	91
	LAMPIRAN.....	93

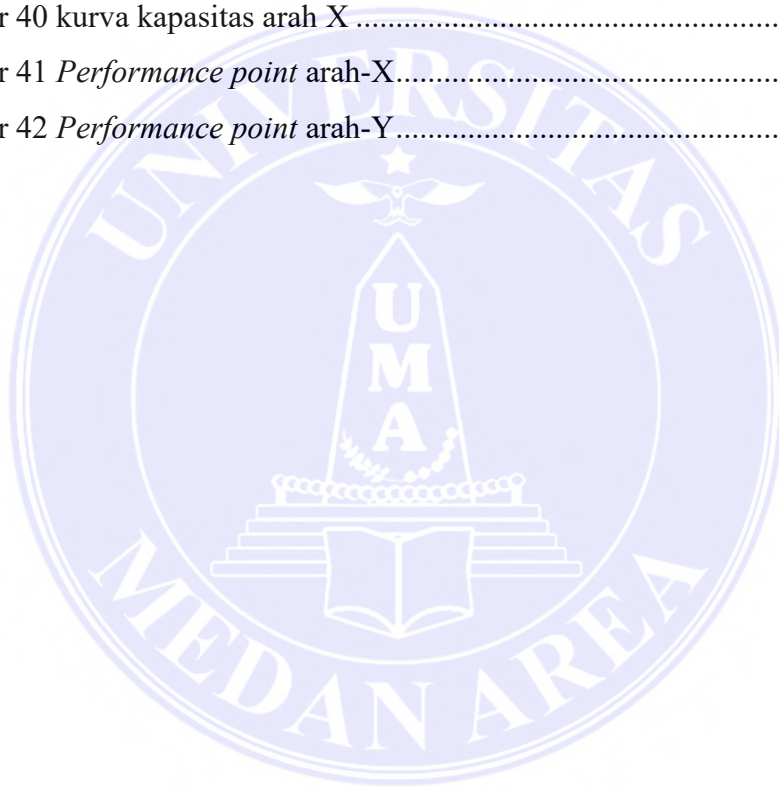
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 kolom yang dibebani beban eksentris	21
Tabel 2 Baja Tulangan	21
Tabel 3 Faktor Reduksi Kekuatan.....	22
Tabel 4 Koefisien situs, F_a	25
Tabel 5 Koefisien situs, F_v	26
Tabel 6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	27
Tabel 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	27
Tabel 8 Beban mati berdasarkan bahan bangunan	43
Tabel 9 Beban mati berdasarkan komponen gedung	44
Tabel 10 Konfigurasi Gedung.....	48
Tabel 11 Tipe Balok.....	49
Tabel 12 Tipe Kolom	49
Tabel 13 Beban mati	50
Tabel 14 Beban Hidup	50
Tabel 15 Total berat bangunan per lantai.....	50
Tabel 16 Berat Kolom.....	51
Tabel 17 Berat balok utama	52
Tabel 18 Berat Balok anak.....	54
Tabel 19 Berat Plat lantai.....	56
Tabel 20 Berat <i>Shearwall</i>	58
Tabel 21 Nilai <i>uniform load set</i>	60
Tabel 22 Nilai variabel spektral percepatan dipermukaan dari gempa	62
Tabel 23 Distribusi gaya gempa per lantai.....	66
Tabel 24 <i>Displacement</i> maksimal gedung hasil <i>output</i> ETABS.....	85
Tabel 26 Batasan <i>drift ratio</i> ,	88

DAFTAR GAMBAR

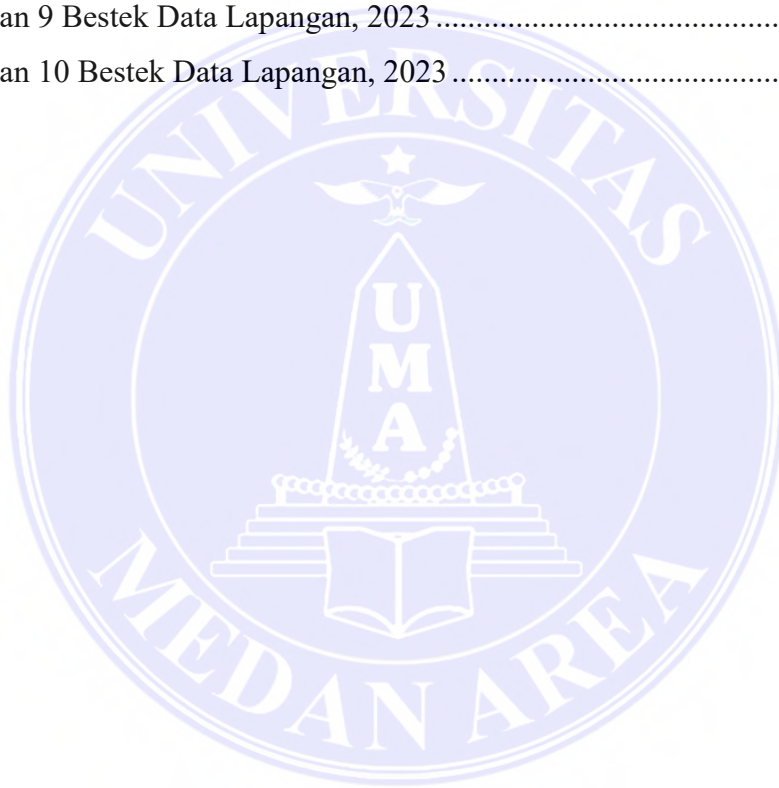
	Halaman
Gambar 1 Susunan Tulangan Balok.....	10
Gambar 2 Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang	11
Gambar 3 Kondisi tegangan-regangan balok saat kuat lentur tercapai.....	13
Gambar 4 nilai dari parameter kuat lentur pada balok k1,k2,k3	14
Gambar 5 <i>Web shear crack</i> ,	15
Gambar 6 <i>flexure shear crack</i>	16
Gambar 7 <i>Space truss analogy</i>	18
Gambar 8 diagram interaksi P – M elemen kolom	18
Gambar 9 kolom yang dibebani beban eksentris	20
Gambar 10 Percepatan Gempa Dasar SNI 03-1726-2002	24
Gambar 11 Ss Gempa Untuk Wilayah Medan	25
Gambar 12 S ₁ Gempa Untuk Wilayah Medan	25
Gambar 13 Grafik Spektrum Respon Desain.....	27
Gambar 14 spektrum respon desain berdasarkan SNI 1726-2019	29
Gambar 15 Analisa <i>pushover</i>	31
Gambar 16 Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif Kurva <i>Pushover</i>	33
Gambar 17 Lokasi Penelitian	40
Gambar 18 SNI 03-1726-2002 Wilayah Medan	41
Gambar 19 Halaman Depan Web Desain Spektra Indonesia Puskim PU	42
Gambar 20 Grafik nilai respon spektrum.....	42
Gambar 21 <i>Define load patterns</i>	58
Gambar 22 <i>Uniform load set</i> lantai atap	61
Gambar 23 <i>Uniform load set</i> lantai 1,.....	61
Gambar 24 <i>Uniform load set Basement B2</i>	62
Gambar 25 Grafik respon spektrum.....	63
Gambar 26 Menu <i>Set Load Case To Run</i>	74
Gambar 27 Menu <i>Start design/chek</i>	75
Gambar 28 Menu <i>Diaphragms</i>	76
Gambar 29 Penentuan titik pusat massa (label 72)	76
Gambar 30 Menu <i>Define Load Case</i> ,.....	77

Gambar 31 Menu <i>Load Case Grafity</i>	78
Gambar 32 Menu <i>Load Case Pushover</i> arah x	79
Gambar 33 Menu <i>Load Aplication</i> arah x.....	80
Gambar 34 Menu <i>Load Case Pushover</i> dan <i>load aplication</i> arah y	81
Gambar 35 Menu <i>frame assingnments hinges</i> untuk balok	82
Gambar 36 Menu <i>auto hinges assingnments</i> data untuk balok.....	83
Gambar 37 Menu <i>frame assingnments hinges</i> untuk kolom.....	83
Gambar 38 Menu <i>auto hinges assingnments</i> data untuk kolom	84
Gambar 39 kurva kapasitas arah Y	84
Gambar 40 kurva kapasitas arah X	85
Gambar 41 <i>Performance point</i> arah-X.....	87
Gambar 42 <i>Performance point</i> arah-Y.....	87



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tabel Beban mati berdasarkan bahan bangunan	93
Lampiran 2 Tabel Berat beban mati berdasarkan komponen gedung.....	94
Lampiran 3 Tabel Beban hidup pada lantai gedung.....	95
Lampiran 4 SNI 03-1726-2002	97
Lampiran 6 Bestek Data Lapangan, 2023	98
Lampiran 7 Bestek Data Lapangan, 2023	99
Lampiran 8 Bestek Data Lapangan, 2023	99
Lampiran 9 Bestek Data Lapangan, 2023	100
Lampiran 10 Bestek Data Lapangan, 2023	100



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan perkembangan kota dan kebutuhan akan infrastruktur modern seperti gedung-gedung bertingkat semakin meningkat pesat di Indonesia. Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) di Medan merupakan salah satu contoh bangunan ikonik yang dibangun sebagai bagian dari perkembangan ekonomi dan bisnis di kawasan tersebut. Dengan bertambahnya jumlah populasi dan kegiatan ekonomi yang semakin padat, menara gedung ini menjadi salah satu bentuk respons atas tuntutan akan ruang dan kebutuhan pelayanan yang lebih efisien.

Namun, seiring dengan tingginya kompleksitas desain struktur bangunan yang semakin modern, perlu adanya perhatian khusus terhadap aspek keamanan, keandalan, dan kinerja struktur gedung. Kekuatan struktur dan kemampuan tahan gempa adalah dua aspek kritis yang harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa bangunan tersebut dapat berfungsi dengan aman dan optimal.

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan perangkat lunak komputer, Aplikasi ETABS v.20 (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) telah menjadi salah satu perangkat lunak rekayasa struktur yang populer dan sangat bermanfaat dalam menganalisis perilaku struktur gedung. Aplikasi ETABS v.20 menawarkan kemampuan simulasi yang canggih dan akurat untuk menguji respons struktural bangunan terhadap berbagai beban, termasuk gempa bumi, angin, dan beban gravitasi.

Namun, karena setiap gedung memiliki karakteristik dan parameter yang unik, analisis struktur dengan menggunakan Aplikasi ETABS v.20 perlu

disesuaikan dan disesuaikan dengan kondisi fisik dan beban yang sesungguhnya di lokasi bangunan tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan Analisis Struktur Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) di Medan menggunakan Aplikasi ETABS versi 20, dengan tujuan untuk ; Memodelkan struktur bangunan dengan akurat dan mempertimbangkan semua faktor kritis yang mempengaruhi perilaku struktur, termasuk sifat material dan geometri bangunan. Mengevaluasi kinerja struktur gedung dalam menghadapi beban gravitasi dan beban lateral, serta mengidentifikasi potensi kerentanan dan kelemahan pada struktur. Mengoptimalkan desain struktur bangunan untuk meningkatkan efisiensi, daya dukung, dan keamanan struktur secara keseluruhan.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga dalam mengoptimalkan desain struktur gedung bertingkat yang kompleks, khususnya pada Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) di Medan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi industri konstruksi dalam membangun gedung-gedung yang lebih aman, andal, dan efisien di masa depan.

Atas dasar teori – teori dan permasalahan yang sudah saya jelaskan diatas, maka dalam penelitian ini penulis akan membahas dan menganalisa kekuatan struktur bangunan menggunakan metode *software* Aplikasi ETABS v.20. Adapun dengan pemikiran itulah maka penelitian ini mengangkat permasalahan tersebut dengan judul “Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan Menggunakan Aplikasi ETABS v.20.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah melakukan analisis menggunakan aplikasi ETABS v.20, apakah terdapat potensi kerusakan pada bangunan dan kondisi perbaikan pada struktur gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) yang perlu diperhatikan lebih lanjut?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud daripada penelitian yang saya laksanakan sebagai berikut Melakukan analisis dan pendefinisian pembebanan pada model struktur bangunan menggunakan program Aplikasi ETABS v.20, serta menganalisis kekuatan maksimal struktur bangunan menggunakan metode analisis *Pushover* yang digunakan pada struktur berdasarkan ATC-40.

Sedangkan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pembebanan struktur bangunan menara gedung Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan sesuai standar SNI tahun 2019 dengan menggunakan program Aplikasi ETABS v.20. dan mengetahui batas kinerja kekuatan maksimal bangunan menahan beban yang berlaku pada bangunan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dapat menjadi bahan rujukan atau referensi dalam pembahasan yang sama tentang likuifaksi khususnya bagi mahasiswa/i fakultas teknik maupun pihak-pihak lain yang membutuhkan.
2. Penelitian ini akan memberikan opsi pemahaman lebih mendalam tentang karakteristik struktur gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) di

Medan, termasuk kinerja strukturalnya dalam menghadapi beban gravitasi dan beban lateral. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu identifikasi potensi kerusakan pada struktur, yang selanjutnya dapat diperbaiki atau ditingkatkan untuk meningkatkan keamanan bangunan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun dalam penelitian ini pembahasan akan dibatasi pada :

1. Gedung yang dianalisa adalah Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Jl. Putri Hijau No.2a, Kesawan, Medan Kota.
2. Menggunakan data sekunder (data yang didapatkan langsung dari pihak permata guna untuk ditinjau lagi demi kepentingan penelitian dimana pada penelitian ini menggunakan data sekunder tersebut tanpa menggunakan data primer).
3. Jenis beban yang dipertimbangkan dalam menganalisis perilaku struktur meliputi beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun 1987. Sementara itu, beban lateral yang dianalisis adalah beban gempa.
4. Pengolahan informasi data output menggunakan program Aplikasi ETABS.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan suatu upaya penulis untuk mencari perbandingan serta kajian agar penulis dapat menambah pengetahuan, inspirasi, dan teori yang akan digunakan untuk mengkaji penelitian yang penulis kerjakan. Dalam hal ini, penulis mengambil beberapa sumber jurnal, tugas akhir maupun referensi lainnya yang terkait dengan analisis struktur bangunan. Berikut merupakan beberapa hasil penelitian yang pernah melakukan analisis tentang struktur bangunan, yaitu antara lain :

1. Jurnal ilmiah Mario Maria Carmenina Wening Tungga Hayu¹, Alicia Nugraheni², Widija Suseno Widjaja³, Budi Setiadi⁴ (2022). dengan jurnal yang berjudul : “Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit Dengan *Shearwall* Menggunakan Permodelan ETABS 2018 V18.1.0”. Kemampuan lain dari penggunaan aplikasi ini adalah mengingat getaran untuk tampilan struktur bangunan yang mengacu pada SNI 1726:2019, sehingga struktur tahan akan gempa yang terjadi. Pada rumah sakit ini dikenang karena klasifikasi risiko IV untuk bangunan dan tidak berfungsi untuk beban getaran. Periode fundamental, untuk faktor skala, perpindahan, dan pengaruh untuk P-Delta adalah semua komponen analisis gempa. Kerangka dasar mengacu pada SNI 2847-2013, dan SNI 2847-2019, memakai (SRPMK) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Struktur atas (pelat, balok, kolom, dinding geser, dan tangga) dan struktur

bawah (balok pengikat, pondasi, dan *pile cap*) dimasukkan dalam perhitungan struktur.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Beatus Akrab Iman Laia (2022) dengan judul: Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode *Pushover* (Studi Kasus: Gedung BRI Sisingamangaraja Medan). Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa program SAP2000 digunakan dalam analisis pushover. Temuan analisis menunjukkan bahwa semakin besar gaya yang diterapkan, semakin besar perpindahan bangunan. Berdasarkan ATC-40, gedung BRI Sisingamangaraja Medan memiliki batas kinerja *Immediate Occupancy* (IO) artinya struktur bangunan dapat langsung digunakan bahkan segera setelah terjadi gempa. Gaya seismik maksimum yang dapat ditahan gedung adalah 7.149,921 kN.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Sayyed Feroz Sikandar¹, Shaikh Zameeruddin², Prof. Agrawal³. (2019). Dengan jurnal yang berjudul “*Analysis and Design of Multistory Building using ETABS 2017*”. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETABS V15.2, yang terbukti memiliki potensi besar dalam analisis dan desain berbagai bagian. Elemen struktural seperti rangka RCC, dinding geser dan dinding penahan juga disediakan. Analisis dan desain dilakukan sesuai dengan spesifikasi standar untuk memperluas kemungkinan. Karena, Tegangan bantalan aktual (22.20 N/mm^2) < Tegangan bantalan yang diizinkan ($22,50 \text{ N/mm}^2$), menurut IS (*Internasional Standart*) klausul 34.4 , desain untuk tegangan bantalan memuaskan.

2.2 Struktur Bangunan

Rancangan struktur bangunan dapat diartikan sebagai komponen atau bagian yang menjadi fokus penting bagi pondasi suatu struktur seperti atap, dinding, bangunan, dll. Membangun struktur tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Selain itu, diperlukan rencana pembangunan yang sesuai dengan peraturan pemerintah dan memiliki pondasi beton yang kokoh untuk sebuah bangunan bertingkat tinggi. Struktur bangunan ini nantinya akan melengkapi elemen-elemen struktur atas dan struktur bawah bangunan sehingga membentuk suatu kesatuan yang baik dan kokoh.

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 pondasi. Basis menyangga timbunan dari bangunan atas sehingga pondasi tidak dapat runtuh di depan bangunan atas. Tumpukan beban tersebut termasuk (DL) beban mati, (LL) beban hidup, (E) beban gempa, dan lain sebagainya. Penyusunan pondasi suatu struktur harus disusun secara cermat, tepat dan cermat. Kesalahan dalam perhitungan pondasi 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.

Perakitan bagian struktural membentuk sistem struktur rangka. Struktur rangka, juga dikenal sebagai struktur portal, terdiri dari balok, kolom, atau dinding geser dalam sistem struktur untuk konstruksi beton bertulang. Istilah "sistem struktural kontinum" mengacu pada kelas sistem struktural yang komponennya, seperti tangki, pelat, atau cangkang, tidak dapat dibedakan satu sama lain. Setiap komponen utama memiliki berbagai kemampuan dan kualitas. Pada suatu sistem struktur, elemen-elemen struktur mempunyai suatu mekanisme sistem penyaluran beban dari atas ke tanah (Nasution, 2009).

2.2.1 Beton Bertulang

Tulangan baja yang dimasukkan ke dalam beton untuk membuat beton bertulang, material komposit yang dapat menahan gaya tarik pada struktur. Untuk menahan gaya elemen, kedua bahan bekerja sama. Campuran kedua material tersebut menyebabkan semen yang terbangun memiliki area kekuatan yang luar biasa terhadap kekuatan tekan dan daya tarik.

Beton memiliki keterbatasan dalam menahan gaya tarik di atas nilai tertentu tanpa mengalami retak. Oleh karena itu, agar beton dapat berfungsi secara efektif dalam sistem struktur, diperlukan penguatan penulangan yang bertugas terutama untuk menanggung gaya tarik yang akan timbul dalam sistem tersebut (Dipohusodo, 1994).

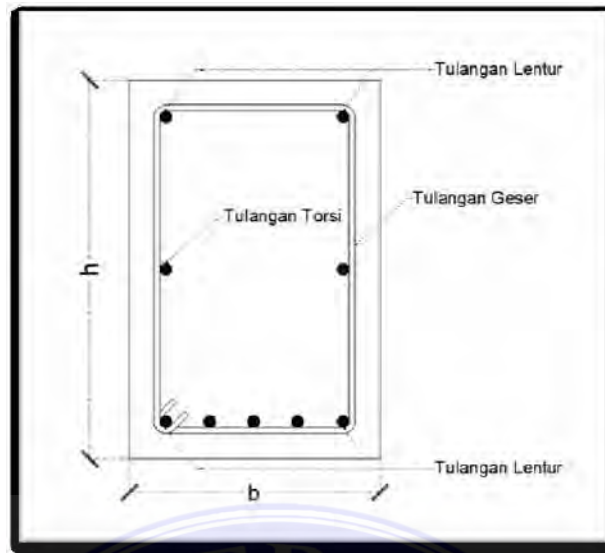
Secara sederhananya, beton dibuat ketika campuran semen, air, (pasir) agregat halus, dan batu pecah atau kerikil (agregat kasar) mengeras. Untuk mengerjakan sifat beton, berbagai bahan (*admixture*) juga ditambahkan. Beton memiliki ketahanan gaya tarik yang sangat rendah dibandingkan dengan ketahanan gaya tekannya yang tinggi. (Asroni, 2010)

Menurut SNI 1726:2019 (SNI, 2019) Batas ketinggian dalam Tabel 12, jika struktur tersebut mempunyai sistem penahan gaya gempa berupa rangka baja dengan bresing eksentrik, rangka baja dengan bresing khusus konsentris, rangka baja tahan tekuk, dinding geser pelat baja khusus atau dinding geser beton bertulang khusus yang dicor di tempat, dibiarkan bertambah dari 50 m hingga 75 m untuk struktur yang dirancang dengan desain seismik kategori D atau E, dan dari 30 m hingga 50 m untuk struktur yang dirancang dengan desain seismik kategori F.; dan struktur memenuhi kedua persyaratan berikut:

1. Menurut definisinya, struktur tidak diperbolehkan memiliki penyimpangan torsional yang lebih seperti yang terdapat dalam Tabel 13 (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b);
2. Rangka baja yang disangga secara aneh, rangka baja yang didukung secara konsentris, rangka baja yang aman untuk dijepit, dinding geser pelat baja yang luar biasa, atau dinding geser besar yang dipasang secara luar biasa akan, di bidang apa pun, menahan tidak lebih dari 60% dari kekuatan seismik absolut terhadap setiap jalur, menghilangkan dampak dari kekuatan yang tidak terduga.

2.2.2 Struktur Balok

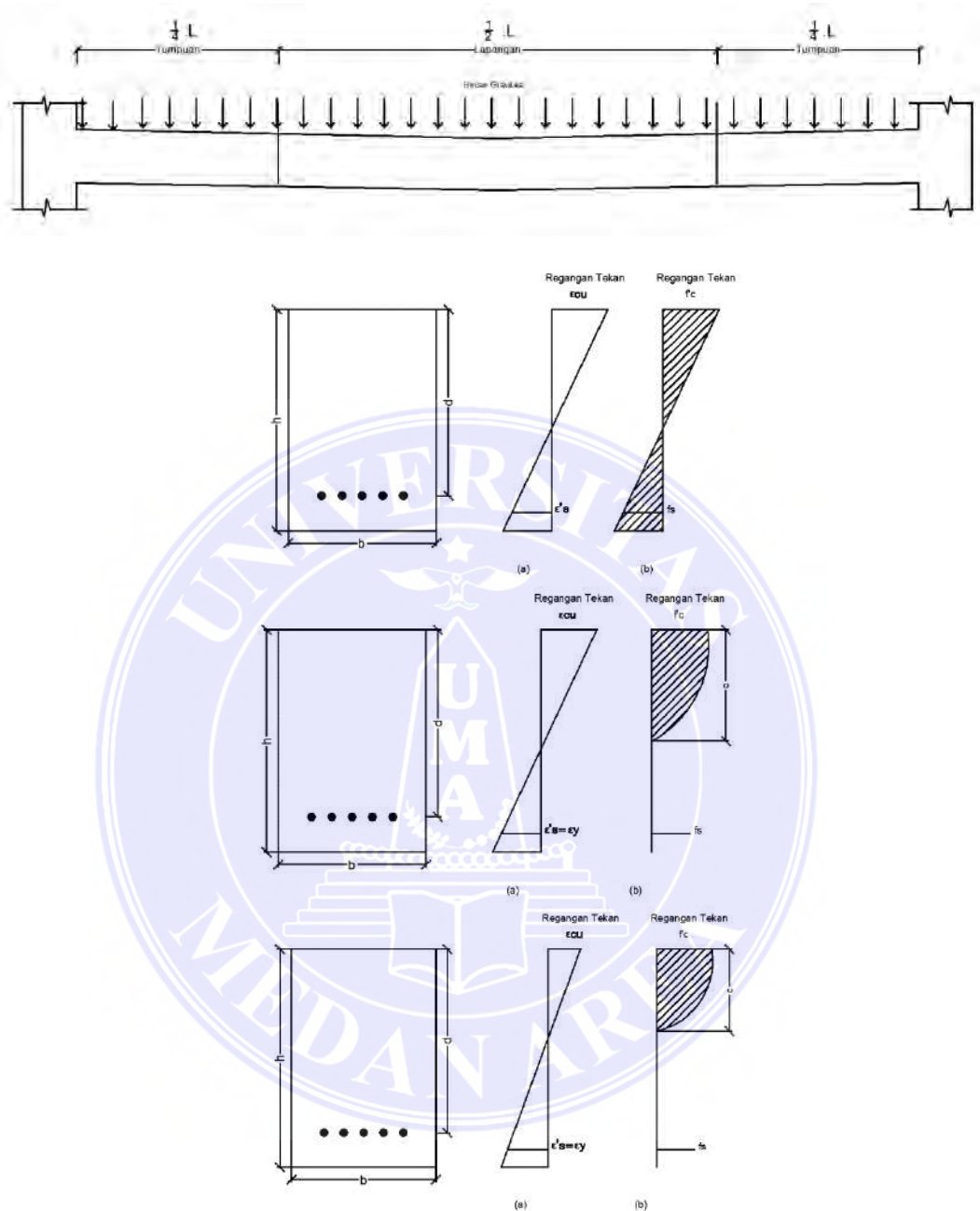
Balok adalah komponen struktur yang menahan beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu balok, baik itu beban terpusat maupun beban seragam. Akibat dari beban ini, balok mengalami gaya-gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Meskipun ada gaya aksial, besarnya bisa diabaikan karena relatif sangat kecil.



Gambar 1. Susunan Tulangan Balok (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

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



Gambar 2. Distribusi tegangan regangan balok beton bertulang (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

Ketika beban secara konsisten bertambah, seperti yang terlihat pada Gambar 2, distribusi tegangan juga mengalami perubahan sesuai dengan jumlah beban yang ditambahkan. 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).

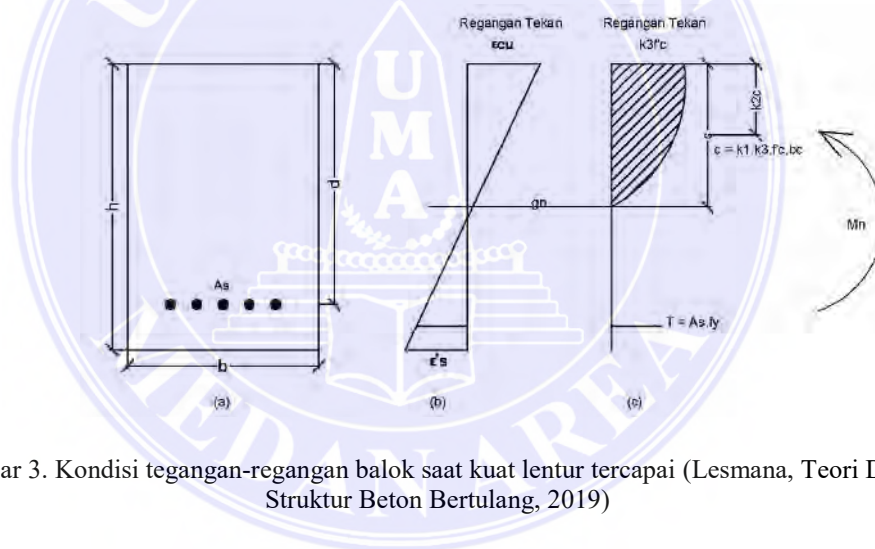
Di daerah tekan, distribusi tegangan juga berubah, awalnya menjadi nonlinier. Retak terbentuk pada serat tarik penampang beton karena tegangan tarik yang diterapkan padanya telah melebihi kekuatan beton. Pengalihan jangka panjang telah mulai muncul di substansial meskipun heap dikeluarkan dari komponen pilar. Hal ini menunjukkan bahwa batas elastisitas beton telah terlampaui.

Jika terjadi pelelehan pada penopang yang dapat ditarik, penopang baja akan mengalami regangan tambahan dan diikuti oleh cacat yang diperluas pada poros. Kondisi putus pada lapisan luar serat ulet juga akan semakin besar karena penyangga baja telah melampaui kekuatan luluhnya dan mengalami pengerasan regangan. Regangan yang terjadi pada penyangga baja umumnya dapat sampai pada regangan luluh. Dengan kata lain, kapasitas baja untuk mendukung beban menurun. Dampak nonlinier pada tekanan tekan semakin terlihat. Tingkat garis yang tidak bias berkurang dengan memperluas tekanan yang terjadi pada untaian ulet poros. Ini menyiratkan bahwa lengan kedua antara kekuatan elastis dan tekan pada segmen silang pilar bertambah.

Balok akan dianggap mencapai batas maksimum (runtuh) ketika serat tekan (serat teratas) pada penampang beton mencapai kekuatan tertingginya ($\epsilon_c = 0,003$). Saat itu terjadi, menandakan bahwa serat tekan tersebut mengalami keruntuhan (*crack*) dan beton secara keseluruhan mengalami runtuh. Pada Gambar diatas akan Ditelaah lebih detail terkait dengan cara kerja tumpuan tiang mengingat regangan tekanan yang terjadi akibat detik puntir yang bekerja. Untuk

situasi ini, diharapkan bahwa serat tekan pada titik tertinggi dari bagian tersebut telah sampai pada jenis terbesar dari substansi, yaitu $\epsilon_{cu} = 0,003$. Selain itu, prinsip dasar perilaku lentur balok yang digambarkan pada Gambar 2.3 akan dijelaskan dengan menggunakan beberapa asumsi.,yaitu:

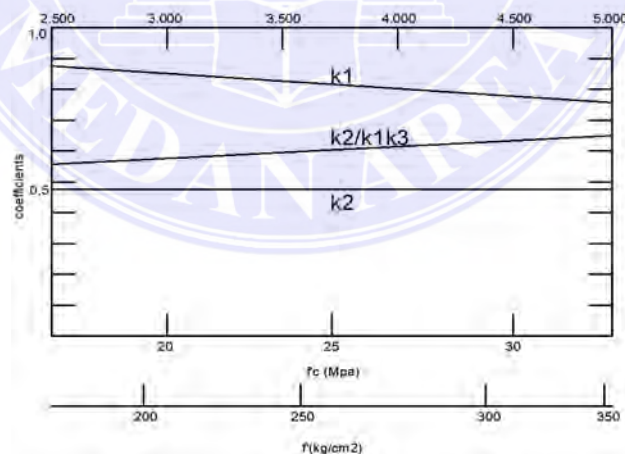
1. Setelah mengalami momen lentur, penampang balok akan dianggap tetap datar (*reimanged plane*) hingga runtuh. Distribusi regangan penampang beton dapat dianggap linier dengan asumsi ini.
2. Asumsi kedua adalah tidak terjadi slip pada ikatan antara beton dan tulangan. Hal ini menunjukkan bahwa tulangan baja dan beton sama-sama mengalami regangan yang sama.



Gambar 3. Kondisi tegangan-regangan balok saat kuat lentur tercapai (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

Pada Gambar 3. kekuatan tekanan tegangan tarik tidak dipertimbangkan (seperti yang masuk akal sebelumnya bahwa substansial lemah dalam regangan, sehingga tidak berkontribusi sama sekali pada kekuatan lentur), sehingga luas lintas substansial di bawah garis yang tidak bias diabaikan. Akibatnya, kedalaman penampang efektif (*effective depth*) penampang (d) dari serat tekan terluar ke pusat gravitasi tulangan tarik, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.

Sangat menantang untuk secara akurat menentukan bentuk dan nilai distribusi tegangan tekan di area tekan penampang beton. Padahal hal tersebut berkaitan dengan konsekuensi pengujian yang dilakukan pada benda uji berbentuk tabung. Akibatnya, para ahli menentukan blok terkompresi di area kompresi penampang balok menggunakan parameter k_1 , k_2 , dan k_3 . Hasil percobaan seperti yang digambarkan pada Gambar 3. dapat digunakan untuk menghitung nilai parameter tersebut (k_1 , k_2 , dan k_3). Nilai (k_1 , k_2 , k_3) menunjukkan nilai resultan dari daya tekan yang terdapat pada penampang poros saat tumpuan bertemu dengan detik puntir. Perbandingan antara tegangan maksimum (*peak stress*) dan tegangan rata-rata (*average stress*), $k_3 f_{1c}$, direpresentasikan oleh parameter k_1 . Sedangkan parameter k_2 merupakan variabel yang digunakan untuk menentukan luas resultan daya tekan (C) pada serat terkanan terjauh dari segmen substansial. Selain itu rasio tegangan maksimum area kompresi balok (tegangan puncak) terhadap kekuatan tekan uji kompresi silinder, f_{1c} , dijelaskan oleh parameter k_3 .



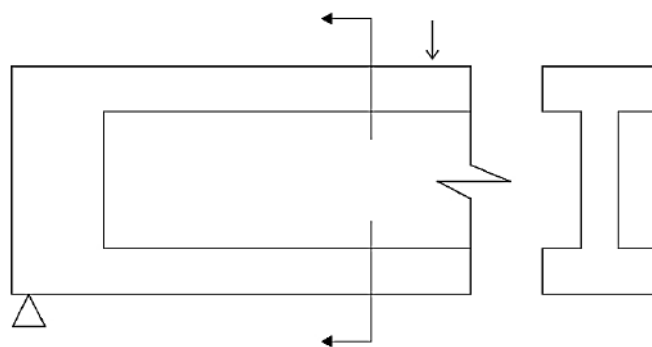
Gambar 4. nilai dari parameter kuat lentur pada balok k_1, k_2, k_3 (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

Regangan pada tulangan baja mungkin lebih besar atau lebih kecil daripada regangan lelehnya, ϵ_s , ketika retakan terbentuk pada tepi luar serat tekan.

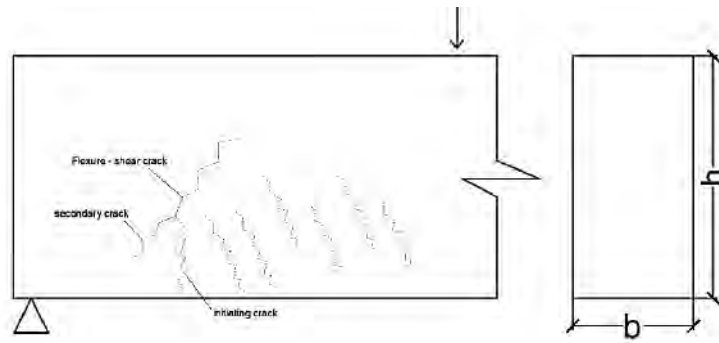
Jika proporsi antara luas tumpuan (A_s) dan luas penampang semen pada umumnya kecil, maka baja penyusun akan mencair terlebih dahulu sebelum pecah pada sisi luar serat tekan. Dengan tujuan agar substansi akan bertindak lunak dengan menunjukkan puntiran yang signifikan sebelum rusak. Kondisi semacam ini dikenal sebagai *under-support*. Bergantian, jika proporsi area penyangga (A_s) dan luas penampang substansial agak besar (artinya: satu ton penyangga digunakan) maka penyangga baja akan tetap fleksibel, tidak dirugikan saat serat tekan eksternal dari segmen substansial terputus. Kondisi ini sangat berbahaya karena kerusakannya bisa tiba-tiba tiba-tiba (rapuh). Keanehan ini dikenal sebagai *over-built up*. *American Concrete Institute* (ACI) membatasi nilai regangan tulangan baja tarik untuk mencegah keruntuhan balok yang rapuh.

2.2.3 Kuat Geser Balok

Patokan penting timbulnya retak (*crack*) pada penampang balok adalah kekhasan regangan miring yang ditimbulkan oleh tekanan geser yang terjadi pada poros. Dengan memberikan balok dengan tulangan geser (*shear reinforcement*) yang biasanya tegak lurus dengan penguatan pengendalian, pola dan lebar retakan yang terjadi dapat dikendalikan.



Gambar 5. *Web shear crack*, (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)



Gambar 6. *flexure shear crack* (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

Pada Gambar 5, Retakan permukaan *web-shear-crack* di bagian badan balok dikenal sebagai retakan pada *balck prestressed*. Patah semacam ini muncul di poros tanpa untuk permulaan patah karena adanya gaya lentur.

Umumnya, kondisi putus seperti ini jarang terjadi pada balok non-prategang (balok umumnya digunakan pada struktur rangka). Sementara itu, patahan yang tampak sebelumnya dengan adanya patahan akibat puntir adalah *flexure-shear-crack*, seperti diperlihatkan pada Gambar 6. Jenis patahan ini juga disebut *initiating crack* yang sering timbul pada balok, baik balok pratekan maupun non-prategang. Dengan hal ini, pekerjaan dukungan geser di bar sangat penting untuk mencegah kerusakan akibat *shear failure*.

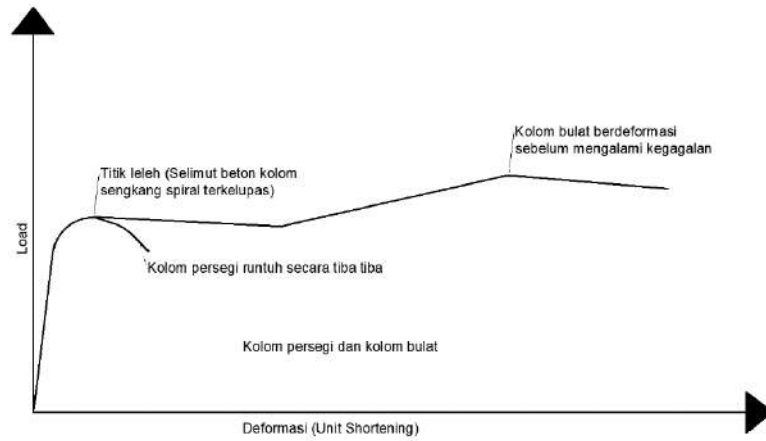
2.2.4 Stuktur Kolom

Ketika beton dan tulangan baja bekerja sama terhadap kondisi tekanan, beban yang diperoleh (beton dan baja) berubah terus-menerus selama jangka waktu penumpukan. Berdasarkan teori elastis, tegangan awal pada tulangan (ES/EC) lebih besar dari pada beton. Baja tulangan secara bertahap memikul beban yang lebih banyak dari kapasitas lenturnya ketika kolom mengalami rangkak.

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.

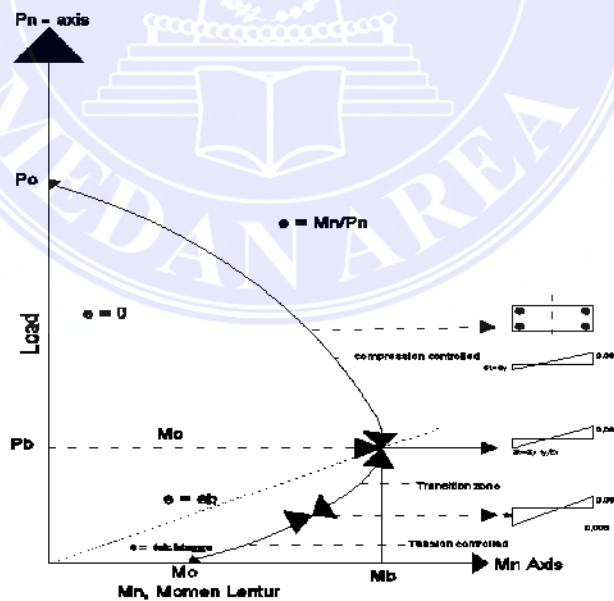
Ini berbeda dengan perilaku kolom persegi, yang tidak memiliki kapasitas deformasi yang sama dengan kolom bulat. Hubungan *force – deformation* dari sebuah kolom persegi hanya memiliki satu puncak, Ketika kondisi ini terjadi, penutup pada bagian tersebut akan terlepas dan tumpuan longitudinal antara 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.



Gambar 7. *Space truss analogy* (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

Kombinasi kompresi aksial dan beban momen diterapkan pada kolom, komponen struktural. Sejumlah kombinasi gaya dimungkinkan sebagai hasil 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 7.



Gambar 8. diagram interaksi P – M elemen kolom (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

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 ekstrim (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*).

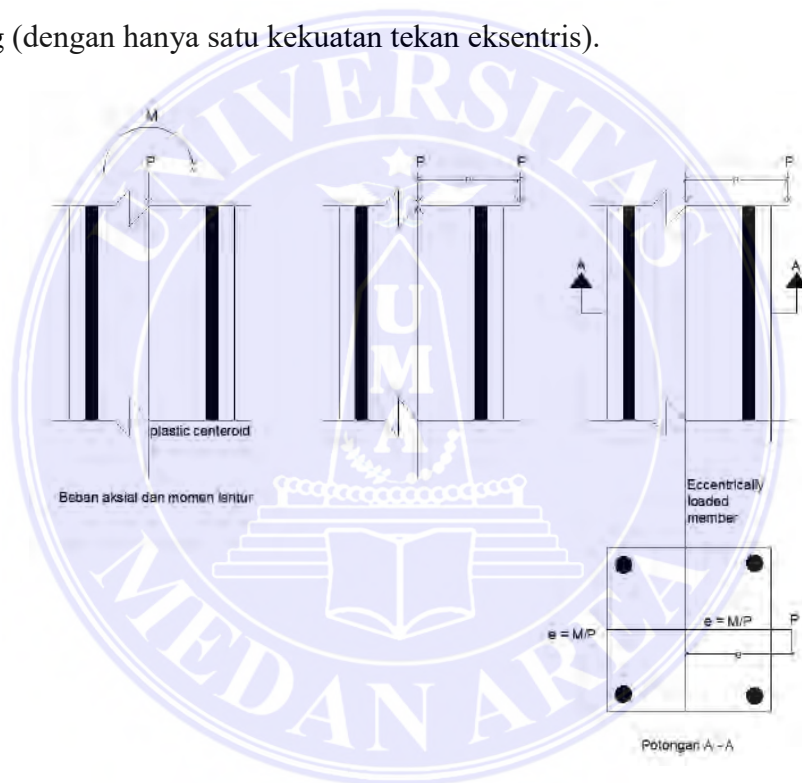
Compression control limit adalah nama lain untuk kondisi regangan yang seimbang (batasan kontrol tekan). Ini berarti bahwa jika komunikasi P dan M melewati batas ini, keadaan segmen diklasifikasikan sebagai *compression controlled*, faktor penurunan kolom adalah 0,75 pada kolom bulat dan 0,65 pada kolom persegi. seperti halnya yang ditentukan dalam SNI 2847-2019; Hal-472. Berbeda untuk zona yang ada dibawah *compression control limit*, dibagi dua bagian yaitu: *tension controlled* dan *transition zone*.

Rasio lapisan ekstrim tulangan tarikan terhadap kondisi tegangan terkendali (*tension controlled*) adalah $t \leq 0,005$ 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.

Pada gambar juga terlihat bahwa korelasi antara P/M dapat dinyatakan dalam artian (e). Pada saat bagian tersebut baru saja mendapat beban tekan yang

tidak biasa, bagian kolom tersebut akan mendapatkan pengaruh tekan dan momen secara bersamaan. Momen yang muncul karena dampak dari tumpukan yang tidak biasa. Selanjutnya dalam diagram interaksi P - M, sumbu vertikal dari grafik membahas nilai $e = 0$ dan sumbu horizontal dari grafik menyatakan $e = \infty$.

Gagasan tentang beban eksentris sering kali digunakan sebagai metodologi dalam pengujian dan siklus konfigurasi desain struktur beton bertulang yang didukung untuk mengkomunikasikan gaya aksial tekan dan momen yang sangat penting (dengan hanya satu kekuatan tekan eksentris).



Gambar 9. kolom yang dibebani beban eksentris (Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019)

2.3 Pembahasan Struktur

Pembahasan ini akan membahas tentang struktur yang diperoleh dari proyek penelitian di Gedung Menara Bank Republik Indonesia (BRI) Medan. Hal ini tergantung pada estimasi struktur usaha dan pemeriksaan perhitungan dan hasil perhitungan dari berbagai tinjauan.

2.3.1 Mutu Beton

Sementara pada kondisi *tension controlled*, elemen-elemen dalam struktur menerima mutu beton yang berbeda-beda berdasarkan signifikansi spesifik dan kasus pada bangunan. Mutu beton ini berlaku untuk berbagai bagian, termasuk pondasi, kolom, balok, pelat atap, dan pelat lantai. Kekuatan khas silinder beton (f_c) dihitung berdasarkan kekuatan beton yang dicapai setelah usia 28 hari, yakni sebagai berikut :

Tabel 1. kolom yang dibebani beban eksentris (Data Lapangan, 2023)

Tiang Bor	25 MPa
<i>Pile cap</i> dan <i>Raft</i>	35 MPa
Dinding Basement	5 MPa
Dinding Utilitas (STP, GWT, Kolam)	5 MPa
Kolom Dan Dinding Geser	5 MPa
Balok dan Pelat	5 MPa
Tangga dan <i>Ramp</i>	5 MPa
<i>D Wall</i>	0 MPa

2.3.2 Baja Tulangan

Berbagai jenis dan tegangan leleh (f_y) baja tulangan yang dipergunakan adalah :

Tabel 2. Baja Tulangan (Data Lapangan, 2023)

$D < 10$ mm	(BJTP) 280 fy	280 MPa
$D \geq 10$ mm	(BJTS) 520 fy	520 MPa
	(BJTS) 420B fy	420 MPa

BJTS 420B khusus dinding geser, longitudinal kolom (pelat struktur atas dan balok).

2.3.3 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan adalah nilai koefisien yang menggabungkan antara angka kekuatan yang sebenarnya dengan kekuatan nominal atau teoritik struktur elemen. Faktor reduksi kekuatan Φ yakni sebagai berikut :

Tabel 3. Faktor Reduksi Kekuatan (Data Lapangan, 2023)

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

2.4 Beban Struktur

2.4.1 Beban Mati (DL)

Beban mati adalah berat semua bagian yang tepat dari suatu struktur, termasuk penambahan mesin, beban, *Finishing*, dan peralatan yang tidak dapat dipisahkan dari struktur. Adapun beban mati tersebut diperoleh pada tabel beban mati pada PPURG-1987 (pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah & Gedung), halaman 5-6.

2.4.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup merupakan setiap pembebanan yang sudah terjadi karena keberadaan atau pemakaian suatu struktur dan kedalamannya mengingat beban untuk lantai yang berasal dari barang atau benda bergerak, perangkat keras dan peralatan yang bukan merupakan bagian dari struktur dan dapat diganti selama keberadaan struktur tersebut. Hal ini membawa perubahan pada susunan lantai dan atap. Khusus pada atap, beban hidup dapat berasal dari air hujan, yang dapat berasal dari genangan air atau dari tekanan jatuh butiran air (energi kinetik).

Adapun beban hidup tersebut diperoleh pada tabel beban hidup pada PPURG-1987 (pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah & Gedung), halaman 12.

2.4.3 Beban Gempa

Peraturan perencanaan beban gempa SNI 1726:2019 menjelaskan bahwa elemen-elemen terkait estimasi analisis beban gempa diilustrasikan dalam bentuk aspek geografis, faktor kebutuhan pada bangunan, kelas desain seismik, dan kerangka ketahanan kekuatan gempa.

Untuk menentukan nilai daripada respons spektrum yang akan dibuat pada beban gempa, tahap pertama akan dilaksanakan Analisa klarifikasi situs berdasarkan data lokasi pekerjaan yang dilaksanakan.

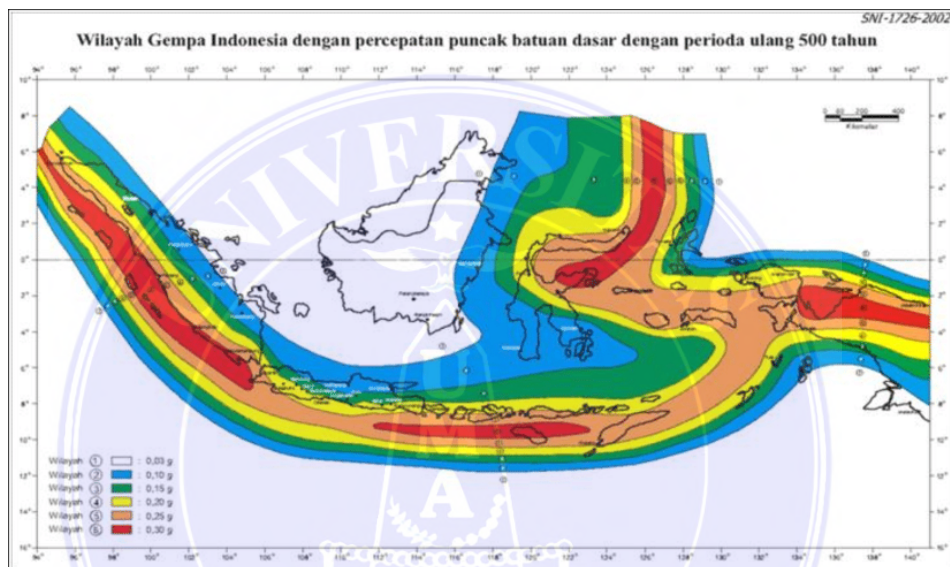
Untuk tahap proses penelitian, disini penulis memakai data informasi dari Aplikasi ataupun website Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 Puskim PU pada Gambar 10. yang telah dikembangkan oleh berbagai pihak, seperti halnya Institut Teknologi Bandung (ITB) dan PUPR (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) untuk menentukan percepatan berdasarkan koordinat lokasi.

Berdasarkan pada peta (Lintang = 3.5933417624869914 Bujur = 98.67690861225128) Parameter Gerak Tanah pada gambar dibawah ini diperoleh data respon spektrum gempa pada wilayah tersebut, sesuai dengan SNI 1726 – 2019.

Dalam menentukan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), perlu dihitung pada dua respons spektral percepatan yaitu 0,2 detik dan 1 detik, untuk peta pergerakan tanah seismik dengan toleransi 2% kemungkinan melebihi dalam 50

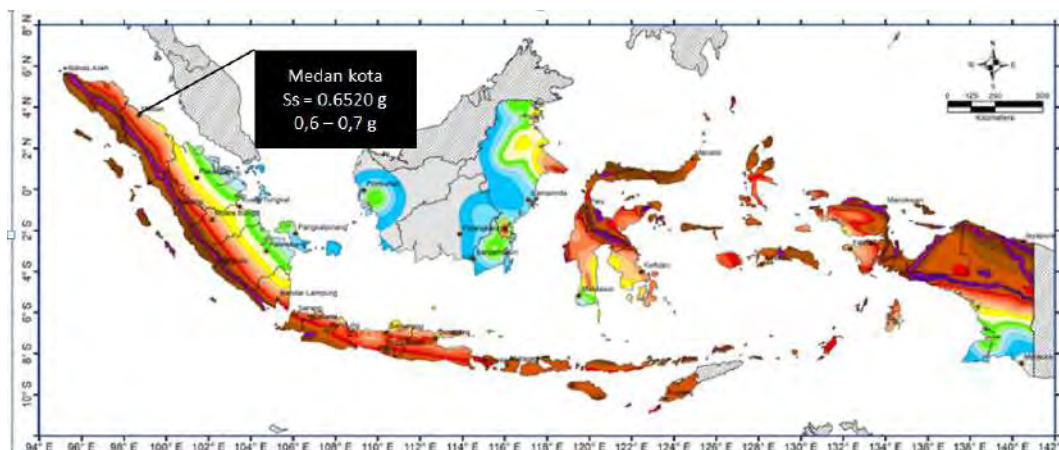
tahun (MCER1 2% dalam 50 tahun). Selain itu, kedua parameter ini dapat diungkapkan dalam bentuk bilangan desimal berdasarkan percepatan gravitasi.

- $S_s = 0.6520$ g
- $S_1 = 0.3605$ g.
- $PGA = 0.15$ g
- $TL = 20$ detik

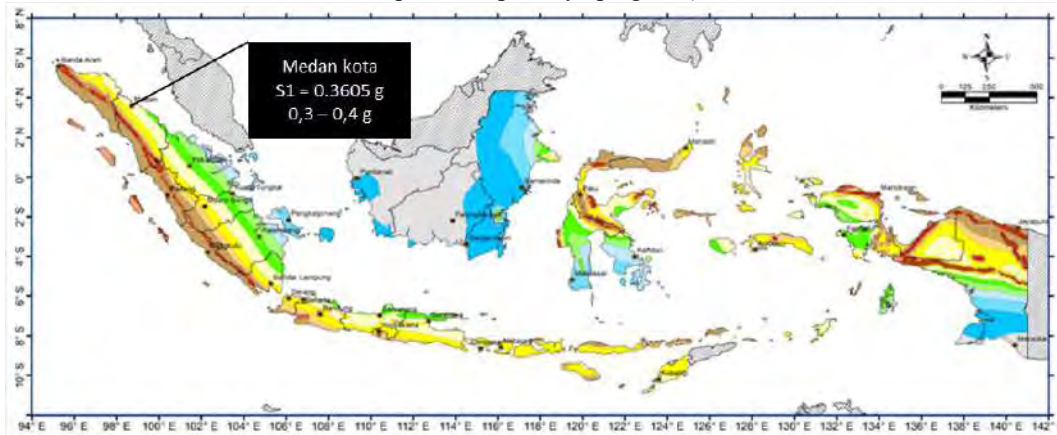


Gambar 10. Percepatan Gempa Dasar SNI 03-1726-2002 (BSN, SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa, 2002)

Berdasarkan Gambar 10 yaitu SNI 03-1726-2002, wilayah Kota Medan termasuk kedalam wilayah 3 dengan nilai percepatan gempa dasar yaitu 0.15 g.



Gambar 11. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021
<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)



Gambar 12. S₁ Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021
<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)

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

Faktor amplifikasi :

Tabel 4. Koefisien situs, F_a (SNI 1726-2019 pada halaman 34)

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 ≤ 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.

Tabel 5. Koefisien situs, F_v (SNI 1726-2019 pada halaman 34)

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 pendek 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	$SS^{(a)}$					

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

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

Parameter spektra desain didapatkan :

$$M_{Ms} = Fa \times Ss \quad (2.1)$$

$$M_{M1} = Fv \times Ss \quad (2.2)$$

$$Sds = \frac{2}{3} \times M_{Ms} \quad (2.3)$$

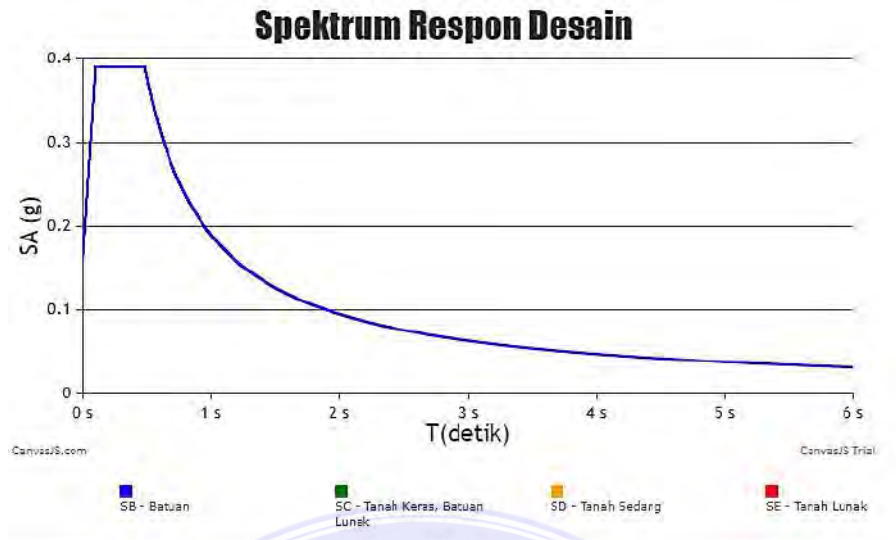
$$Sd1 = \frac{2}{3} \times M_{M1} \quad (2.4)$$

- $M_{Ms} = 0,523$

- $M_{M1} = 0,331$

- Sds (Periode Pendek) 0,39 g

- $Sd1$ (Periode 1 Detik) ; 0,19 g



Gambar 13. Grafik Spektrum Respon Desain (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021 <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)

Tabel 6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons perkmcepatan pada periode pendek (SNI 1726-2019 pada halaman 37)

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 7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726-2019 pada halaman 37)

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

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, maka kurva spektrum respon desain harus dibuat mengacu pada gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan yang tercantum di bawah ini :

1. Bagi periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon desain S_a perlu diambil dari persamaan yang relevan.

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (2.5)$$

2. 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_{DS1} .
3. 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 persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.6)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (2.7)$$

Keterangan:

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

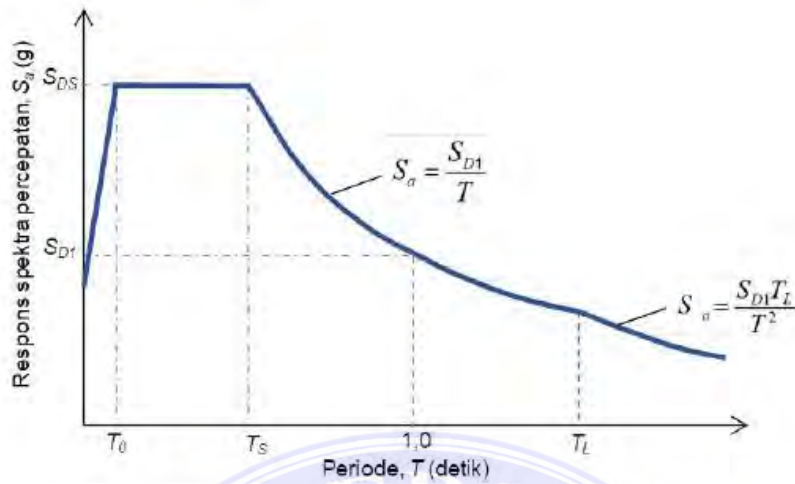
S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = Gambar 2.13 menampilkan peta transisi untuk periode panjang.



Gambar 14. spektrum respon desain berdasarkan SNI 1726-2019 (SNI-1726-2019, pada halaman 36)

2.4.4 Kombinasi Pembebanan Struktur

Dari penjelasan di atas dan informasi sebelumnya serta informasi setelahnya mengenai gempa, faktor redundansi ρ diambil sebagai 1,0. Berdasarkan SNI 2847-2019, pada Tabel 5.3.1 di Halaman 84, berikut adalah kombinasi pembebanan untuk perencanaan struktur :

- Comb 1 = 1,4 D
- Comb 2 = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
- Comb 3 = 1,2 D + 1,6 Lr atau R + (1,0 L atau 0,5 W)
- Comb 4 = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr atau R)
- Comb 5 = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L
- Comb 6 = 0,9 D + 1,0 W
- Comb 7 = 0,9 L + 1,0 E

Keterangan :

D : Beban Mati

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

L : Beban Hidup

Lr : Beban Hidup Atap

R : Beban Hujan

2.5 ETABS

ETABS (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk analisis struktur bangunan, termasuk pemodelan, desain, dan analisis struktur. ETABS dikembangkan oleh perusahaan teknik sipil CSI (*Computers and Structures, Inc.*) dan digunakan oleh insinyur sipil dan arsitek di seluruh dunia.

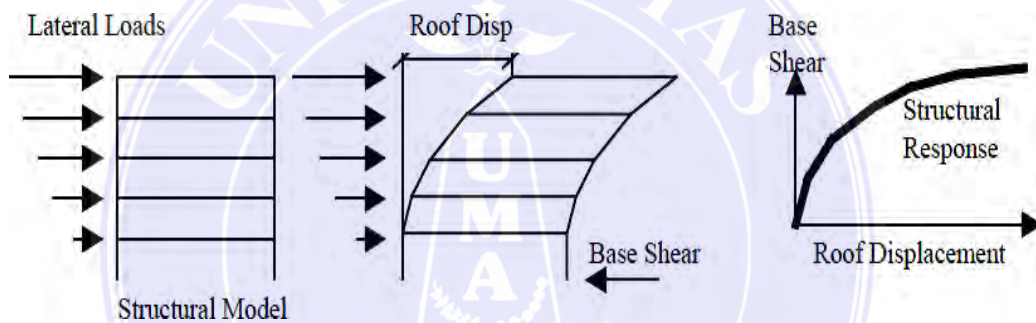
ETABS memungkinkan pengguna untuk membuat model struktur yang kompleks dengan menggunakan elemen-elemen seperti kolom, balok, dinding, pelat, dan elemen non-linear seperti kabel, pengencang, dan elemen kontak. Selain itu, ETABS juga memiliki kemampuan untuk melakukan analisis dinamik, termasuk analisis respons spektrum dan analisis respons waktu. ETABS juga menyediakan berbagai opsi untuk menganalisis gaya-gaya seperti beban gravitasi, beban angin, beban gempa, dan beban lainnya yang diperlukan dalam desain struktur bangunan. Hasil analisis dapat ditampilkan dalam berbagai format, termasuk grafik, diagram, dan tabel

2.6 Analisa Pushover

Analisis statik nonlinier merupakan tahap penyelidikan perilaku kerusakan struktur terhadap getaran seismik. Analisis ini juga dikenal sebagai analisis pushover atau analisis beban dorong statis. Dalam analisis ini, contoh beban

lateral statik diberikan pada konstruksi, kemudian diperluas secara bertahap dengan faktor pengali hingga mencapai pemindahan horizontal yang diinginkan dari titik referensi. Biasanya, titik referensi ini berada di *rooftop* (atap) atau lebih tepatnya titik fokus massa *rooftop*.

Adapun tujuan analisa *pushover* adalah untuk mengukur kekuatan dan kerusakan paling ekstrim yang terjadi dan untuk mendapatkan potongan informasi data dasarnya. Jika dibandingkan dengan hasil analisis dinamik *non-linier*, banyak penelitian telah memperlihatkan bahwa analisis *pushover* dapat memberikan hasil yang memadai untuk struktur reguler dan rendah.



Gambar 15. Analisa *pushover* (titono, tesis FT UI)

Kurva *pushover* pada Analisa *pushover* diperhatikan pada Gambar 14, Sebuah kurva yang mewakili hubungan antara gaya geser fundamental (V) dengan pergerakan titik acuan di atap (D). Dalam sistem *pushover*, konstruksi didorong hingga melunak setidaknya satu area dalam desain. Kurva kapasitas akan menunjukkan kondisi langsung sebelum sampai pada kondisi pelunakan dan kemudian bertindak tidak lurus. Pola penyebaran gaya lateral beban dorong berpengaruh pada kurva *pushover*.

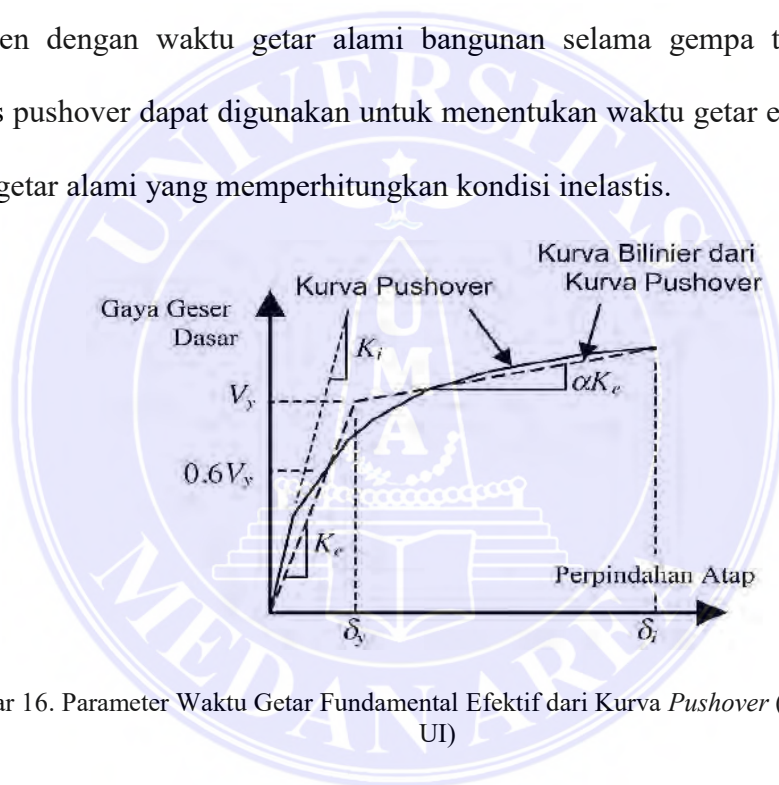
2.6.1 Tahapan Pertama Analisa Pushover

Tahapan utama dalam analisa pushover adalah :

1. Menentukan titik kontrol sejauh mana pergerakan konstruksi. Kurva *pushover* dibuat dengan merekam besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar.
2. Buat kurva *pushover* mengingat berbagai contoh alokasi gaya lateral, terutama yang identik dengan alokasi gaya inersia, jadi wajar jika kerusakan terjadi secara praktis mirip atau mendekati perubahan bentuk yang terjadi karena getaran gempa. Karena gagasan nilai getaran gempa itu meragukan, penting untuk membuat beberapa contoh pola pembebanan lateral yang berbeda untuk mendapatkan keadaan yang paling meyakinkan.
3. Penilaian hambatan horizontal selama rencana seismik tremor (target perpindahan). Titik kontrol didorong ke titik level perpindahannya, yang merupakan jumlah penguncian maksimum yang disebabkan oleh intensitas gempa rencana.
4. Menilai tingkat presentasi kinerja struktur ketika titik kontrol tepat pada target pergerakan: adalah fokus utama perencanaan berbasis kinerja. Beberapa komponen struktur dan aktivitas pelaksanaannya dapat dianggap berhasil jika memenuhi ukuran yang telah ditetapkan sejak awal, baik untuk syarat deformasi maupun kekuatan. Proses ini harus sepenuhnya dilakukan oleh komputer karena banyaknya komponen yang dievaluasi (*pushover* dan fasilitas evaluasi kinerja dibangun ke dalam program ETABS, mengacu pada ASCE 41-17 dan ATC-40).

2.6.2 Waktu getar alami efektif

Pemeriksaan *eigen-value* sering digunakan untuk mengidentifikasi periode getar alami bangunan yang teratur. Informasi ini sangat penting untuk menentukan besar gaya gempa yang akan dihadapi oleh struktur bangunan tersebut. Pemeriksaan *eigen-value* dilakukan dengan menggunakan data dalam keadaan elastis linear, meskipun saat terjadi gempa, struktur mengalami perilaku inelastis yang berubah-ubah. Akibatnya, temuan analisis nilai *eigen-value* tidak konsisten dengan waktu getar alami bangunan selama gempa terkuat. Kurva analisis pushover dapat digunakan untuk menentukan waktu getar efektif, T_e , atau waktu getar alami yang memperhitungkan kondisi inelastis.



Gambar 16. Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva *Pushover* (titono, tesis FT UI)

Oleh karena itu, kurva *pushover* diubah menjadi kurva bilinear untuk mengukur kekakuan horizontal yang kuat dari struktur, K_e , dan kekuatan leleh struktur, V_y . Kekakuan garis potong, yang dihitung dengan menggunakan gaya geser dasar sebanyak 60% terhadap kekuatan leleh, dapat digunakan untuk menentukan kekakuan lateral efektif. Prosedurnya adalah *trial-and-error* didorong

karena kekakuan lateral yang efektif pada persimpangan kondisi elastis (K_e) dan inelastis (αK_e) menentukan kekuatan leleh.

2.6.3 Target Perpindahan

Setiap gaya dan deformasi pada setiap komponen atau elemen dihitung berdasarkan "perpindahan tertentu" pada titik kontrol yang disebut sebagai "perpindahan target" yang dilambangkan dengan notasi " δ_t ". Perpindahan target ini dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi ketika bangunan mengalami gempa terencana. Analisis *pushover* diperlukan untuk memahami perilaku struktural setelah terjadi kegagalan. Dalam analisis ini, dibuat kurva hubungan untuk gaya geser dasar dan perpindahan horizontal kontrol yang mencakup setidaknya 150% dari perpindahan target (δ_t) yang dituju. Saran untuk merancang tikungan lemah sampai setidaknya 150% dari tujuan pengambilan adalah sehingga lebih menampakkan bahwa sistem perilaku struktur melewati keadaan yang di *setting* dan harus dipahami bahwa target pemindahan hanyalah nilai normal. beban gempa rencana.

Dalam analisis *pushover*, diperlukan pengaruh kombinasi beban mati dan setidaknya 25% dari beban hidup. Beban-beban ini harus dimasukkan ke dalam analisis dan diterapkan sebagai beban lateral dengan pola tertentu yang mensimulasikan beban gempa. Beban lateral akan diterapkan pada titik fokus massa untuk setiap lantai. Agar simulasi beban gempa acak dapat menentukan pola beban mana yang memiliki efek terburuk, FEMA 356 mensyaratkan setidaknya dua pola beban yang berbeda disediakan. Selain itu, beban didistribusikan secara bertahap dalam satu arah (monotonik).

Gaya dan deformasi yang terjadi saat perpindahan titik kontrol setara dengan perpindahan target berfungsi sebagai dasar untuk kriteria evaluasi tingkat kinerja dalam kondisi bangunan. Jadi batas tujuan yang terlepas sangat diperlukan untuk perencanaan berdasarkan eksekusi

a) Metode Koefisien Perpindahan (ASCE 41-17)

Metode ini berkaitan langsung dengan akselerasi spektra, S_a , dan dimulai dengan menentukan waktu getar alami, T_e , yang memperhitungkan keadaan inelastis struktur. Durasi getar alami efektif ini mencerminkan ketegasan langsung dari kerangka SDOF yang serupa. Percepatan puncak, S_a , dan waktu getar, T_e , akan digambarkan pada spektrum respons elastis untuk menunjukkan percepatan gerakan tanah saat terjadi gempa. Redaman yang selalu digunakan adalah sebesar 5%, ini merupakan tingkat yang diharapkan terjadi pada struktur dengan respons elastis. Percepatan spektral, S_a , memiliki keterkaitan langsung dengan perpindahan puncak spektrum elastis, S_d , dengan hubungan berikut:

$$S_d = \frac{T_e^2}{4\pi^2} S_a \quad (2.8)$$

Selanjutnya target perpindahan pada titik kontrol δT , ditentukan dari rumus berikut :

$$\delta T = C_0 C_1 C_2 C_3 C_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g \quad (2.9)$$

Dimana:

T_e = waktu getar alami efektif yang mempertimbangkan keadaan inelastic

C_0 = Koefisien faktor bentuk digunakan untuk mengonversi perpindahan spektral menjadi perpindahan pada atap bangunan. Biasanya, faktor partisipasi mode pertama (*first mode participation factor*) digunakan atau dapat dirujuk pada Tabel dari FEMA 356 untuk hal tersebut.

C_1 = faktor modifikasi yang menggabungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dapat dijumlahkan dari respon elastik linier.

= 1.0 untuk $T_e \geq T_S$

= $[1.0 + (R - 1)T_S/T_e] / R$ untuk $T_e < T_S$ (4)

T_S = Waktu getar karakteristik adalah hasil yang didapatkan dari kurva respons spektrum pada titik di mana terjadi peralihan dari bagian akselerasi konstan menjadi bagian kecepatan konstan.

R = rasio “kuat elastik perlu” untuk “koefisien kuat leleh terhitung”.

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (2.10)$$

S_a = akselerasi respons spektrum yang cocok dengan durasi getar alami efektif pada tujuan yang dianalisis.

V_y = gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva pushover menjadi bilinear.

W = Jumlah total beban mati dan beban hidup yang dapat dikurangi.

C_m = faktor massa efektif yang dikutip dari Tabel 3 sampai 1 dari FEMA 356.

C_2 = Koefisien yang mempertimbangkan efek "pinching" pada hubungan antara beban dan deformasi akibat penurunan kekakuan dan kekuatan, mengacu pada Tabel 3-3 dari FEMA 356.

C_3 = koefisien untuk mewakili pembesaran horizontal karena dampak P-delta. Koefisien diperoleh persis dari investigasi terukur dari pemeriksaan riwayat waktu non-linear dari SDOF dan diambil dalam pandangan penilaian *engineering judgement*, di mana cara berperilaku hubungan gaya geser dasar - deformasi dalam kondisi pasca-leleh positif dalam kekokohan (kurva menanjak). maka nilai C_3 adalah 1. Namun, jika perilaku pasca lelehnya adalah negatif (kurva menurun), nilai C_3 akan berbeda maka,

$$C_3 = 1.0 + \frac{\alpha(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (2.11)$$

α = Hubungan antara kekakuan pasca leleh dan kekakuan elastik efektif dinyatakan sebagai rasio, dengan asumsi gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurvabilinier, sebagaimana terlihat dalam waktu getar efektif.

g = percepatan gravitasi 9.81 m/det^2 .

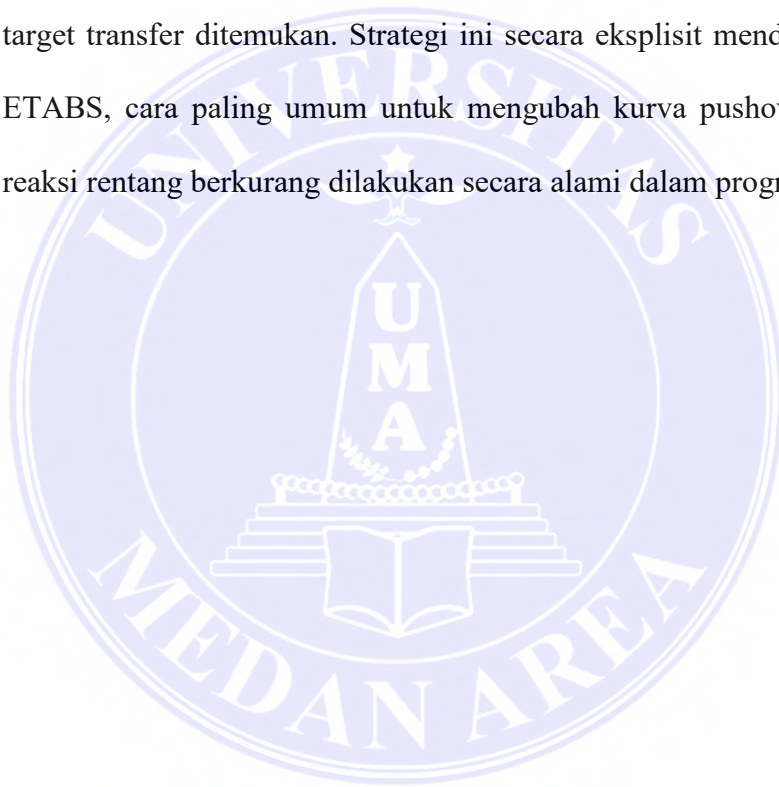
b) Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Dalam metode Spektrum Kapasitas, langkah awalnya adalah membuat kurva hubungan relokasi daya yang memperhitungkan keadaan inelastis pada desain. Kurva ini kemudian digunakan untuk menghasilkan desain ADRS (*Acceleration Displacement Response Spectrum*).

Kurva kapasitas direvisi menjadi spektrum kapasitas (*capacity spectrum*), dan respons spektrum diubah menjadi *Acceleration Displacement Response Spectrum* (ADRS). Format ADRS merupakan hasil penggabungan antara *acceleration dan displacement response spectrum*, dengan percepatan (S_a) sebagai sumbu x dan perpindahan (S_d) sebagai sumbu y, sementara periode (T) diwakili oleh garis miring dari pusat sumbu. Transformasi ini menerjemahkan hubungan kurva gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol dengan memanfaatkan sifat kuat kerangka struktur, yang menghasilkan kurva kapasitas struktur. Format ADRS juga digunakan untuk mengubah gerakan tanah gempa, memungkinkan plot kurva kapasitas sejajar dengan gaya seismik yang dibutuhkan. Dalam konfigurasi ini, waktu getar ditampilkan sebagai garis radial dari titik fokus sumbu.

Waktu getaran yang sama (ekuivalen), T_e , dipandang sebagai garis potong dari waktu getaran yang tepat di mana gerakan tanah seismik yang sangat berkurang karena dampak redaman yang serupa menyatu pada kurva kapasitas. Solusi untuk memperoleh perpindahan inelastis maksimum (titik kinerja) mempunyai sifat iteratif karena waktu getar ekuivalen dan redaman berhubungan dengan perpindahan. ATC-40 mengantisipasi penurunan kekuatan dan kekakuan secara bertahap dengan menetapkan batas redaman yang setara. Rentang reaksi sebagai ADRS kemudian diubah dengan memasukkan dampak redaman layak yang terjadi karena pengaturan sendi plastis. Spektrum ini dikenal sebagai *demand spectrum*.

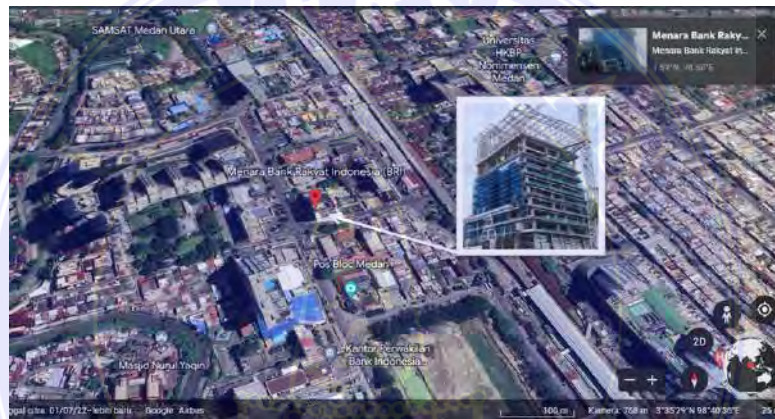
Metode spektrum kapasitas menggunakan format ADRS untuk menampilkan tiga grafik secara grafis: spektrum kapasitas, spektrum respons, dan spektrum permintaan. Untuk mengetahui cara kerja konstruksi yang layak untuk kekuatan gempa tertentu, kurva kapasitas kemudian disandingkan dengan tuntutan (*demand*) sebagai rentang reaksi untuk kekuatan gempa yang berbeda (periode pengulangan). Titik di mana spektrum permintaan dan spektrum kapasitas bertemu adalah di mana target transfer ditemukan. Strategi ini secara eksplisit mendasari program ETABS, cara paling umum untuk mengubah kurva pushover dan kurva reaksi rentang berkurang dilakukan secara alami dalam program.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Tempat lokasi penelitian dilaksanakan pada Pembangunan Menara BRI Kota Medan yang bertempat di Jalan. Putri Hijau No. 2 Kec.Medan Timur, Kab. Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia. Pada Gambar 3.1 lokasi proyek ini termasuk lokasi strategis yang berada di tengah-tengah kota dengan dominasi bangunan perkantoran dan tingkat mobilitas masyarakat yang tinggi.

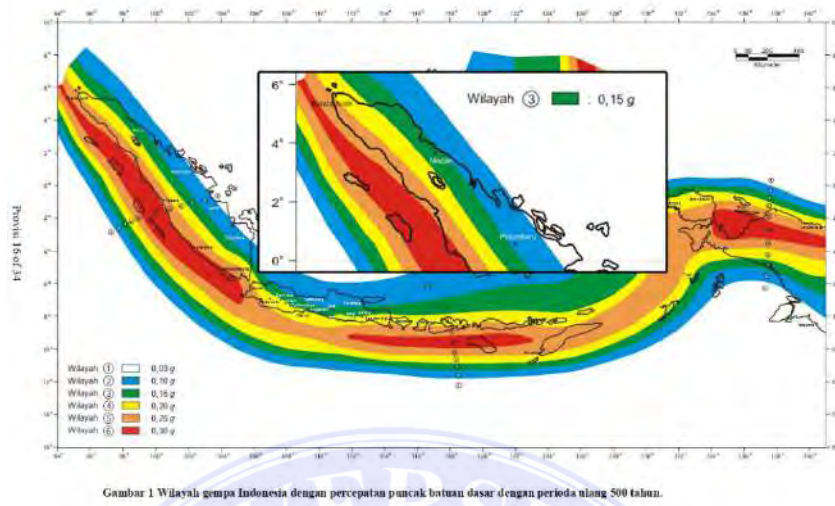


Gambar 17. Lokasi Penelitian (menggunakan aplikasi google earth <https://earth.google.com>)

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, penulis menggunakan teknik pengumpulan data sekunder dimana data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu dapat berupa *soft file* ataupun denah bestek berbentuk fisik yang diperoleh dari tempat lokasi penelitian dilakukan. Adapun data pendukung yang lain seperti *website* Puskim PU, SNI 2847-2019, PPURG 1987 dan SNI 03-1726-2002 untuk memperoleh data nilai percepatan gempa dan pembebanan struktur pada area penelitian, dan juga berbagai penelitian sebelumnya sebagai referensi penelitian ini. Tabel ataupun gambar yang berisi informasi data-data teknis tersebut yaitu :

1. Nilai Percepatan Gempa (PGA) SNI 03-1726-2002

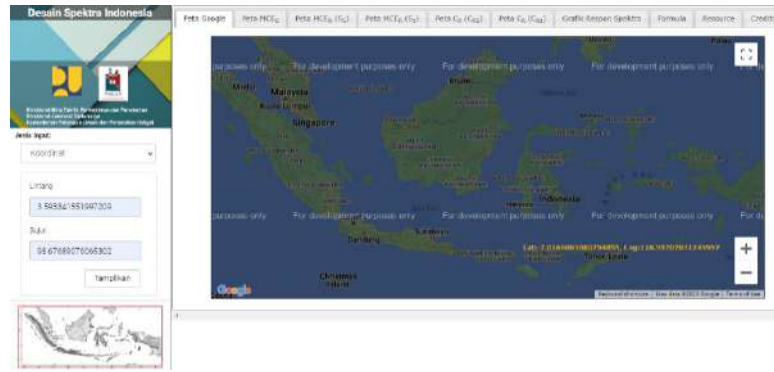


Gambar 18. SNI 03-1726-2002 Wilayah Medan (BSN, SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa, 2002)

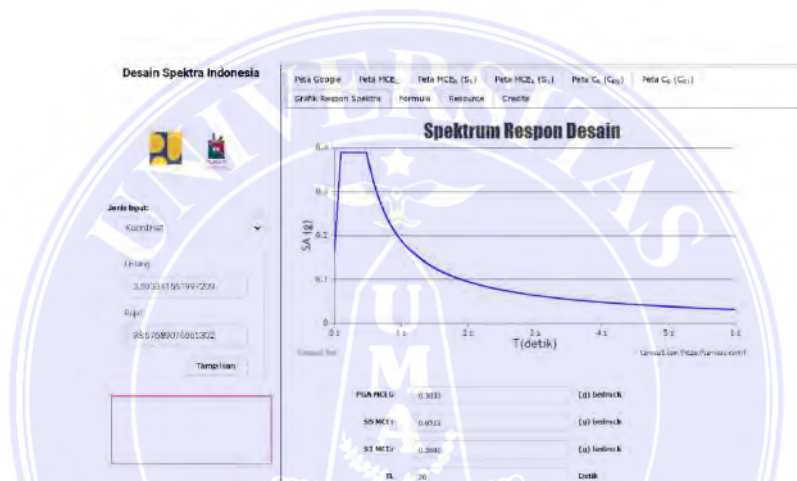
Berdasarkan Gambar 18. dapat disimpulkan untuk wilayah zona Kota Medan termasuk kedalam wilayah 3 dengan nilai percepatan gempa PGA sebesar 0.15 g.

2. Puskim Desain Spektra Indonesia SNI 2847-2019

Peta sumber dan potensi bahaya Gempa yang terjadi di Indonesia (revisi terbaru 2021) yang disusun oleh Tim Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN) mengacu pada *Software* Desain Spektra Indonesia Puskim PU. pengembangan software ini juga dibantu oleh berbagai instansi yang berkompeten pada bidangnya seperti, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Balai Penelitian dan Pengembangan, dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Gambar 19. Halaman Depan Web Desain Spektra Indonesia Puskim PU (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021 <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)



Gambar 20. Grafik nilai respon spektrum (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021 <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)

Berdasarkan Gambar 19. dan Gambar 20. untuk area Proyek Pembangunan Menara BRI Kota Medan adalah diperoleh nilai S_s sebesar 0.6520 g dan S_1 sebesar 0.3605 g.

3. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987)

Dalam menentukan beban mati dari sebuah struktur, perlu dipertimbangkan berat sendiri dari bahan-bahan bangunan yang diperlukan dan beberapa komponen gedung yang harus dihitung. Informasi mengenai beban mati ini dapat ditemukan dalam tabel yang disediakan.

Tabel 8. Beban mati berdasarkan bahan bangunan (PPURG 1987, halaman 5)

Komponen gedung	Besarnya beban
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Adukan per cm tebal dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	450 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 20 cm	200 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 10 cm	120 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Kaca dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²
Punutup lantai dari ubin semen portlant, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Tabel 9. Beban mati berdasarkan komponen gedung (PPURG 1987, halaman 5-6)

Komponen gedung	Besarnya beban
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Adukan per cm tebal dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	450 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 20 cm	200 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 10 cm	120 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Kaca dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²
Punutup lantai dari ubin semen portlant, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

3.3 Data Stuktur Gedung

Untuk penelitian ini, data yang dipergunakan diperoleh oleh penulis melalui pengamatan lapangan yang mencakup gambar arsitektur dan referensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia dari situs puskim.pu.go.id. Data tersebut dianalisis dengan metode yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 - 2019.

Data teknis yang digunakan penulis dalam penelitian ini meliputi :

- a. Lokasi Studi Kasus : Jl. Putri Hijau No.2A, Medan-Sumatera Utara
- b. Jenis Bangunan : Struktur Beton bertulang/Gedung
- c. Material bangunan : Beton Bertulang
- d. Fungsi Bangunan : Perkantoran
- e. Jumlah Lantai : 10 Lantai
- f. Tinggi Struktur Bangunan : 54 m (Total keseluruhan bangunan)
- g. Tinggi Lantai Tipikal : $\pm 4,2$ m

3.4 Tahapan analisis

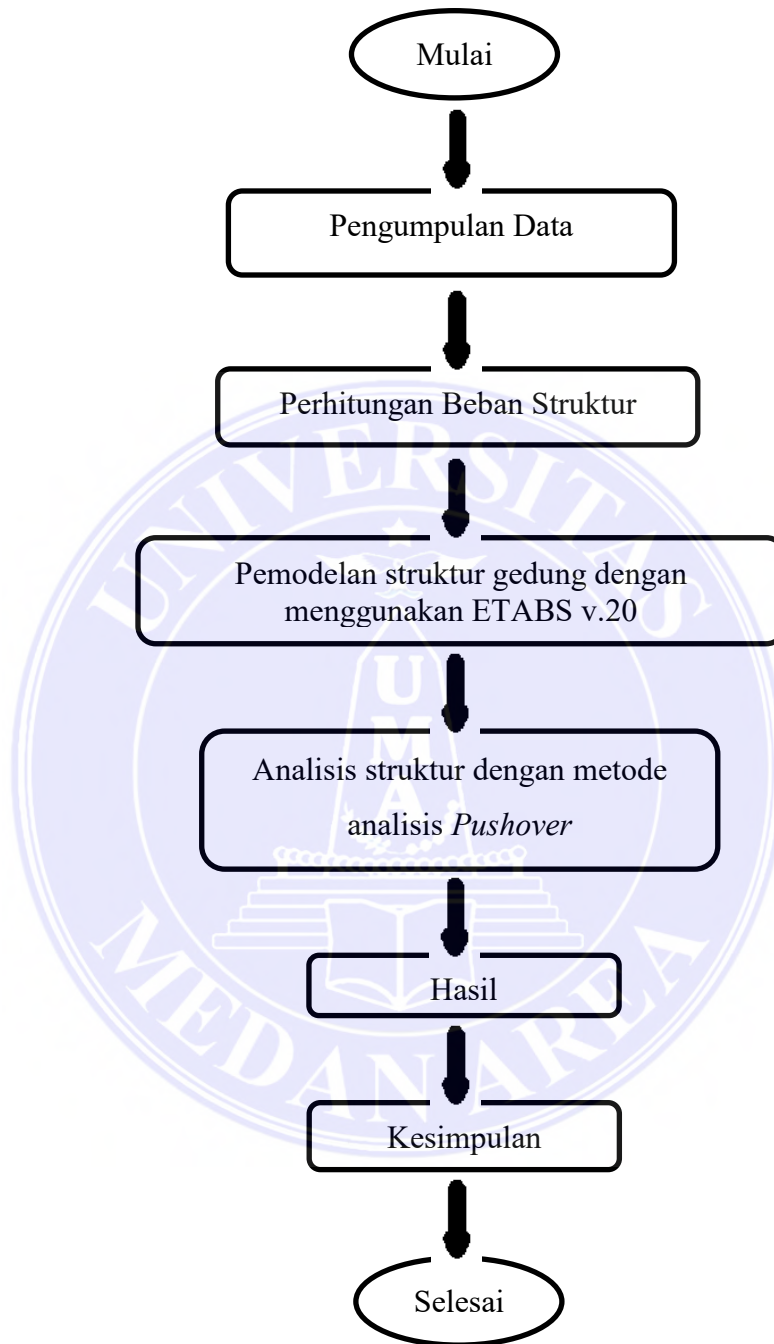
Tahap ini merupakan rancangan rencana pada tahap- tahap peneltiaian awal dari pengumpulan data sampai data diperoleh dan diolah untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan akhir. Adapun tahapan analisis yang akan dilakukan penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan review jurnal, maupun buku panduan yang terkait dengan analisa analisa struktur bangunan.
2. Menentukan dan membuat daftar data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian.
3. Melakukan tahapan perhitungan pembebanan struktur, yaitu:
 - Beban Hidup
 - Beban Mati
 - Beban Gempa
4. Mempersiapkan perangkat untuk tahapan analisis, dalam hal ini instalasi program *software* ETABS terbaru versi 20.

5. Melakukan tahap pemodelan struktur gedung menggunakan program ETABS v.20
6. Analisis struktur dengan analisis Metode *pushover*
7. Menyimpulkan Hasil analisis
8. Membuat kesimpulan dari penelitian



3.5 Diagram Alir Penelitian



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

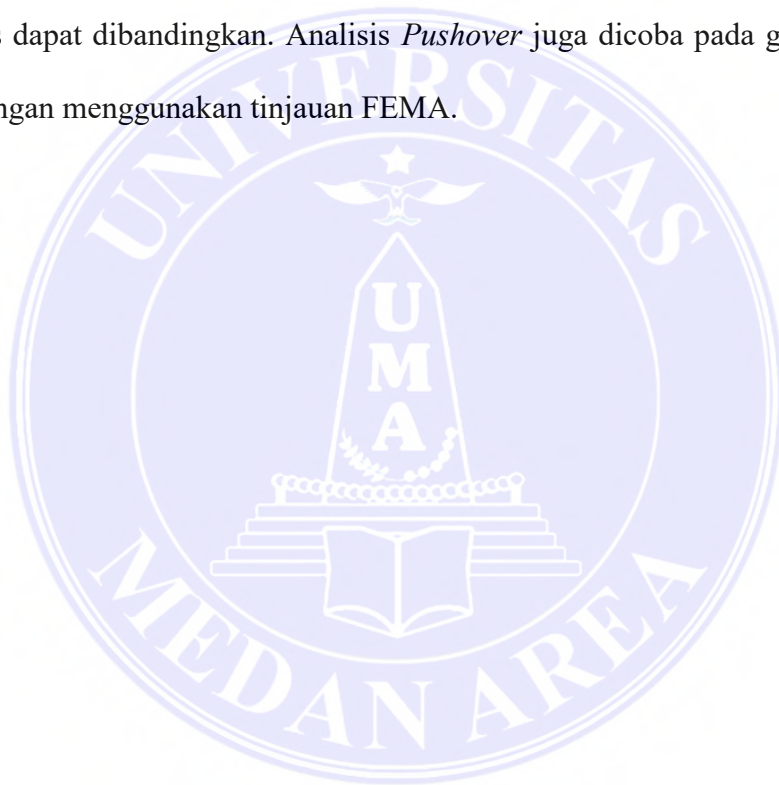
Dari hasil analisis struktur pada gedung menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan dengan menggunakan ETABS v.20 maka dapat disimpulkan:

- 1) Total berat beban hidup pada bangunan sebesar ± 4558.43 (ton) dan berat beban mati sebesar $\pm 13682,30$ (ton) dan bangunan memiliki total berat bangunan $W = \pm 18240,72$ (ton).
- 2) Beban mati pada atap (WD) = 3 kN/m^2 , Beban mati pada lantai (WD) 130mm = $4,33 \text{ kN/m}^2$ 300mm = 8.52 kN/m^2 , Beban hidup pada atap (WL) = $1,20 \text{ kN/m}^2$ Beban hidup pada lantai (WL) = $2,50 \text{ kN/m}^2$, Berat Mati Tambahan Pada Lantai Atap (SDL) = 0.73 KN/m^2 Berat Mati Tambahan Pada Lantai (SDL) = 1.51 KN/m^2 .
- 3) Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana dilakukan dengan menggunakan peta gempa yang mengacu pada SNI 1726-2019. Berdasarkan peta tersebut, bangunan memiliki nilai S_1 sebesar $0,360 \text{ g}$ dan nilai S_s sebesar $0,651 \text{ g}$. Selain itu, F_a memiliki nilai $0,90$ dan F_v memiliki nilai $0,80$.
- 4) Besarnya nilai perpindahan dan gaya geser pada *Ekivalen Displacement* untuk arah x sebesar 0.0881 (m) dan untuk arah y sebesar 0.1158 (m) .
- 5) Menurut ATC-40 hasil dari perhitungan nilai *drift ratio* arah-X sebesar $0,0032$ dan arah-Y sebesar $0,0048$ maka gedung yang ditinjau termasuk dalam kategori level kinerja *Immediate Occupancy (IO)*. yaitu bila terjadi

gempa gedung hanya mengalami sedikit kerusakan dan dapat langsung digunakan.

5.2 Saran

Pada *software* aplikasi ETABS v.20 ini, pemodelan struktur harus dilakukan secara cermat dan sesuai dengan gambar acuan (bestek) yang digunakan. Selain itu, penelitian ini dapat diperluas dengan melakukan analisis kinerja gedung menggunakan metode dan acuan yang berbeda, sehingga hasil analisis dapat dibandingkan. Analisis *Pushover* juga dicoba pada gedung-gedung lain dengan menggunakan tinjauan FEMA.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Peraturan Pembebanan Minimum Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan , SNI 03-1726-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa. Untuk Struktur Bangunan Gedung. SNI 1726 - 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedomann Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG 1987). Jakarta: Yayasan Badan Pekerjaan Umum
- Junaidin Aswa., Fery Hendi Jaya¹, Farida Juwita², Surya Agung DP³. (2020) “Permodelan Desain Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Menggunakan Program ETABS Dan Lumion Pada Kampus universitas Sang Bumi Ruwa Jurai”.
- Sayyed Feroz Sikandar¹, Shaikh Zameeroddin², Prof. Agrawal³. (2019). Dengan jurnal yang berjudul “*Analysis and Design of Multistory Building using ETABS 2017*”.
- Beatus Akrab Iman Laia (2022) “Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode Pushover (Studi Kasus: Gedung BRI Sisingamangaraja Medan)”.

Mario Maria Carmenina Wening Tungga Hayu¹, Alicia Nugraheni², Widija Suseno Widjaja³, Budi Setiadi⁴ (2022). “Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit Dengan *Shearwall* Menggunakan Permodelan ETABS 2018 V18.1.0”.

Spektrum Respons Desain Indonesia (2021), alamat URL :
<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>

Nasution, A. (2009). Analisa dan Desain Struktru Beton Bertulang. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB)

Dispohusodo, Istimawan. (1994). Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, (2019).

BSN, SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa, 2002

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Beban mati berdasarkan bahan bangunan

Bahan bangunan	Besarnya beban
Baja	7.858 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.650 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung, dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung, dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³

(Sumber: PPURG 1987, halaman 5)

Lampiran 2. Tabel Berat beban mati berdasarkan komponen gedung

Komponen gedung	Besarnya beban
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Adukan per cm tebal dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	450 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 20 cm	200 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 10 cm	120 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Kaca dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²
Punutup lantai dari ubin semen portlant, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

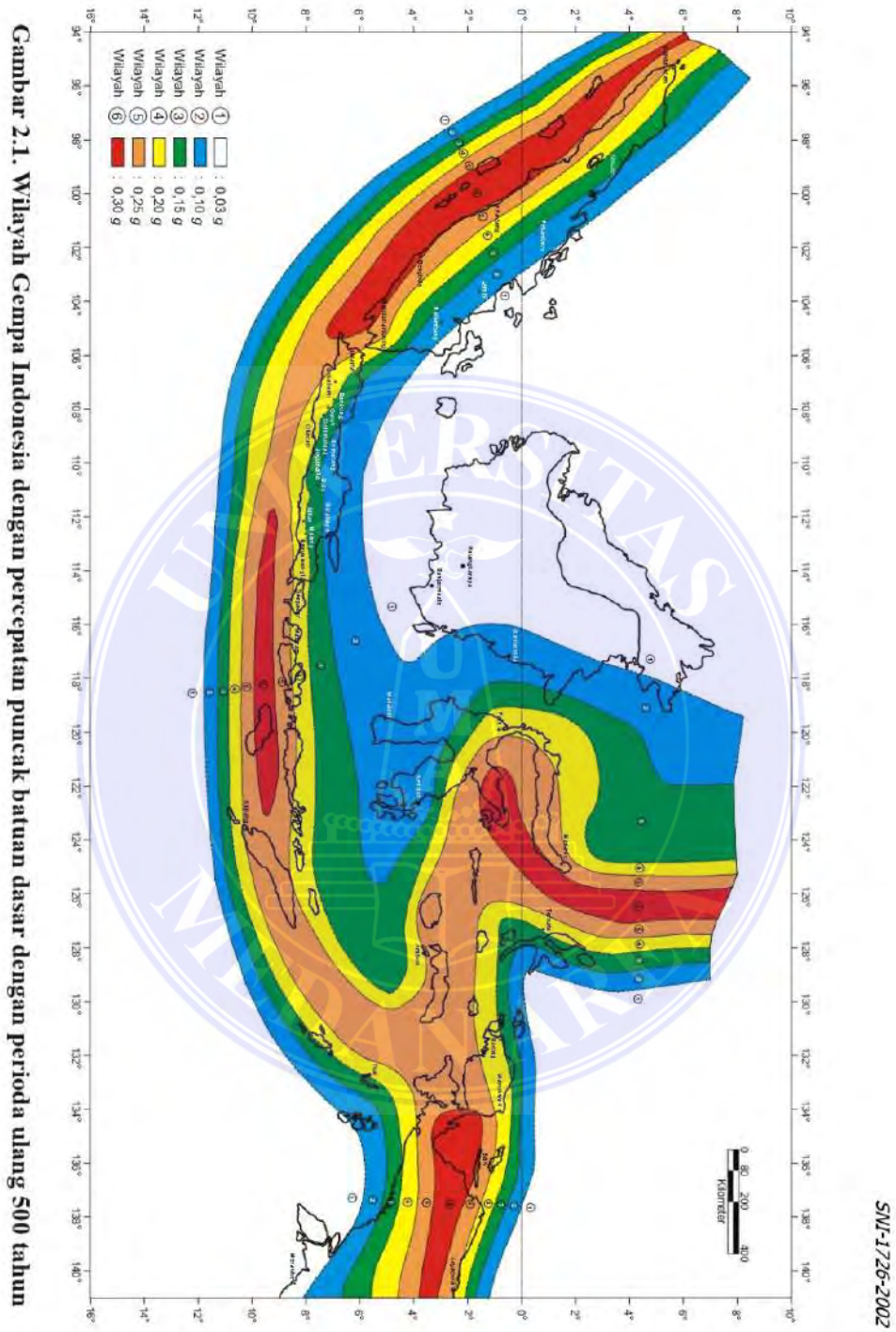
(Sumber: PPURG 1987, halaman 5-6)

Lampiran 3. Tabel Beban hidup pada lantai gedung

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

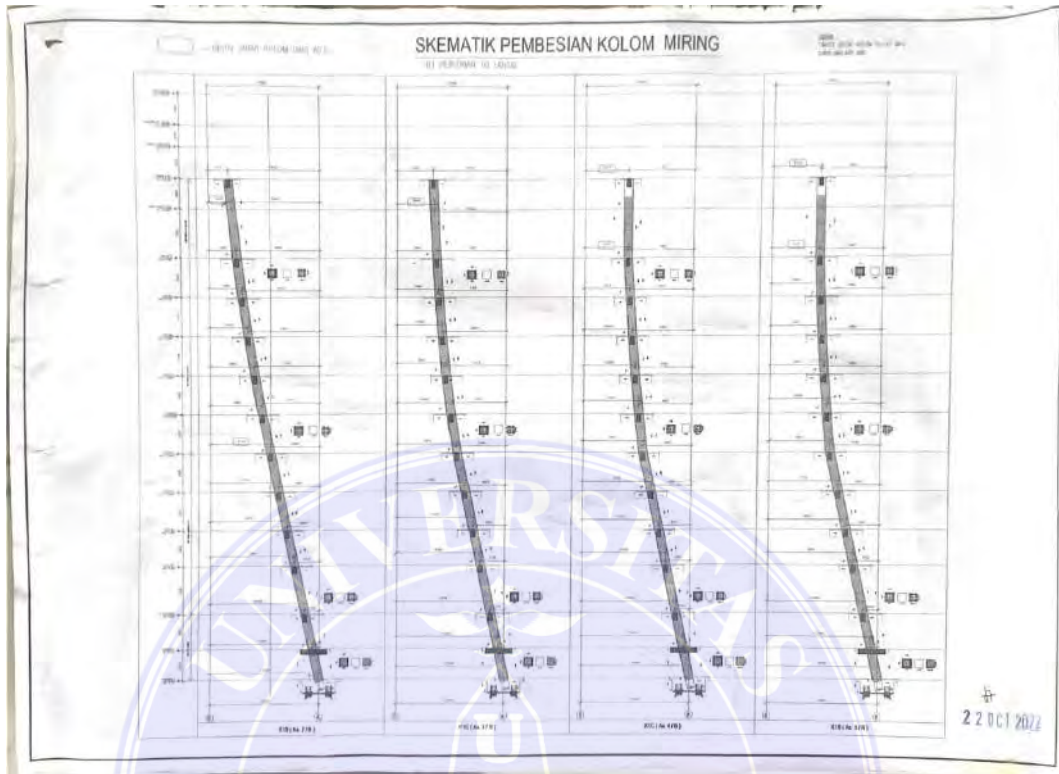
(Sumber: PPURG 1987, halaman 12)

Lampiran 4. SNI 03-1726-2002

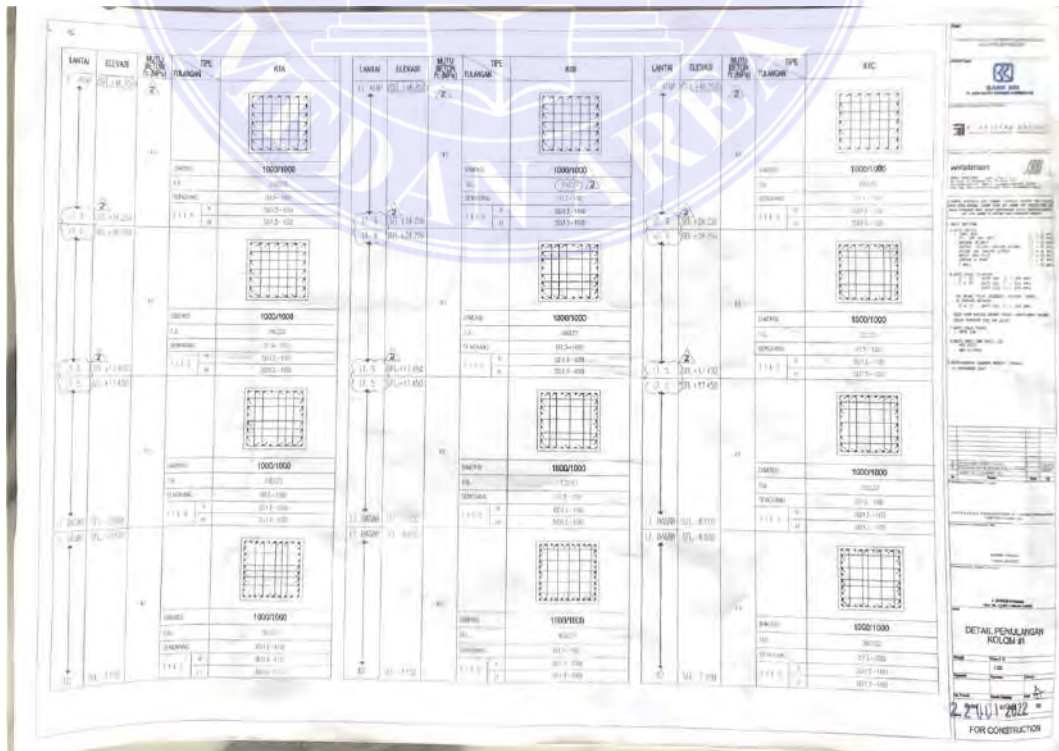


Gambar 2.1. Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan perioda ulang 500 tahun

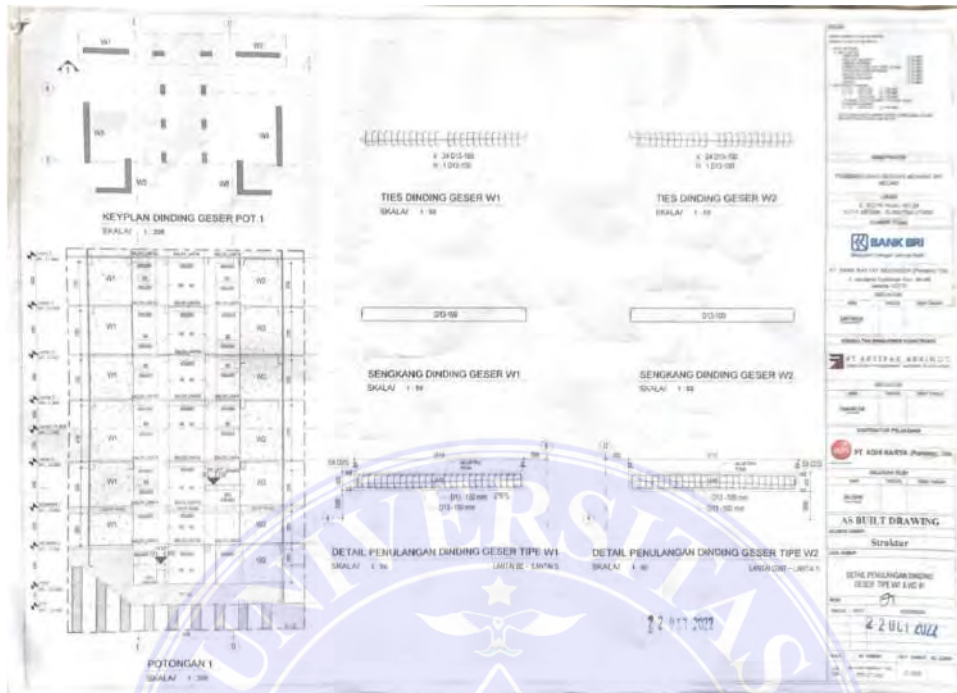
Lampiran 5. Bestek Data Lapangan, 2023



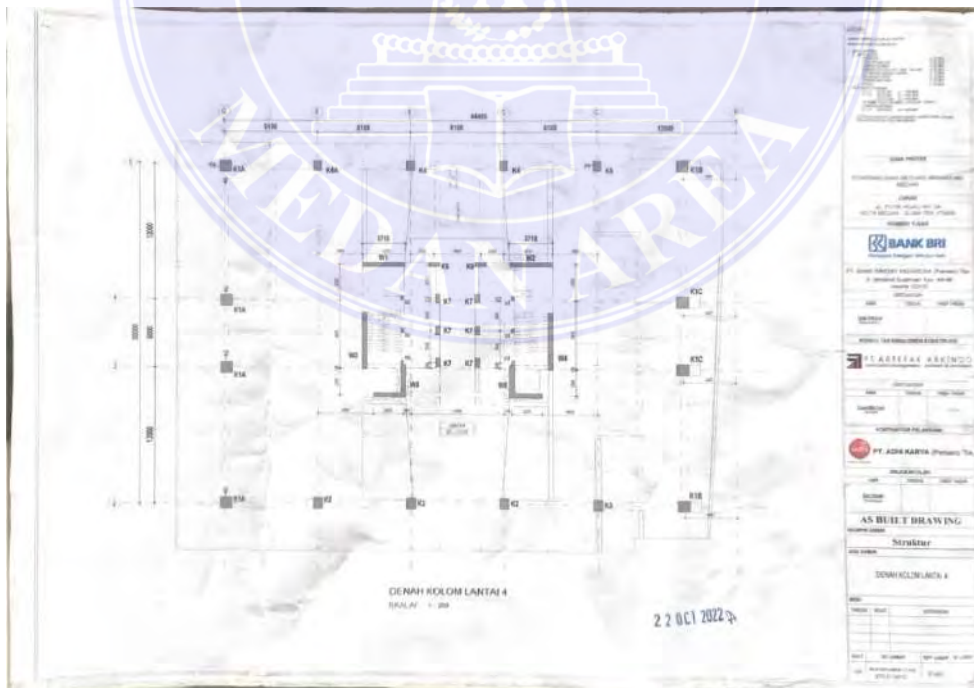
Lampiran 6. Bestek Data Lapangan, 2023



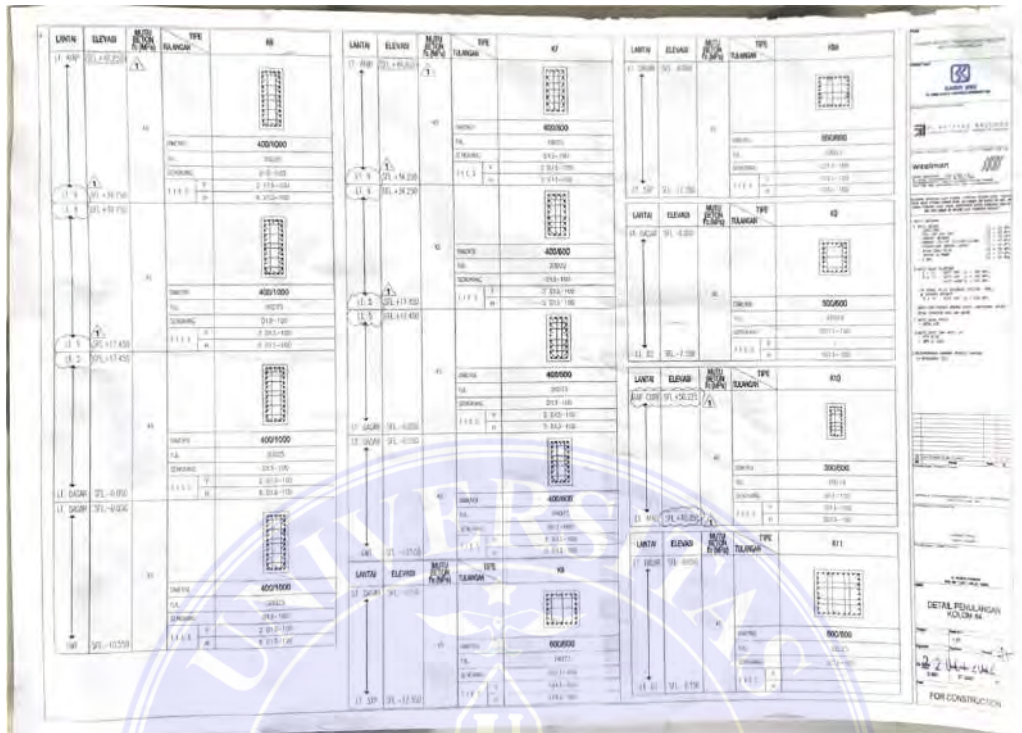
Lampiran 7. Bestek Data Lapangan, 2023



Lampiran 8. Bestek Data Lapangan, 2023



Lampiran 9. Bestek Data Lapangan, 2023



Lampiran 10. Bestek Data Lapangan, 2023

