

**ANALISIS KEKUATAN BANGUNAN TERHADAP
GAYA GEMPA DENGAN METODE *PUSHOVER*
(STUDI KASUS: GEDUNG BRI SISINGAMANGARAJA MEDAN)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyarat
Ujian Sarjana Teknik Sipil Starata Satu
Universitas Medan Area

Oleh:
Beatus Akrab Iman Laia
178110065



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 21/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)21/6/22

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KEKUATAN BANGUNAN TERHADAP GAYA GEMPA DENGAN METODE *PUSHOVER* (STUDI KASUS: GEDUNG BRI SISINGAMANGARAJA MEDAN)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyarat
Ujian Sarjana Teknik Sipil Starata Satu
Universitas Medan Area

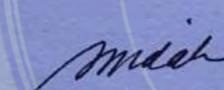
Disusun Oleh:

Beatus Akrab Iman Laia
178110065

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

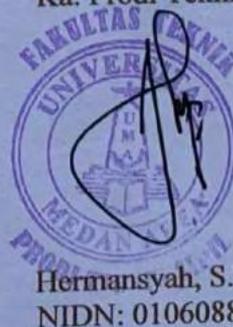

Ir. Nurmaidah, M.T
NIDN: 0108016101


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

Mengetahui :

Dekan

Ka. Prodi Teknik Sipil



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, adapun bagian-bagian tertentu dalam penelitian skripsi yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis 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 dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 16 Februari 2022



Beatus Akrab Iman Laia
178110065

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademik universitas medan area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Beatus Akrab Iman Laia

Npm : 178110065

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

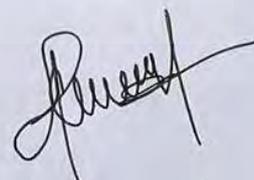
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada universitas medan area **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas skripsi saya yang berjudul : “Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode *Pushover* (studi kasus: Gedung BRI Sisingamangaraja Medan”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan area berhak menyimpan, mengalih media/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.

Medan, 16 Februari 2022
Yang menyatakan,



Beatus Akrab Iman Laia

RIWAYAT HIDUP

Beatus Akrab Iman Laia, dilahirkan di desa Hilifalago, Kecamatan Onolalu, Kabupaten Nias Selatan pada tanggal 28 Juni 1999. Anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Ronata Laia dan Yusmina Bago. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 075075 Hilifalago, Kecamatan Onolalu Kabupaten Nias Selatan Sumatera Utara dan tamat pada tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke SMP N 1 Onolalu Kecamatan Onolalu Kabupaten Nias Selatan Sumatera Utara dan tamat pada tahun 2014, kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas di SMA Swasta Katolik Bintang Laut Kabupaten Nias Selatan Sumatera Utara dan tamat pada tahun 2017. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan Starata satu (S-1) disalah satu universitas swasta yang berada di kota Medan, Sumatera Utara yaitu: Universitas Medan Area dengan mengambil jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Selama proses menyelesaikan pendidikan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan dikampus baik yang bersifat organisatoris maupun akademik. Penulis pernah menjadi peserta olimpiade MIPA perguruan tinggi selama dua tahun berturut-turut. Pada tahun 2019 penulis dipercaya sebagai ketua Ikatan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Temu Wicara Nasional (TWNAS) Forum komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil Indonesia (FKMTSI) di Jakarta, serta mengikuti kegiatan “PUPR goes to campus” di kementerian PUPR.

ABSTRAK

Peristiwa gempa bumi ini mengakibatkan banyak korban jiwa dan kerusakan fatal pada suatu bangunan. Hal ini menunjukkan pentingnya tinjauan beban rencana dalam desain struktur sebagai antisipasi apabila terjadi gempa. Perhitungan terhadap gempa biasanya dilakukan dengan analisa linier, namun beberapa peneliti beranggapan bahwa analisa linier tidak dapat digunakan untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa besar. Dengan begitu diperlukan analisa non-linier untuk mengetahui perilaku struktur saat mengalami gempa besar, metode analisis non linear yang digunakan adalah metode analisis *pushover*. Analisis *pushover* adalah analisis metode non-linear dimana suatu bangunan diberi gaya lateral untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan akibat gaya gempa, dengan memberikan beban gaya secara bertahap sampai bangunan tersebut mencapai pola keruntuhan tertentu. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gaya gempa maksimum yang dapat diterima gedung BRI Sisingamangaraja Medan, menghasilkan kuva kapasitas dan batas kinerja bangunan. Analisis *pushover* ini menggunakan program Sap 2000, dari hasil analisis diketahui semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar juga perpindahan yang terjadi pada bangunan. Gedung BRI Sisingamangaraja Medan dapat menerima gaya gempa maximum 7.149,921 kN dan berdasarkan ATC-40 batas kinerja bangunan berada dalam kategori level *Immediate occupancy* (IO) yang artinya gedung dapat langsung digunakan atau dipakai saat setelah terjadi gempa.

Kata kunci: Gempa, Metode *pushover*, ATC-40

ABSTRACT

This earthquake resulted in many fatalities and fatal damage to a building. This shows the importance of a review of the load of the plan in the design of the structure in anticipation of an earthquake. Calculations of earthquakes are usually done with linear analysis, but some researchers assume that linear analysis cannot be used to determine the behavior of structures against large earthquakes. Thus, non-linear analysis is needed to determine the behavior of structures when experiencing large earthquakes, the non-linear analysis method used is the pushover analysis method. Pushover analysis is the analysis of a non-linear method by which a building is given a lateral force to determine the collapse behavior of a building due to earthquake force, by exerting a gradual force load until the building reaches a certain pattern of collapse. The purpose of this study is to find out the acceptable earthquake style of BRI Sisingamangaraja Medan building, resulting in its capacity and building performance limits. Analysis pushover uses the Sap 2000 program, from the results of the analysis is known the greater the force revealed, the greater the displacement that occurs in the building. Gedung BRI Sisingamangaraja Medan can receive a maximum earthquake force of 7.149,921kN and based on ATC-40 building performance limits are in the category of Immediate occupancy (IO) level which means the building can be directly used or used after an earthquake.

Keywords: Earthquake, Pushover method, ATC-40

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, dimana atas berkat dan rahmatnya kita dalam keadaan sehat dan bahagia dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Oleh karena kasih-Nya yang begitu indah dan nikmat penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode *Pushover* (Studi Kasus: Gedung Bri Sisingamangaraja Medan).

Ucapan terimakasih yang begitu mendalam penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu, memberi saran, semangat dan masukan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi ini dan ucapan terima kasih yang begitu spesial kepada ayahanda Ronata Laia dan ibunda Yusmina Bago tersayang, dan adik-adik tercinta yang memberi dorongan moral dan material kepada penulis. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Saya menyadari bahwa tambah bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Terimakasih penulis ucapkan pada Bapak Prof.Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Terimakasih penulis ucapkan pada bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom yang telah memimpin Fakultas Teknik dengan baik sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.

3. Terima kasih penulis sampaikan kepada dosen pimbing skripsi saya, ibu Ir.Nurmaidah, M.T dan bapak Hermansyah, S.T, M.T yang telah memberikan banyak masukan dan saran yang bermanfaat kepada penulis dalam penulisan skripsi ini
4. Terima kasih penulis ucapkan kepada bapak Hermansyah, S.T, M.T ketua program studi teknik sipil, yang telah memimpin prodi dengan baik sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
5. Ucapan terima kasih kepada keluarga besar penulis di Hilifalago dan Hilinamoniha yang selalu memberi dorongan moral yang material kepada penulis.
6. Terima kasih kepada seluruh dosen dan staf Prodi maupun Fakultas, yang telah memberikan kenyamanan belajar dan pelayanan administrasi.
7. Terimakasih kepada pimpinan dan karyawan PT. Bajragraha Sentranusa yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama penelitian.
8. Terima kasih saya ucapkan kepada sahabat-sahabat saya, rekan-rekan seperhimpunan IMS-FATEK-UMA, teman-teman seangkatan dan seluruh mahasiswa prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area baik senior/junior maupun alumni dan seluruh pihak yang namanya tidak dicantumkan penulis yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Kiranya skripsi ini dapat menambah wawasan serta literatur dalam Jurusan Teknik Sipil dan menambah referensi dalam mata kuliah struktur, pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi kita semua.

Medan, Januari 2022

Beatus Akrab iman Laia



DAFTAR ISI

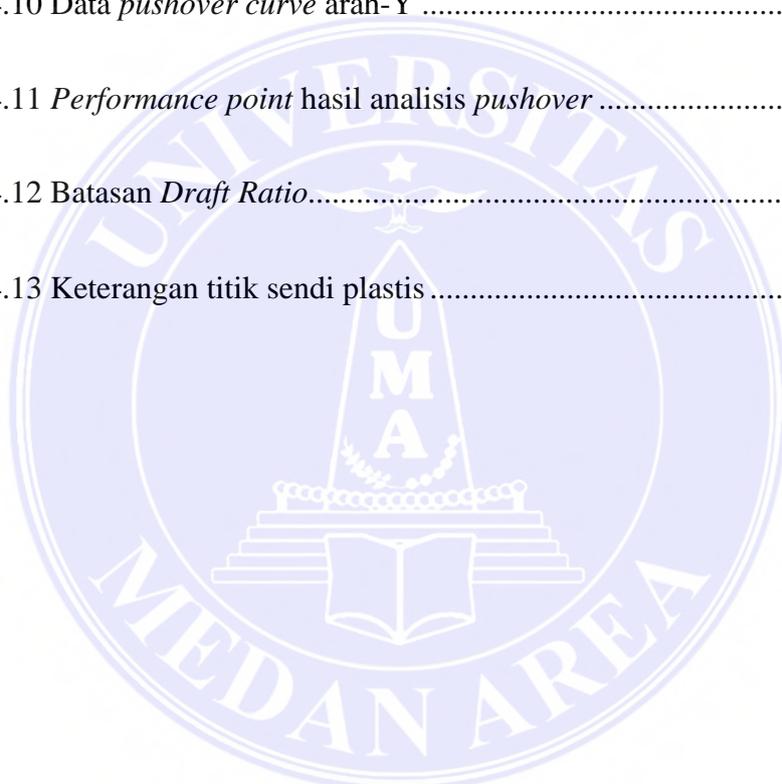
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PEGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Konsep Dasar Mekanisme Gempa5	
2.1.1 Tipe Gempa Bumi5Teori Pelat Tektonik	6
2.1.2 Gaya gravitasi.....	8
2.2 Ketentuan umum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung berdasarkan SNI-1726-2019	13
2.2.1 Penentuan gempa rencana dan kategori gedung.....	13
2.2.2 Spektrum respon desain.....	15
2.2.3 Kategori desain seismic	20
2.2.4 Gaya geser dasar seismic.....	22
2.3 Analisa Pushover	26
2.3.1 Tahapan Utama dalam Analisa Pushover	27
2.3.2 Waktu getar alami efektif	28

2.3.3 Target Perpindahan.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Pengumpulan Data	35
3.2 Pendekatan Penelitian	39
3.3 Data Stuktur Gedung	39
3.4 Tahapan Analisis	43
3.5 Diagram alir penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Perhitungan Berat Sendiri Bangunan	45
4.1.1 Data Struktur Bangunan Gedung	45
4.1.2 Beban Pada Gedung	47
4.1.3 Perhitungan Pembebanan Pada Struktur Gedung.....	49
4.2 Beban gempa	54
4.3 Analisis Pushover.....	61
4.3.1 Pembebanan analisis pushover	61
4.3.2 Pendefenisian sendi plastis.....	69
4.3.3 Hasil analisis <i>pushover</i>	74
4.4 Hasil	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	88
5.1 KESIMPULAN	88
5.2 SARAN	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban mati berdasarkan bahan bangunan	8
Tabel 2.2 Berat beban mati berdasarkan komponen gedung	9
Tabel 2.3 Beban hidup pada lantai gedung	11
Tabel 2.4 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	13
Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa	15
Tabel 2.6 Koefisien F_a	17
Tabel 2.7 Koefisien F_v	18
Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameters respons percepatan ada periode pendek	21
Tabel 2.9 Kategori desain seismik berdasarkan parameters respons percepatan pada periode pendek	21
Tabel 2.10 Nilai parameter periode C_t dan x	24
Tabel 4.1 Konfigurasi Gedung	45
Tabel 4.2 Tipe balok	46
Tabel 4.3 Tipe kolom	47
Tabel 4.4 Beban Mati	48

Tabel 4.5 Beban hidup	48
Tabel 4.6 Berat bangunan perlantai	49
Tabel 4.7 Nilai variabel spektral percepatan dipermukaan dari gempa	54
Tabel 4.8 Distribusi gaya gempa perlantai.....	58
Tabel 4.9 Data <i>pushover curve</i> arah-X	75
Tabel 4.10 Data <i>pushover curve</i> arah-Y	75
Tabel 4.11 <i>Performance point</i> hasil analisis <i>pushover</i>	77
Tabel 4.12 Batasan <i>Draft Ratio</i>	78
Tabel 4.13 Keterangan titik sendi plastis	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta lempengan tektonik Bumi	7
Gambar 2.2 Ss Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (SNI-1726-2019).....	16
Gambar 2.3 S1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (SNI-1726-2019).....	16
Gambar 2.4 Spektrum respon desain	20
Gambar 2.5 Analisa pushover	26
Gambar 2.6 Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva <i>Pushover</i>	29
Gambar 3.1 Denah lantai dasar	36
Gambar 3.2 Denah lantai 1.....	36
Gambar 3.3 Denah lantai 2.....	37
Gambar 3.4 Denah lantai 3.....	37
Gambar 3.5 Denah atap.....	38
Gambar 3.6 Tulangan kolom	40
Gambar 3.7 Tulangan balok induk.....	41
Gambar 3.8 Tulangan balok anak	42

Gambar 3.9 Tulangan plat.....	43
Gambar 4.1 Pemodelan struktur 3 dimensi	45
Gambar 4.2 Grafik respon spektrum.....	55
Gambar 4.3 Menu <i>Define Load Case</i>	61
Gambar 4.4 Pengimputan beban gravitasi	62
Gambar 4.5 <i>Load application</i> control untuk analisis <i>pushover</i>	63
Gambar 4.6 Pembebanan lateral arah-X	64
Gambar 4.7 Pengaturan <i>load application</i> untuk control beban lateral <i>Pushover</i> arah-X.....	65
Gambar 4.8 Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral arah-X.....	65
Gambar 4.9 Nilai <i>Nonlinear parameter</i> pada beban lateral <i>Pushover</i> arah-X.....	66
Gambar 4.10 Pembebanan lateral arah-Y	67
Gambar 4.11 Pengaturan <i>load application</i> untuk control beban lateral <i>Pushover</i> arah-Y	67
Gambar 4.12 Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>Pushover</i> arah-Y	68
Gambar 4.13 Nilai <i>Nonlinear parameter</i> pada beban lateral <i>Pushover</i> arah-Y	68

Gambar 4.14 Penempatan sendi plastis pada balok	69
Gambar 4.15 Pengaturan penempatan sendi plastis pada balok	70
Gambar 4.16 Hasil properti sendi plastis pada balok.....	71
Gambar 4.17 Pengaturan penempatan sendi plastis pada kolom	72
Gambar 4.18 Pengaturan penempatan sendi plastis pada kolom	72
Gambar 4.19 Hasil penempatan sendi plastis pada kolom.....	73
Gambar 4.20 <i>P-M2-M3 interaction surface</i> pada kolom.....	73
Gambar 4.21 kuva kapasitas arah X.....	74
Gambar 4.22 kuva kapasitas arah Y.....	74
Gambar 4.23 <i>Performance point</i> arah-X.....	76
Gambar 4.24 <i>Performance point</i> arah-Y.....	77
Gambar 4.25 Step-1 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	80
Gambar 4.26 Step-2 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	81
Gambar 4.27 Step-3 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	81
Gambar 4.28 Step-4 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	82
Gambar 4.29 Step-5 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	83
Gambar 4.30 Step-6 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	83
Gambar 4.31 Step-7 analisis <i>pushover</i> arah-X.....	84
Gambar 4.32 Step-1 analisis <i>pushover</i> arah-Y.....	85

Gambar 4.33 Step-2 analisis *pushover* arah-Y..... 85

Gambar 4.34 Step-3 analisis *pushover* arah-Y..... 86



DAFTAR NOTASI

S_s	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
S_1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
F_a	= Faktor amplifikasi
F_v	= Faktor amplifikasi periode 1 detik
S_{MS}	= Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek
S_{M1}	= Parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik
MCE_R	= Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
SS	= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik
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	= Peta transisi periode panjang
C_S	= Koefisien respons seismik yang ditentukan
W	= Berat seismik efektif muncul
C_S	= Koefisien respons seismik
R	= koefisien modifikasi respons
I_e	= faktor keutamaan gempa yang ditentukan
T_a	= Periode fundamental pendekatan
h_n	= ketinggian struktur
F_x	= Gaya seismik lateral
C_{VX}	= faktor distribusi vertikal
V	= gaya lateral desain total atau gesar didasar struktur
w_i & w_x	= Bagian berat seismik efektif total struktur (w) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
h_i & h_x	= Tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x (m)

K	= Ekponen yang terkait dengan periode struktur
V_x	= Gaya geser desain gempa disemua tingkat
F_i	= Bagian dari gaya geser dasar seismik yang timbul ditingkat i
K_e	= Kekakuan lateral efektif bangunan
αK_e	= Kondisi inelastic
T_e	= Waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi inelastis
C_0	= Koefisien faktor bentuk
C_1	= Faktor modifikasi
TS	= Waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons
R	= Rasio “kuat elastik perlu” terhadap “koefisien kuat leleh terhitung”.
S_a	= Akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.
V_y	= Gaya geser dasar pada saat leleh
W	= Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.
C_m	= Faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 dari FEMA 356.
C_2	= Koefisien untuk memperhitungkan efek “pinching”
C_3	= Koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral
α	= Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif
g	= Percepatan gravitasi 9.81 m/det ²

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak diantara dua benua yaitu: benua Asia dan benua Australia, serta diapit oleh dua samudera yaitu: samudera hindia dan samudera pasifik. Wilayah Indonesia dilalui oleh garis khatulistiwa yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: lempeng tektonik Hidia-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia. Pertemuan ketiga lempeng ini menyebabkan wilayah Indonesia berpotensi mengalami gempa bumi, seperti beberapa tahun terakhir ini di beberapa kota di Indonesia, yaitu: Aceh (2004), Nias (2005), Yogyakarta (2006), Donggala (2018), dan lain sebagainya.

Peristiwa gempa bumi ini mengakibatkan banyak korban jiwa dan kerusakan fatal pada suatu bangunan. Hal ini menunjukkan pentingnya tinjauan beban rencana dalam desain struktur sebagai antisipasi apabila terjadi gempa, dengan begitu struktur bangunan dapat menerima beban gempa pada level tertentu tanpa terjadi kerusakan bangunan yang signifikan pada strukturnya atau apabila suatu bangunan harus mengalami suatu keruntuhan (disebabkan beban gempa melebihi beban gempa rencana) struktur bangunan dapat memberikan perilaku non-linear pada kondisi pasca-elastik sehingga tingkat keamanan bangunan terhadap gempa dan keselamatan jiwa penghuninya lebih terjamin.

Perhitungan terhadap gempa biasanya dilakukan dengan analisa linier, namun beberapa peneliti beranggapan bahwa analisa linier tidak dapat digunakan untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa besar. Hal ini dikarenakan pada

dasarnya struktur yang mengalami gempa besar akan terjadi plastifikasi di beberapa tempat, sehingga bangunan tidak lagi berperilaku linier akan tetapi berperilaku non-linier. Dengan begitu diperlukan analisa non-linier untuk mengetahui perilaku struktur saat mengalami gempa besar. Analisis riwayat waktu sampai saat ini dianggap terlalu kompleks serta tidak praktis untuk diterapkan dalam mendesain stuktur bangunan gedung, sehingga muncul metode baru, metode analisis non-linier yang disederhanakan, yaitu analisis statik beban dorong (*static non-linear/pushover analysis*).

Analisis *pushover* (ATC-40) adalah analisis metode non-linear dimana suatu bangunan diberi gaya lateral untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan akibat gaya gempa, dengan memberikan beban gaya secara bertahap sampai bangunan tersebut mencapai pola keruntuhan tertentu. Dalam perencanaan bangunan sekarang ini sering digunakan perencanaan bangunan berbasis kinerja atau *performance based design*. Dalam perencanaan ini, kinerja bangunan terhadap gempa dan pola keruntuhannya dapat dinyatakan secara jelas dalam bentuk kurva. Untuk mengetahui perilaku keruntuhan pada bangunan maka digunakan analisis *pushover* atau analisis beban dorong statik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapatkan rumusan masalah yaitu: untuk mengetahui kekuatan gedung akibat gaya gempa pada gedung BRI KC Sisingamangaraja medan.

1.3 Tujuan Penelitian

adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui berapa besar gaya gempa maksimum yang dapat diterima Gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan dan menghasilkan kurva kapasitas (*capacity kurve*) struktur gedung.
2. Untuk mengetahui batas kinerja bangunan gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan

1.4 Batasan Masalah

Batasan - batasan yang menjadi ruang lingkup pembahasan penelitian ini adalah:

1. Gedung yang dianalisa adalah gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan
2. Jenis beban yang digunakan dalam meninjau perilaku struktur adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi yang dimaksud mencakup beban mati dan beban hidup tereduksi yang mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, sedangkan beban lateral yang ditinjau adalah beban gempa.
3. Perilaku struktur dievaluasi secara tiga dimensi (3D) berdasarkan analisis statik beban dorong (Pushover Analysis) dengan menggunakan software aplikasi SAP 2000.
4. Analisa kekuatan bangunan terhadap gaya gempa mengacu pada SNI 1726:2019
5. Penentuan target perpindahan struktur gedung berdasarkan metode spektrum kapasitas (ATC-40).

1.5 Metode Penelitian

Dalam metode penelitian ini menggunakan metode analisis pushover, analisis ini dibantu dengan program sap 2000. Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data dan data-data informasi struktur yang akan digunakan. Data-data yang digunakan antara lain:

1. Data sekunder, yaitu dengan mengumpulkan jurnal-jurnal dari penelitian sebelumnya, buku-buku referensi yang memuat tentang analisis kekuatan gedung terhadap gaya gempa dengan metode pushover sesuai dengan judul skripsi.
2. Data primer yaitu pengambilan data-data langsung dari lapangan seperti data-data lapangan yang sudah berjalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Mekanisme Gempa

2.1.1 Tipe Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan getaran atau gelombang yang terjadi pada permukaan bumi. Gempa bumi dapat terjadi akibat fenomena alam ataupun perbuatan manusia. Berikut adalah macam-macam gempa bumi dan penyebabnya, yaitu:

1. Gempa bumi vulkanik (gunung api)

Gempa bumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.

2. Gempa bumi tektonik

Gempa bumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempa bumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di bumi, getaran gempa bumi yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian bumi.

3. Gempa bumi tumbukan

Gempa bumi ini diakibatkan oleh tumbukan meteor atau asteroid yang jatuh ke bumi, jenis gempa bumi ini jarang sekali terjadi.

4. Gempa bumi runtuhan

Gempa bumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, gempa bumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.

5. Gempa bumi buatan

Gempa bumi buatan adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau beban yang dipukulkan ke permukaan bumi.

2.1.2 Teori Pelat Tektonik

Gempa bumi yang sering terjadi adalah gempa bumi tektonik selain gempa bumi vulkanik. Teori Pelat Tektonik menjelaskan bahwa bumi terdiri dari beberapa lapisan batuan, sebagian besar area dari lapisan kerak itu akan hanyut dan mengapung di lapisan seperti salju. Pelat-pelat tektonik ini bergerak secara perlahan, relatif satu dengan yang lain dan menimbulkan regangan elastis. Jika regangan ini melebihi kapasitas batuan maka batuan mengalami keruntuhan dan energi regangan yang tersimpan dalam batuan dilepaskan secara tiba-tiba sehingga menimbulkan gempa tektonik yang dahsyat. Mekanisme pembentukan gempa tektonik ini dikenal sebagai Elastic Rebound Theory.

Kerak bumi terdiri dari beberapa lempengan (lithosphere) sebesar benua dengan ketebalan ± 80 km. Lempengan tektonik ini merupakan bagian oceaania maupun kontinental, Lempengan tektonik bergerak relatif sama satu dengan yang lain dengan kecepatan 1 -10 cm / tahun. Lempeng-lempeng lithosphere terapung diatas lapisan astheno-sphere dan dipisahkan satu sama lain oleh batas lempeng (plate boundary) dimana pada batas lempeng ini terbentuk tiga jalur gempa yaitu :

1. Circum Pacific Earthquake Belt (Great Eathquake Belt)

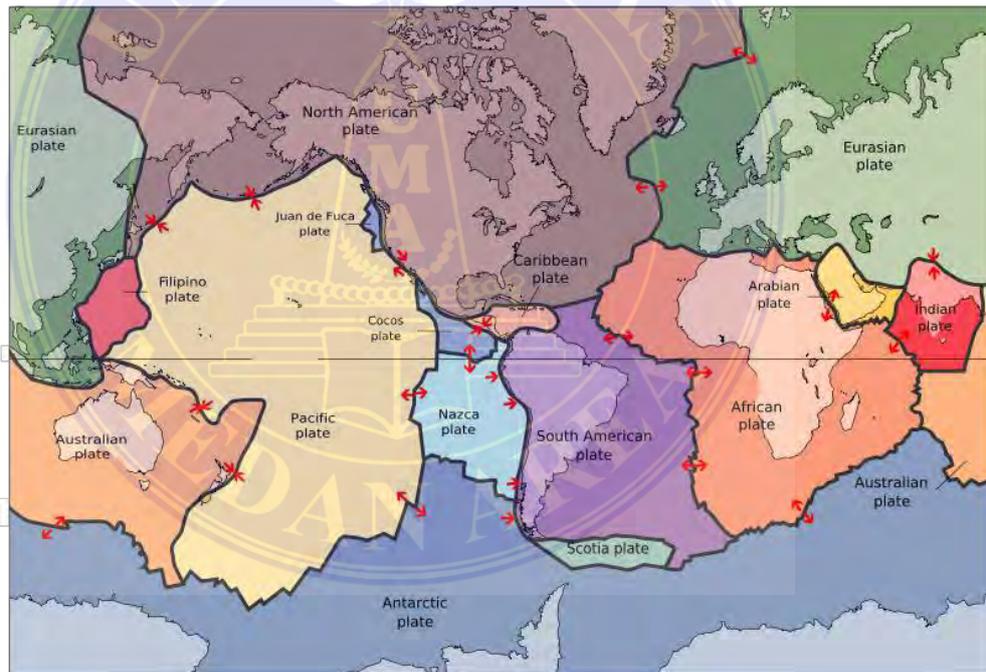
Sabuk Circum – Pasific di sekitar Lautan Pasifik yang mayoritas utama dari semua gempa bumi (baik merusak maupun yang kecil)

2. Alfide Eathquake Belt (Trans Asiatic Earthquake Belt)

Sabuk Alpide yang terbentang dari pegunungan Himalaya berjajar melalui Papua dan Turki dan selanjutnya kesepanjang Laut Mediterinia.

3. Mid Atlantic Oceania Eathquake Belt

Sabuk disepanjang pusat Lautan Atlantik, secara jelas menepati suatu batas antara lempengan-lempengan kulit bumi.



Gambar: 2.1 Peta lempengan tektonik bumi.

(Sumber: ck12.org)

Indonesia terletak diempat pertemuan lempeng yaitu:

1. Lempeng Indo-Australia
2. Lempeng Pasifik
3. Lempeng Eurasia

4. Lempeng Filipina

Sehingga menyebabkan Indonesia menjadi negara yang rawan gempa karena dilalui oleh jalur gempa tersebut.

2.2 Gaya gravitasi

Ada beberapa jenis gaya gravitasi, yaitu:

1. Beban Mati (DL)

Beban mati adalah beban dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Adapun beban mati tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2.1 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

Lanjutan-Tabel 2.1 Beban mati berdasarkan bahan bangunan

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)

Tabel 2.2 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

Lanjutan-Tabel 2.2 Berat beban mati berdasarkan komponen gedung

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)

2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap kedalaman beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2.3 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

Lanjutan-Tabel 2.3 Beban hidup pada lantai gedung

Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300 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)

2.3 Ketentuan umum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung berdasarkan SNI-1726-2019

2.3.1 Penentuan gempa rencana dan kategori gedung

Menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatan secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengarus gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa.

Tabel 2.4 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
<ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Lanjutan tabel - 2.4 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bioskop- Gedung pertemuan- Stadion- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat- Fasilitas penitipan anak- Penjara- Bangunan untuk orang jompo	III
<p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa</p> <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas penanganan air- Fasilitas penanganan limbah- Pusat telekomunikasi	
<p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p> <ul style="list-style-type: none">- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat	IV

Lanjutan - tabel 2.4 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat

Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV

(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 24)

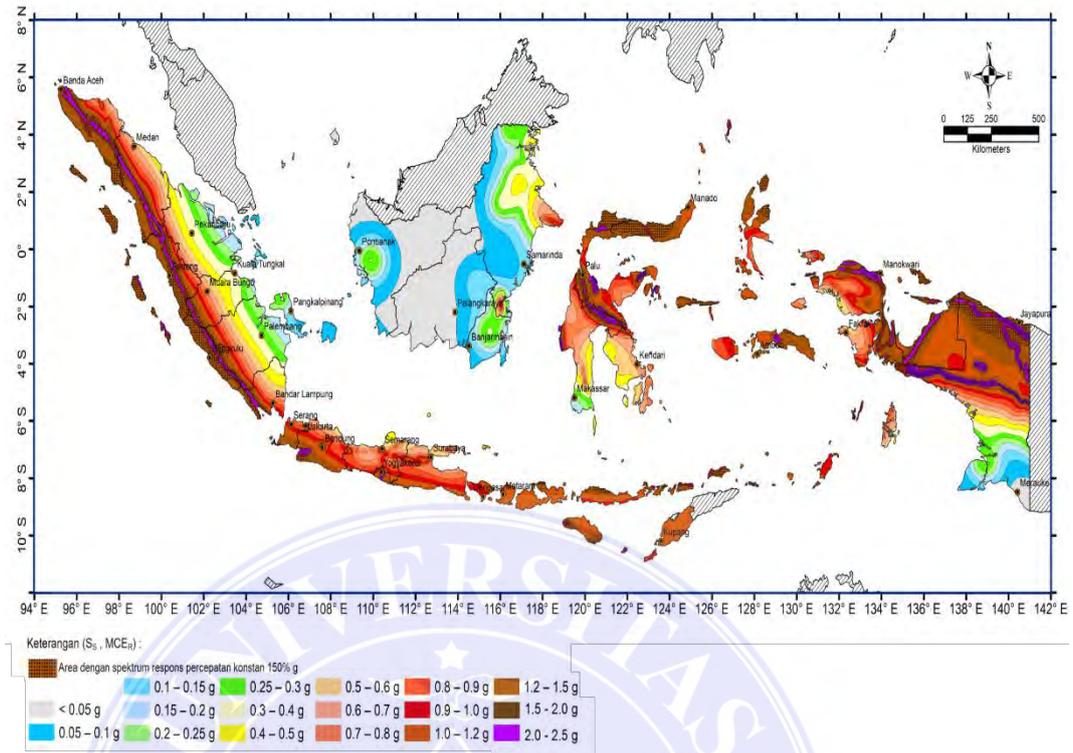
Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

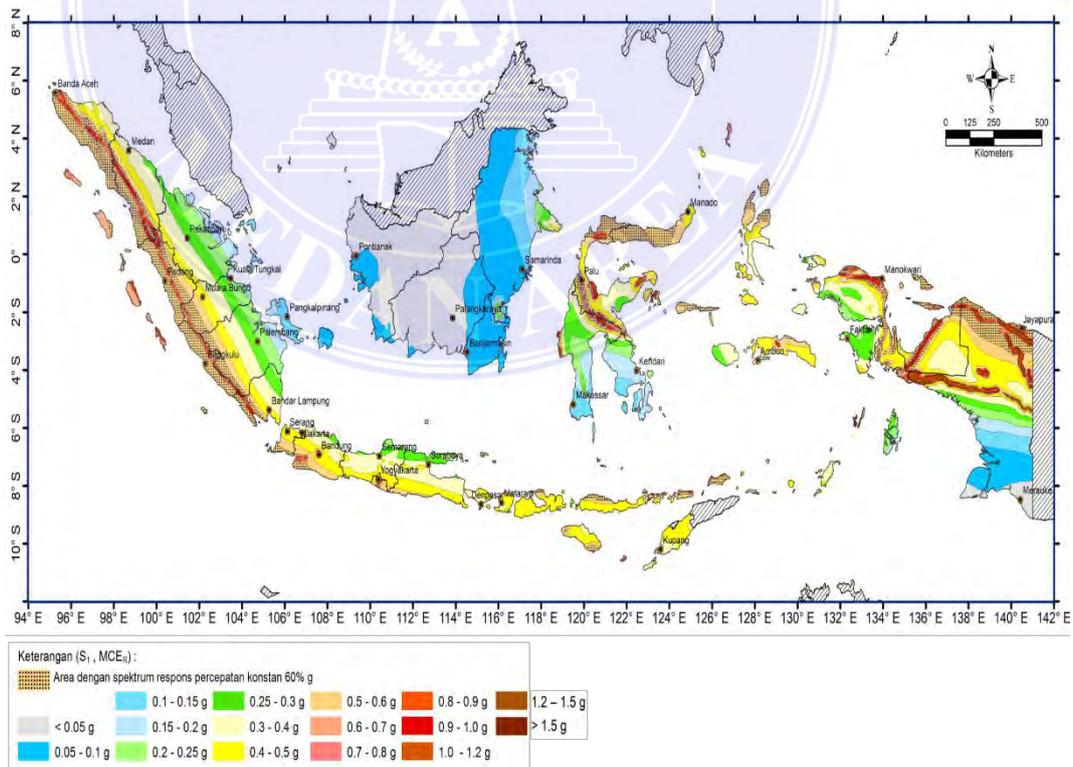
(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 25)

2.3.2 Spektrum respon desain

parameter s_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan s_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik kemungkinan 2% telampaui dalam 50 tahun (MCE_{R1} 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Untuk nilai s_s dan s_1 dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3



Gambar 2.2 s_s Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget
(Sumber: SNI-1726-2019)



Gambar 2.3 s_1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget
(Sumber: SNI-1726-2019)

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \tag{2.1}$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \tag{2.2}$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Koefisien F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 2.6 dan tabel 2.7

Tabel 2.6 Koefisien F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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)					

(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 34)

CATATAN:

(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

Tabel 2.7 Koefisien F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE _R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
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		2,2	2,0
SF	SS(a)					

(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 34-35)

CATATAN:

(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, s_{D1} dan pada periode 1 detik, s_{D1} harus ditentukan melalui rumus berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \tag{2.3}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \tag{2.4}$$

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah darspesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrumrespon desain harus dikembangkan dengan mengacu pada gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 spektrum respon desain S_a harus diambil dari persamaan

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

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_{S1} spektrum respons percepatan desain, S_{a1} sama dengan S_{DS1}
3. Untuk periode lebih besar dari T_S tetapi lebih kecil atau sama dengan T_L , respon spektral percepatan desain, S_a , 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

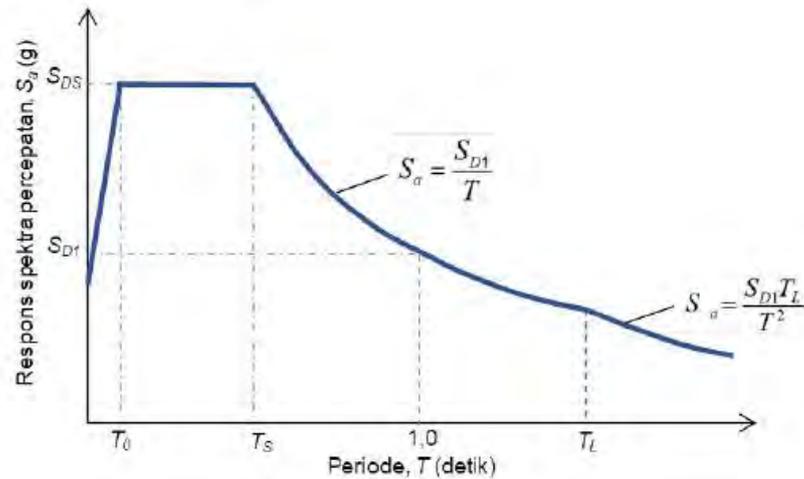
S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

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

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

T_L = peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 spektrum respon desain
(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 36)

2.3.3 Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV yang berlokasi dimana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respon spektral percepatan desainnya, S_1 dan S_{D1} , sesuai 0. Kategori desain seismik dapat dilihat pada tabel 2.7 dan 2.8

Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori resiko	
	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

(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 37)

Tabel 2.9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori resiko	
	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

(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 37)

2.3.4 Gaya geser dasar seismik

Gaya geser seismik, V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_S W \quad (2.8)$$

Keterangan:

C_S = koefisien respons seismik yang ditentukan

W = berat seismik efektif muncul

a. Perhitungan koefisien respons seismik

Perhitungan koefisien respons seismik, C_S harus ditentukan sesuai dengan persamaan dibawah ini:

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.9)$$

Keterangan:

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

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

Nilai C_S yang dihitung sesuai dengan persamaan (2.9) tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk $T \leq T_L$

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.10)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_S = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.11)$$

C_S harus tidak kurang dari:

$$C_S = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,001 \quad (2.12)$$

Keterangan:

S_{D1} = parameter percepatan respon spektral desain dalam rentang periode sebesar

1,0 detik

T = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan

S_1 = parameter percepatan respon spektral maksimum yang dipetakan yang ditentukan

b. Periode fundamental pendekatan

periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan

dari persamaan dibawah ini:

$$T_a = C_t h_n^2 \quad (2.13)$$

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat

tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 2.9

Tabel 2.10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan α

Tipe struktur	C_t	α
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik :		
• rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• rangka beton pemikul momen	0,0446	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: SNI-1726-2019, halaman 72)

c. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya seismik lateral, F_x (kN) disebarang tingkat harus ditentukan dengan persamaan:

$$F_x = C_{vx} V \quad (2.14)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_{vx} h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (2.15)$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau gesar didasar struktur (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (w) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x (m)
K = ekponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:

Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2

d. Distribusi horizontal gaya gempa

Gaya geser desain gempa disemua tingkat (V_x) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (2.15)$$

Keterangan:

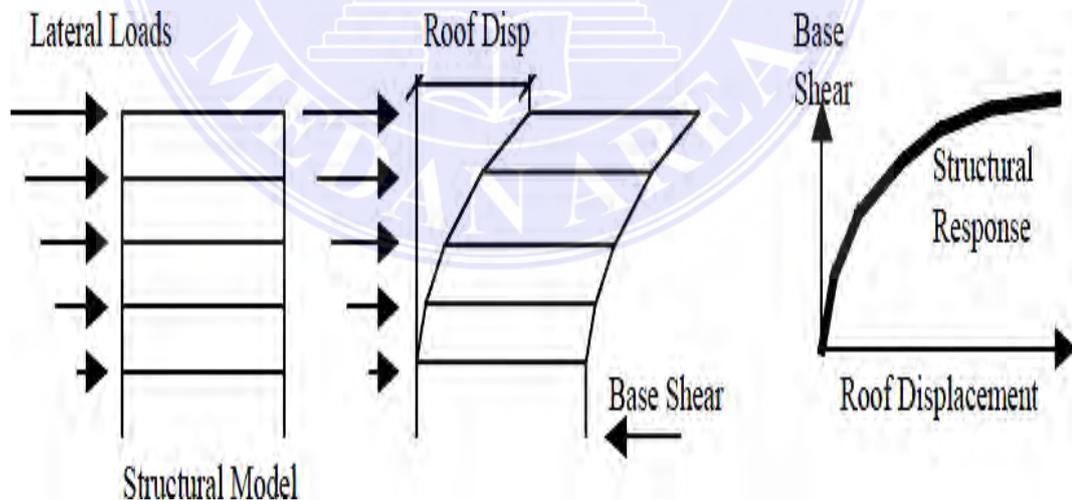
F_i adalah bagian dari gaya geser dasar seismik (V) yang timbul ditingkat i

V_x didistribusikan pada tingkat yang ditinjau

2.4 Analisa Pushover

Analisa statik nonlinear merupakan prosedur analisa untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa, dikenal pula sebagai analisa pushover atau analisa beban dorong statik. Analisa dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Biasanya titik tersebut adalah titik pada atap, atau lebih tepat lagi adalah pusat massa atap.

Tujuan analisa pushover adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Cukup banyak studi menunjukkan bahwa analisa pushover dapat memberikan hasil mencukupi (ketika dibandingkan dengan hasil analisa dinamik non-linear) untuk bangunan regular dan tidak tinggi.



Gambar 2.5 Analisa pushover
(Sumber: Michael titono, tesis FT UI)

Analisa pushover menghasilkan kurva pushover (Gambar 2.2), kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (V) versus perpindahan titik acuan pada atap (D). Pada proses pushover, struktur didorong sampai mengalami leleh disatu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linear sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non- linear. Kurva pushover dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong.

2.4.1 Tahapan Utama dalam Analisa Pushover

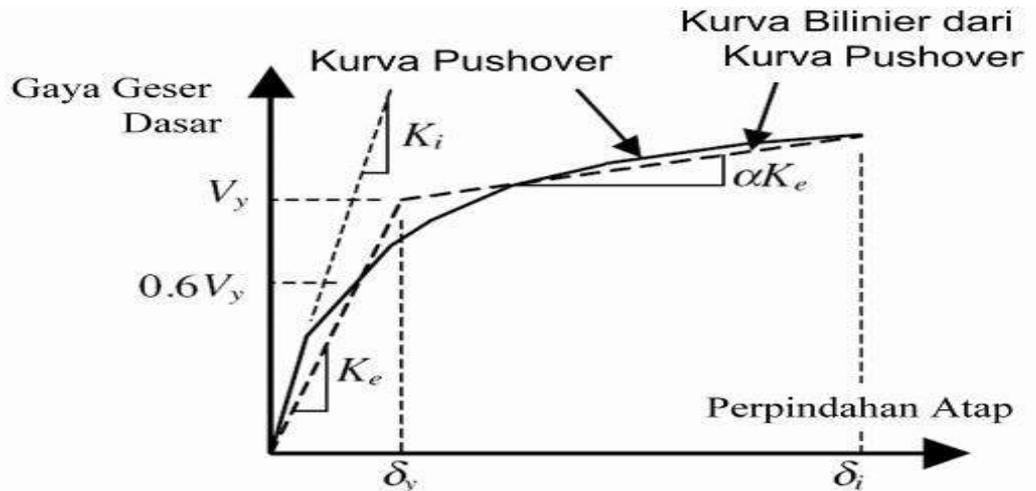
1.1 Tahapan utama dalam analisa pushover adalah :

1. Menentukan titik kontrol untuk memonitor besarnya perpindahan struktur. Rekaman besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar digunakan untuk menyusun kurva pushover.
2. Membuat kurva pushover berdasarkan berbagai macam pola distribusi gaya lateral terutama yang ekuivalen dengan distribusi dari gaya inertiya, sehingga diharapkan deformasi yang terjadi hampir sama atau mendekati deformasi yang terjadi akibat gempa. Oleh karena sifat gempa adalah tidak pasti, maka perlu dibuat beberapa pola pembebanan lateral yang berbeda untuk mendapatkan kondisi yang paling menentukan.
3. Estimasi besarnya perpindahan lateral saat gempa rencana (target perpindahan). Titik control didorong sampai taraf perpindahan tersebut, yang mencerminkan perpindahan maksimum yang diakibatkan oleh intensitas gempa rencana yang ditentukan.
4. Mengevaluasi level kinerja struktur ketika titik kontrol tepat berada pada target perpindahan : merupakan hal utama dari perencanaan berbasis

kinerja. Komponen struktur dan aksi perilakunya dapat dianggap memuaskan jika memenuhi kriteria yang dari awal sudah ditetapkan, baik terhadap persyaratan deformasi maupun kekuatan. Karena yang dievaluasi adalah komponen maka jumlahnya relatif sangat banyak, oleh karena itu proses ini sepenuhnya harus dikerjakan oleh komputer (fasilitas pushover dan evaluasi kinerja yang terdapat secara built-in pada program SAP2000, mengacu pada FEMA – 356 dan ATC-40).

2.4.2 Waktu getar alami efektif

Analisa eigen-value pada umumnya digunakan untuk mengetahui waktu getar alami bangunan, dimana informasi tersebut sangat penting untuk mendapatkan estimasi besarnya gaya gempa yang akan diterima oleh bangunan tersebut. Analisa eigen-value dilaksanakan menggunakan data-data yang masih dalam kondisi elastis linear, padahal pada saat gempa kondisi bangunan mengalami keadaan yang berbeda, yaitu berperilaku inelastis. Oleh karena itu waktu getar alami bangunan pada saat gempa maksimum berbeda dengan hasil analisa eigen-value. Waktu getar alami yang memperhitungkan kondisi inelastis atau waktu getar efektif, T_e , dapat diperoleh dengan bantuan kurva hasil analisa pushover.



Gambar 2.6 Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva Pushover

(Sumber: Michael titono, tesis FT UI)

Untuk itu, kurva pushover diubah menjadi kurva bilinear untuk mengestimasi kekakuan lateral efektif bangunan, K_e , dan kuat leleh bangunan, V_y . Kekakuan lateral efektif dapat diambil dari kekakuan secant yang dihitung dari gaya geser dasar sebesar 60% dari kuat leleh. Karena kuat leleh diperoleh dari titik potong kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis (K_e) dan kondisi inelastic (αK_e), maka prosesnya dilakukan secara trial-error.

2.4.3 Target Perpindahan

Gaya dan deformasi setiap komponen / elemen dihitung terhadap “perpindahan tertentu” di titik kontrol yang disebut sebagai “target perpindahan” dengan notasi δ_t dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat bangunan mengalami gempa rencana. Untuk mendapatkan perilaku struktur pasca keruntuhan maka perlu dibuat analisa pushover untuk membuat kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol sampai minimal 150% dari target perpindahan, δ_t . Permintaan membuat kurva pushover sampai minimal 150% target perpindahan adalah agar dapat dilihat perilaku bangunan yang melebihi

kondisi rencananya dan harus dipahami bahwa target perpindahan hanya merupakan rata-rata nilai dari beban gempa rencana.

Analisa pushover dilakukan dengan memberikan beban lateral pada pola tertentu sebagai simulasi beban gempa, dan harus diberikan bersama-sama dengan pengaruh kombinasi beban mati dan tidak kurang dari 25% dari beban hidup yang disyaratkan. Beban lateral harus diberikan pada pusat massa untuk setiap tingkat. FEMA 356 mensyaratkan minimal harus diberikan dua pola beban yang berbeda sebagai simulasi beban gempa yang bersifat random, sehingga dapat memberikan gambaran pola mana yang pengaruhnya paling jelek. Selanjutnya beban tersebut diberikan secara bertahap dalam satu arah (monotonik).

Kriteria evaluasi level kinerja kondisi bangunan didasarkan pada gaya dan deformasi yang terjadi ketika perpindahan titik kontrol sama dengan target perpindahan δ_t . Jadi parameter target perpindahan sangat penting peranannya bagi perencanaan berbasis kinerja.

a) Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

Metode ini dimulai dengan menetapkan waktu getar efektif, T_e , yang memperhitungkan kondisi inelastis bangunan. Waktu getar alami efektif mencerminkan kekakuan linear dari sistem SDOF ekuivalen. Jika diplotkan pada spektrum respons elastis akan menunjukkan percepatan gerakan tanah pada saat gempa yaitu akselerasi puncak, S_a , versus waktu getar, T . Redaman yang digunakan selalu 5% yang mewakili level yang diharapkan terjadi pada struktur yang mempunyai respons pada daerah elastis. Puncak perpindahan spectra elastis, S_d , berhubungan langsung dengan akselerasi spektra, S_a , dengan hubungan berikut:

$$S_d = \frac{T_e^2}{4\pi^2} S_a \quad (2.16)$$

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

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 C_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g \quad (2.17)$$

Dimana:

T_e = waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi inelastis

C₀ = koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spektral menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama (first mode participation factor) atau berdasarkan Tabel dari FEMA 356.

C₁ = faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier.

$$= 1.0 \text{ untuk } T_e \geq T_S$$

$$= [1.0 + (R - 1)T_S/T_e] / R \text{ untuk } T_e < T_S \quad (4)$$

T_S = waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.

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

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (2.18)$$

S_a = akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

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

W = total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.

C_m = faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 dari FEMA 356.

C₂ = koefisien untuk memperhitungkan efek “pinching” dari hubungan beban- deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan, berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356.

C₃ = koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P-delta. Koefisien diperoleh secara empiris dari studi statistik analisa riwayat waktu non-linier dari SDOF dan diambil berdasarkan pertimbangan engineering judgement, dimana perilaku hubungan gaya geser dasar – lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka $C_3 = 1$, sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka

$$C_3 = 1.0 + \frac{\alpha(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (2.4)$$

α = rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurvabilinier (lihat waktu getar efektif).

g = percepatan gravitasi 9.81 m/det² .

b. Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Dalam Metode Spektrum Kapasitas, proses dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi inelastis struktur yang hasilnya diplot-kan dalam format ADRS (acceleration displacement response spectrum).

Kurva kapasitas dengan modifikasi tertentu diubah menjadi spektrum kapasitas (capacity spectrum), sedangkan respons spektrum diubah dalam format acceleration displacement response spectrum, ADRS. Format ADRS adalah gabungan antara acceleration dan displacement respons spektra dimana absis merupakan acceleration (S_a) dan ordinat merupakan displacement (S_d) sedangkan periode, T , adalah garis miring dari pusat sumbu. Format tersebut adalah konversi sederhana dari kurva hubungan gaya geser dasar dengan perpindahan lateral titik kontrol dengan menggunakan properti dinamis sistem dan hasilnya disebut sebagai kurva kapasitas struktur. Gerakan tanah gempa juga dikonversi ke format ADRS. Hal itu menyebabkan kurva kapasitas dapat di-plot-kan pada sumbu yang sama sebagai gaya gempa perlu. Pada format tersebut waktu getar ditunjukkan sebagai garis radial dari titik pusat sumbu.

Waktu getar ekuivalen, T_e , dianggap sebagai secant waktu getar tepat dimana gerakan tanah gempa perlu yang direduksi karena adanya efek redaman ekuivalen bertemu pada kurva kapasitas. Karena waktu getar ekuivalen dan redaman merupakan fungsi dari perpindahan maka penyelesaian untuk mendapatkan perpindahan inelastik maksimum (titik kinerja) adalah bersifat iteratif. ATC-40 menetapkan batas redaman ekuivalen untuk mengantisipasi adanya penurunan kekuatan dan kekakuan yang bersifat gradual. Respons spektrum dalam bentuk

ADRS ini kemudian dimodifikasi dengan memasukkan pengaruh effective damping yang terjadi akibat terbentuknya sendi plastis. Spektrum ini dinamakan demand spectrum.

metode spektrum kapasitas menyajikan secara grafis tiga buah grafik yaitu spektrum kapasitas (capacity spectrum), respons spektrum dan spektrum demand dalam format ADRS. Untuk mengetahui perilaku dari struktur yang ditinjau terhadap intensitas gempa yang diberikan, kurva kapasitas kemudian dibandingkan dengan tuntutan (demand) kinerja yang berupa respons spektrum berbagai intensitas (periode ulang) gempa. Target perpindahan diperoleh melalui titik perpotongan antara spektrum kapasitas dan dan spektrum demand. Metode ini secara khusus telah built-in dalam program SAP2000, proses konversi kurva pushover dan kurva respon spektrum yang direduksi dikerjakan otomatis dalam program.

BAB III

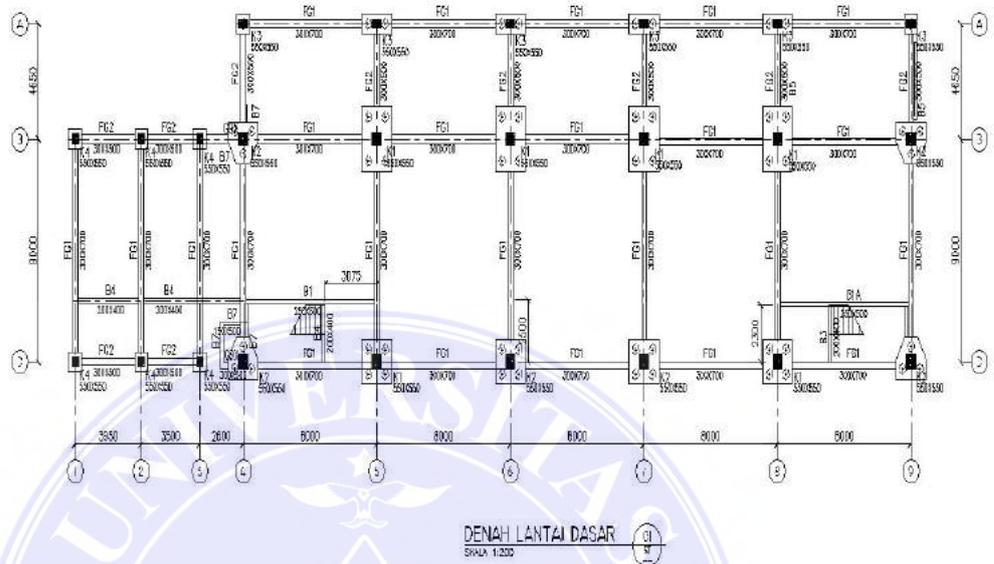
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

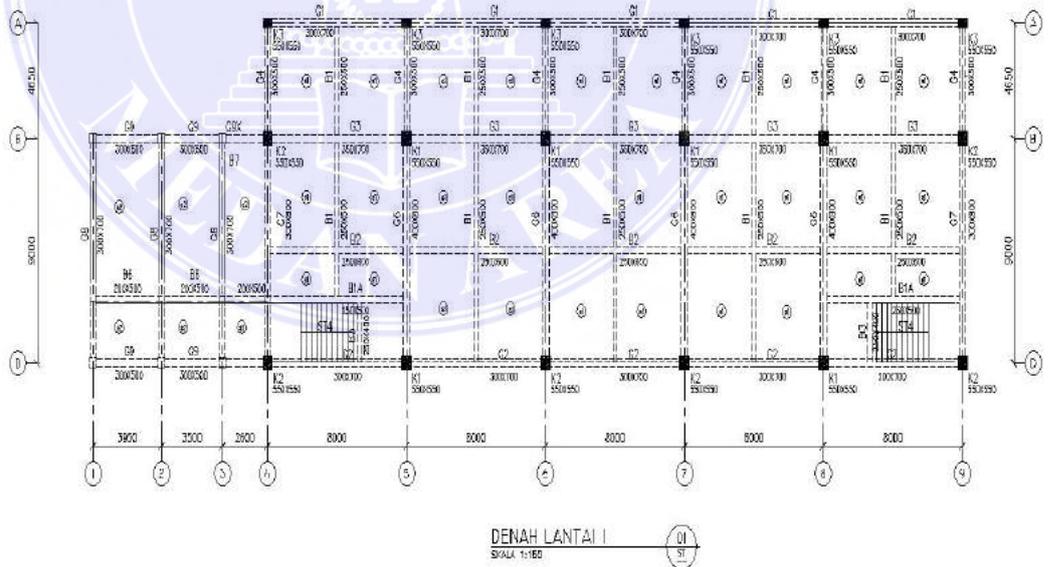
Sebelum pemodelan, sebaiknya dilakukan pengumpulan data terlebih dahulu, agar data yang didapatkan lebih akurat. Penulis melakukan pengumpulan data secara primer, dimana penulis langsung kelapangan. Adapun pengumpulan data dan informasi bangunan gedung Bank Rakyat Indonesia (BRI) KC Sisingamangaraja, Medan, Sumatera Utara, yang diperoleh penulis antara lain:

- a. Gambar denah proyek gedung Bank Rakyat Indonesia (BRI) KC Sisingamangaraja, Medan, Sumatera Utara
- b. Gambar dimensi balok dan kolom proyek gedung Bank Rakyat Indonesia (BRI) KC Sisingamangaraja, Medan, Sumatera Utara
- c. Kuat tekan beton (f_c') yang digunakan pada proyek gedung Bank Rakyat Indonesia (BRI) KC Sisingamangaraja, Medan, Sumatera Utara.
- d. Kuat leleh tulangan (f_y) yang digunakan pada proyek gedung Bank Rakyat Indonesia (BRI) KC Sisingamangaraja, Medan, Sumatera Utara.

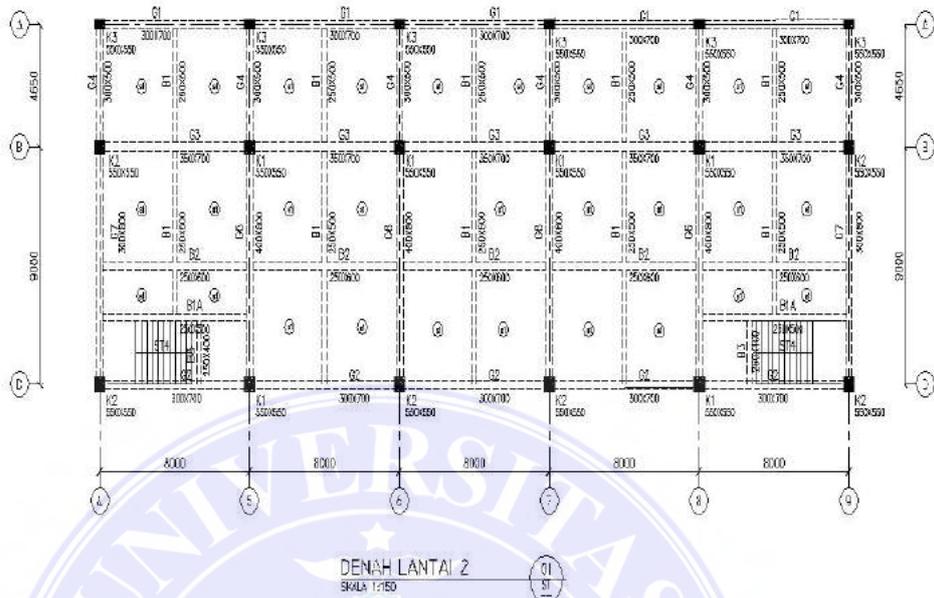
Data gambar yang didapatkan, digunakan untuk pemodelan struktur gedung dan kemudian dianalisis menggunakan software SAP 2000 V.14



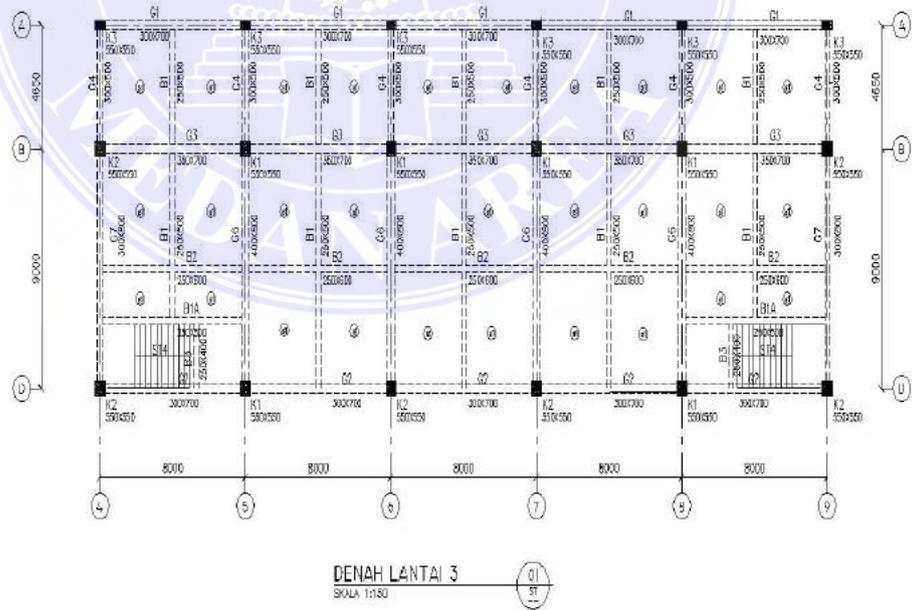
Gambar 3.1 Denah lantai dasar
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)



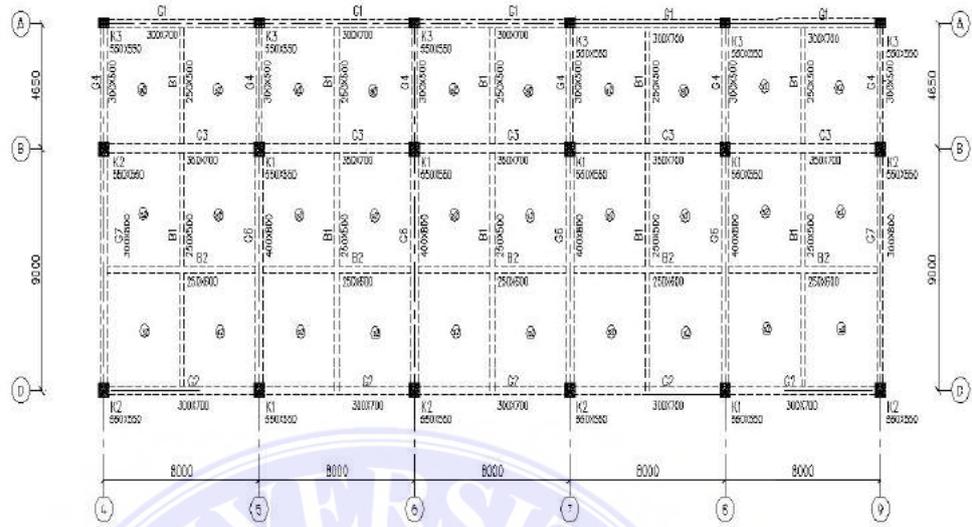
Gambar 3.2 Denah lantai 1
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)



Gambar 3.3 Denah lantai 2
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)



Gambar 3.4 Denah lantai 3
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)



DENAH ATAP
SKALA 1:150

Gambar 3.5 Denah atap
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)

3.2 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah: pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang digunakan berupa angka yang merupakan hasil analisis struktur gedung dengan menggunakan program SAP 2000 V.14.

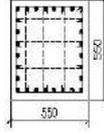
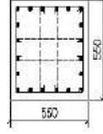
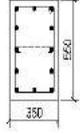
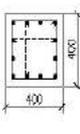
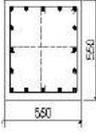
3.3 Data Stuktur Gedung

Dalam penelitian ini, data pendukung yang diperoleh oleh penulis dilapangan antara lain: gambar arsitektur dan refrensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia pada situs puskim.pu.go.id dengan metode SNI (Standart Nasional Indonesia) 1726:2019.

Adapaun data-data teknis yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah:

- a) Lokasi Studi Kasus : Jl. Sisingamangaraja, Medan-Sumatera Utara
- b) Jenis Bangunan : Gedung/Struktur Beton bertulang
- c) Material bangunan : Beton Bertulang
- d) Fungsi Bangunan : Perkantoran
- e) Jumlah Lantai : 5 Lantai
- f) Tinggi Bangunan : 19,641 m
- g) Tinggi Lantai Tipikal : 3,8 m
- h) Dimensi dan Detail Kolom :
 - K1 = 55/55 cm, dengan tulangan 28 D19 dan Beugel D10-100
 - K2 = 55/55 cm, dengan tulangan 20 D19 dan Beugel D10-100
 - K3 = 35/55 cm, dengan tulangan 12 D19 dan Beugel D10-100
 - K4 = 40/40 cm, dengan tulangan 12 D19 dan Beugel D10-100

SKEDUL TULANGAN KOLOM

NAMA KOLOM	K1	K2	K3	K4	K1.2
					
UKURAN	550x550	550x550	350x350	400x400	550x550
TULANGAN VERTIKAL	2x D22	2x D22	2x D19	2x D19	2x D22
TULANGAN HORIZONTAL	D13-100	D13-100	D10-100	D10-100	D13-100
TUL. PENGIKAT TENGAH	D10-150	D10-100	D10-100	D10-150	D10-150
TUL. PENGIKAT UJUNG	D13-100	D13-100	D10-100	D10-100	D13-100

Gambar 3.6 Tulangan kolom
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)

i) Dimensi dan Detail Balok

- Balok B1 = 25/50 cm
- Balok B2 = 25/60 cm
- Balok B3 = 25/40 cm
- Balok B4 = 20/40 cm
- Balok B5 = 15/40 cm
- Balok B6 = 20/50 cm
- Balok B7 = 15/50 cm

SKEDUL TULANGAN BALOK INDUK

NAMA BALOK	G8		G9		NAMA BALOK	RG1		RG2	
	TUNPUAN	LAPANGAN	TUNPUAN	LAPANGAN		TUNPUAN	LAPANGAN	TUNPUAN	LAPANGAN
	1/4 Ln	1/2 Ln	1/4 Ln	1/2 Ln		1/4 Ln	1/2 Ln	1/4 Ln	1/2 Ln
DINDING BETON	300x700	---	300x500	---	DINDING BETON	200x500	---	250x500	---
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	3 D19	2 D19	TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	4 D13	2 D19
TULANGAN SAMPING	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	TULANGAN SAMPING	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	2 D19	2 D19	TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19	2 D19	3 D19
SEKANGKANG	D10-100	D10-200	D10-100	D10-200	SEKANGKANG	D10-100	D10-200	D10-100	D10-200

NAMA BALOK	G1		G2		G3		G4	
	TUNPUAN	LAPANGAN	TUNPUAN	LAPANGAN	TUNPUAN	LAPANGAN	TUNPUAN	LAPANGAN
	1/4 Ln	1/2 Ln	1/4 Ln	1/2 Ln	1/4 Ln	1/2 Ln	1/4 Ln	1/2 Ln
DINDING BETON	300x700	---	300x700	---	300x700	---	300x500	---
TULANGAN ATAS	5 D19	2 D19	6 D19	2 D19	6 D19	3 D19	3 D22	2 D22
TULANGAN SAMPING	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19	3 D19	3 D19	4 D19	6 D19	2 D22	2 D22
SEKANGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	1,5D10-100	D10-125	D10-100	D10-150

NAMA BALOK	G6		G7	
	TUNPUAN	LAPANGAN	TUNPUAN	LAPANGAN
	1/4 Ln	1/2 Ln	1/4 Ln	1/2 Ln
LT-2 LT-1				
DINDING BETON	400x900	---	300x700	---
TULANGAN ATAS	11 D22	4 D22	7 D22	3 D22
TULANGAN SAMPING	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13	2x2 D13
TULANGAN BAWAH	6 D22	6 D22	4 D22	4 D22
SEKANGKANG	2D10-100	D10-100	1,5D10-100	D10-125

Gambar 3.7 Tulangan balok induk
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)

SKEDUL TULANGAN BALOK ANAK

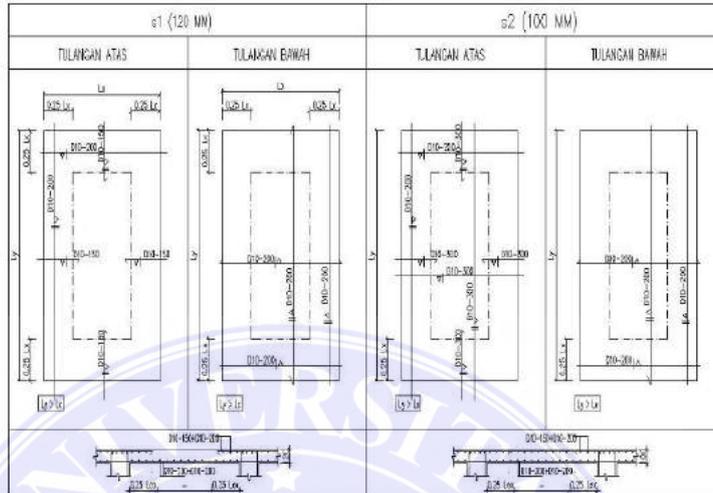
NAMA BALOK	B4		B5		B6		B7	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	1/4 Ln	1/2 Ln						
DIMENSI BETON	200x400	200x400	150x400	150x400	200x500	200x500	150x400	150x400
TULANGAN ATAS	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	--	--	--	--	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19						
SEMBANG	D10-150	D10-200	D10-200	D10-200	D10-150	D10-200	D10-200	D10-200

NAMA BALOK	B1		B1A		B2		B3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	1/4 Ln	1/2 Ln						
DIMENSI BETON	250x500	250x500	250x500	250x500	250x600	250x600	250x400	250x400
TULANGAN ATAS	4 D19	2 D19	3 D19	2 D19	6 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TULANGAN SAMPING	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	--	--
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19	2 D19	3 D19
SEMBANG	D10-150	D10-200	D10-150	D10-200	D10-150	D10-200	D10-100	D10-150

Gambar 3.8 Tulangan balok anak
(Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)

- j) Tebal Plat Lantai : 120cm
 k) Plat atap : 100 cm

SKEDUL TULANGAN PLAT



Gambar 3.9 Tulangan plat
 (Sumber: PT. Bajragraha Sentranusa/kontraktor)

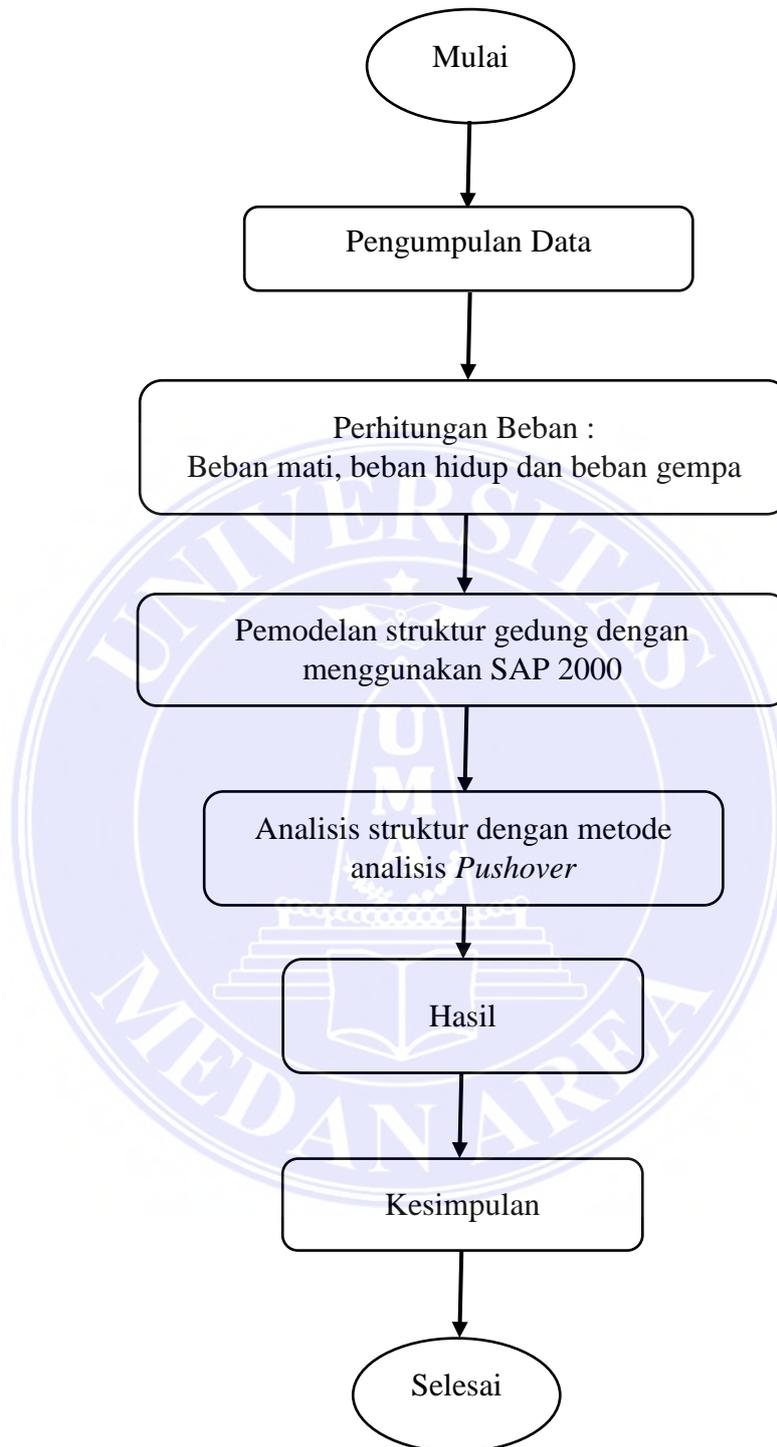
- 1) Mutu Beton (f_c') : K-300 (24,9 Mpa)

3.4 Tahapan analisis

Adapun tahapan analisis yang akan dilakukan penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Mengumpulkan data-data struktur
2. Pemodelan struktur gedung menggunakan program SAP 2000 V.21
3. Perhitungan pembebanan struktur, yaitu:
 - Beban Hidup
 - Beban Mati
 - Beban Gempa
4. Analisis struktur dengan analisis Metode pushover
5. Menyimpulkan Hasil analisis

3.5 Diagram alir penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis *pushover* pada gedung BRI KC Sisingamangaraja-Medan dengan menggunakan Sap 2000 v.14 maka dapat disimpulkan:

1. Gaya gempa maximum yang dapat diterima oleh gedung BRI KC Sisingamangara, Medan adalah sebesar 7.149,921kN
2. Berdasarkan kurva kapasitas, pada saat gaya (*base force*) diberikan pada bangunan maka terjadilah perpindahan (*displacement*), yang artinya semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar juga perpindahan (*displacement*) yang terjadi pada bangunan.
3. Batas kinerja gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan berada pada kategori level IO, yang artinya hanya sedikit kerusakan pada struktural sehingga gedung dapat langsung digunakan atau dipakai.
4. Distribusi sendi plastis arah-X terdiri dari 7 langkah (*step*) dimana sendi plastis mulai bekerja pada step-2 dan mencapai titik leleh pada step-7, sedangkan untuk distribusi sendi plastis arah-Y terdiri dari 3 langkah (*step*) dimana sendi plastis mulai bekerja pada step-2 dan mencapai titik leleh pada step-3.

5.2 SARAN

1. Pada penelitian ini metode analisis *pushover* yang digunakan penulis adalah metode ATC-40, sehingga perlu adanya penggunaan metode lain pada analisis *pushover* seperti FEMA 356 dan FEMA 440 untuk membandingkan hasilnya dengan ATC-40.
2. Perlu adanya pemahaman yang lebih lanjut pada aplikasi Sap 2000 untuk bidang Struktur.



DAFTAR PUSTAKA

- Applied Techonology Council. 1996. ATC-40 - *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Redwood City, California, U.S.A.
<https://id.scribd.com/document/100575864/atc-40>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
<https://tekonsipil.sv.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/938/2020/01/SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung.pdf>
- Marwanto, A., Budi, A. S., & Supriyadi, A. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Pushover Terhadap Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs.
<https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/download/37419/24649>
- PPURG 1987.1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Depertemen Pekerjaan Umum
https://darmadi18.files.wordpress.com/2015/04/pppurg_1987.pdf
- Safira, A., Wardhani, K., Priyono, P., & Manggala, A. S. (n.d.). Evaluasi Kapasitas Struktur Gedung Meotel By Dafam Jember Dengan Metode Pushover Analysis
<http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/HEXAGON/article/view/2911>
- Sudarman, Manalip, H., Windah, R. S., & Dapas, S. O. (2014). Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/5239>
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2019). Analisa Pushover Pada Bangunan Gedung Telkomsel Di Kota Pematang Siantar.
<http://repository.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/7996>

Utami, T. P., & Warastuti, N. (2017). Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode Pushover Studi Kasus Gedung Asrama Pusdiklat Ppatk.

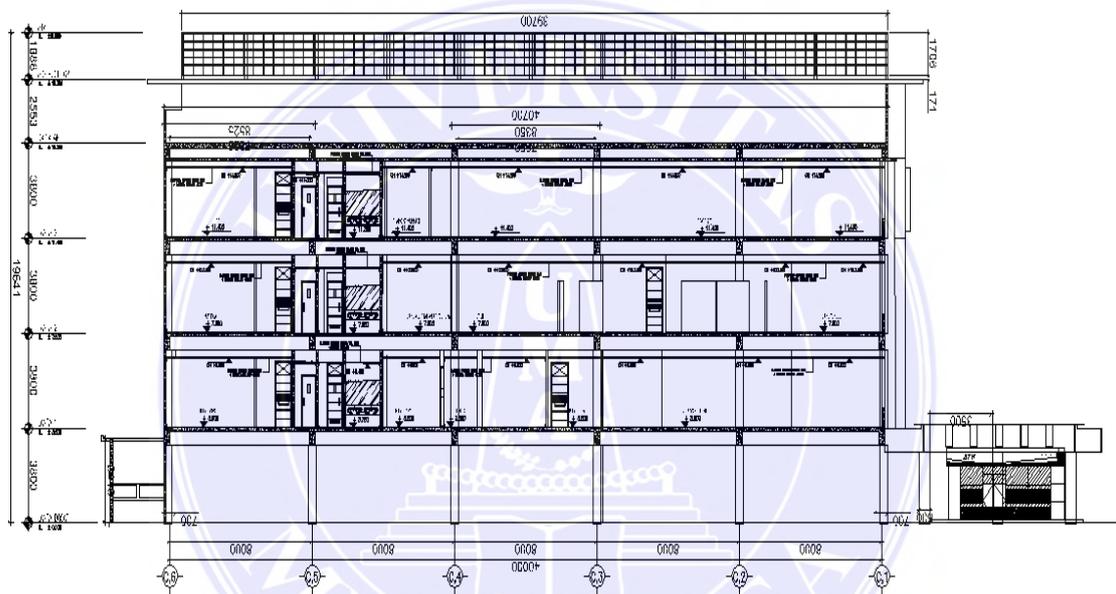
<http://journal.univpancasila.ac.id/index.php/infrastruktur/article/view/709>

Widodo. (2012). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung "Asrama Mahasiswi UGM" Yogyakarta Menggunakan Analisa Pushover Sesuai Pedoman Atc-40.*

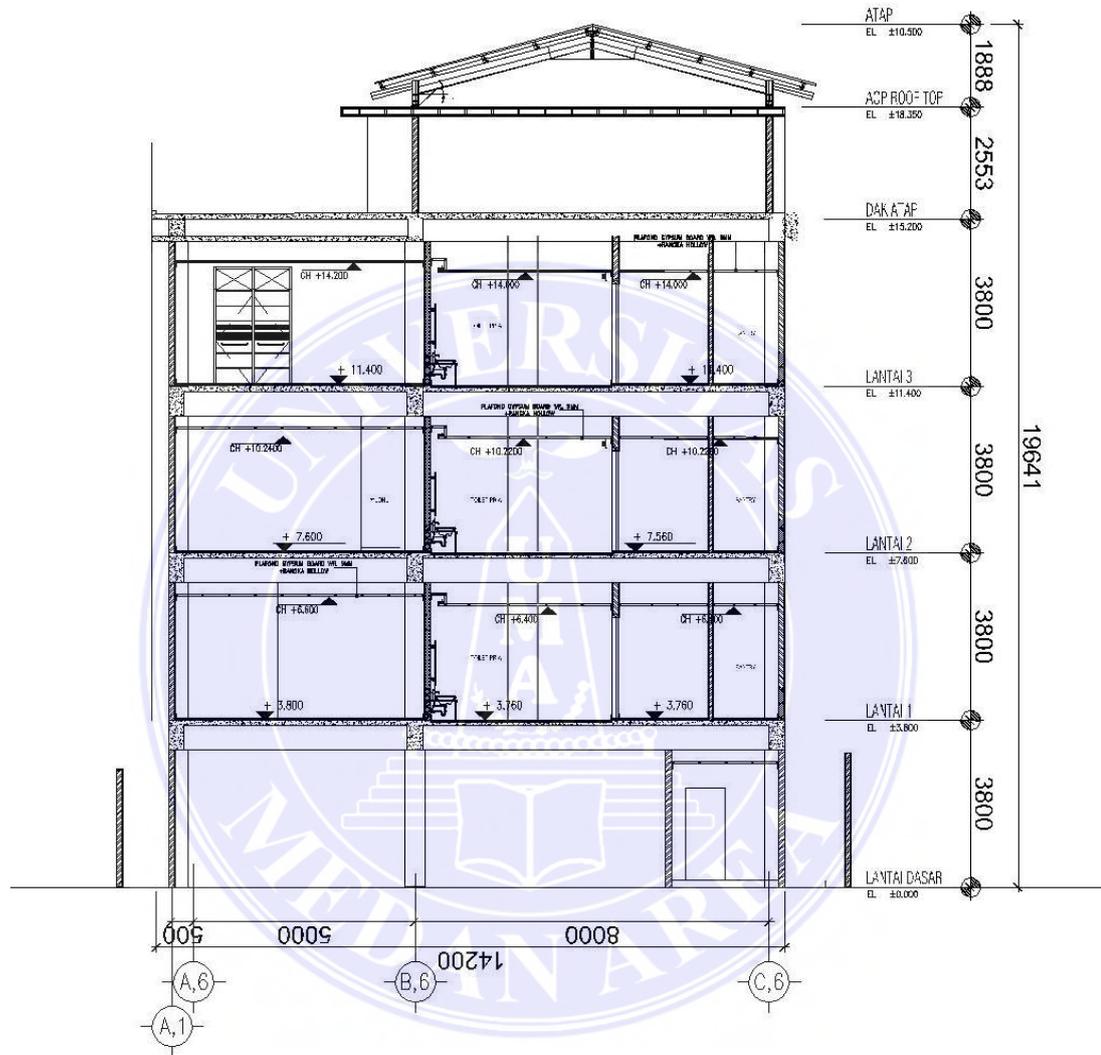
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/4136>



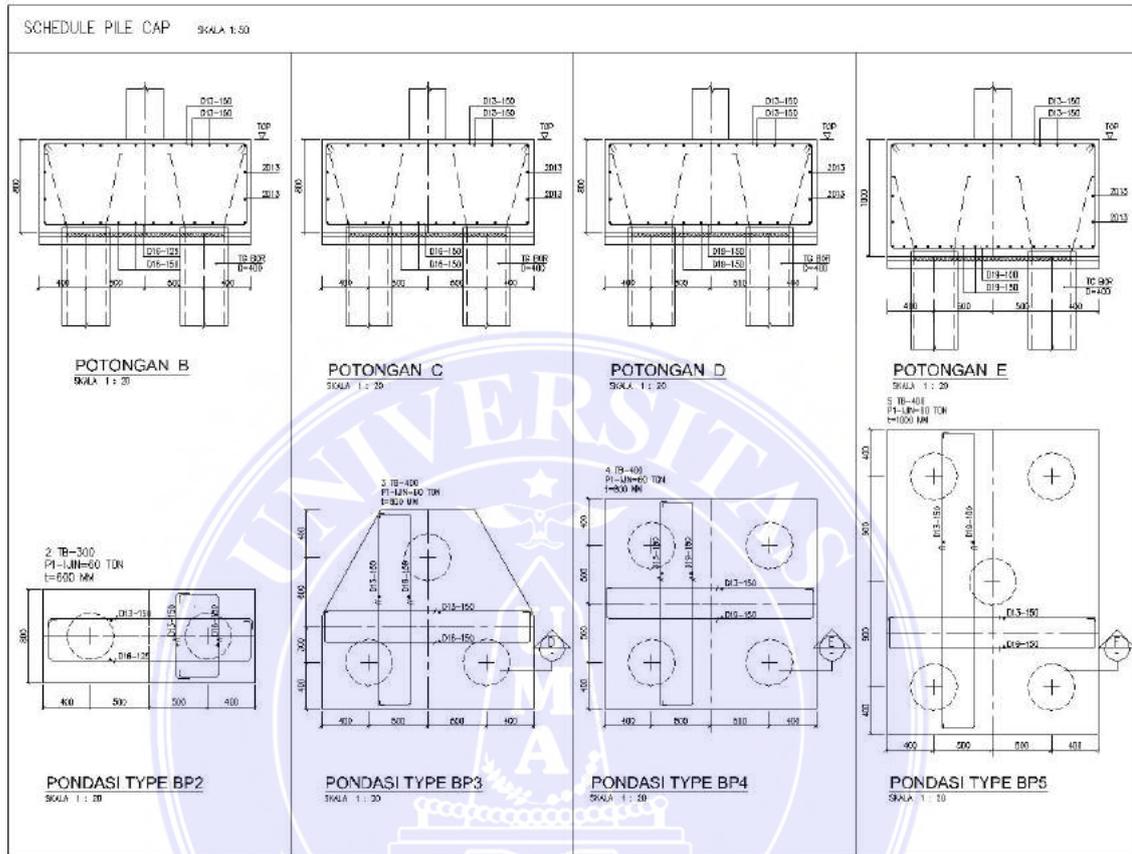
LAMPIRAN



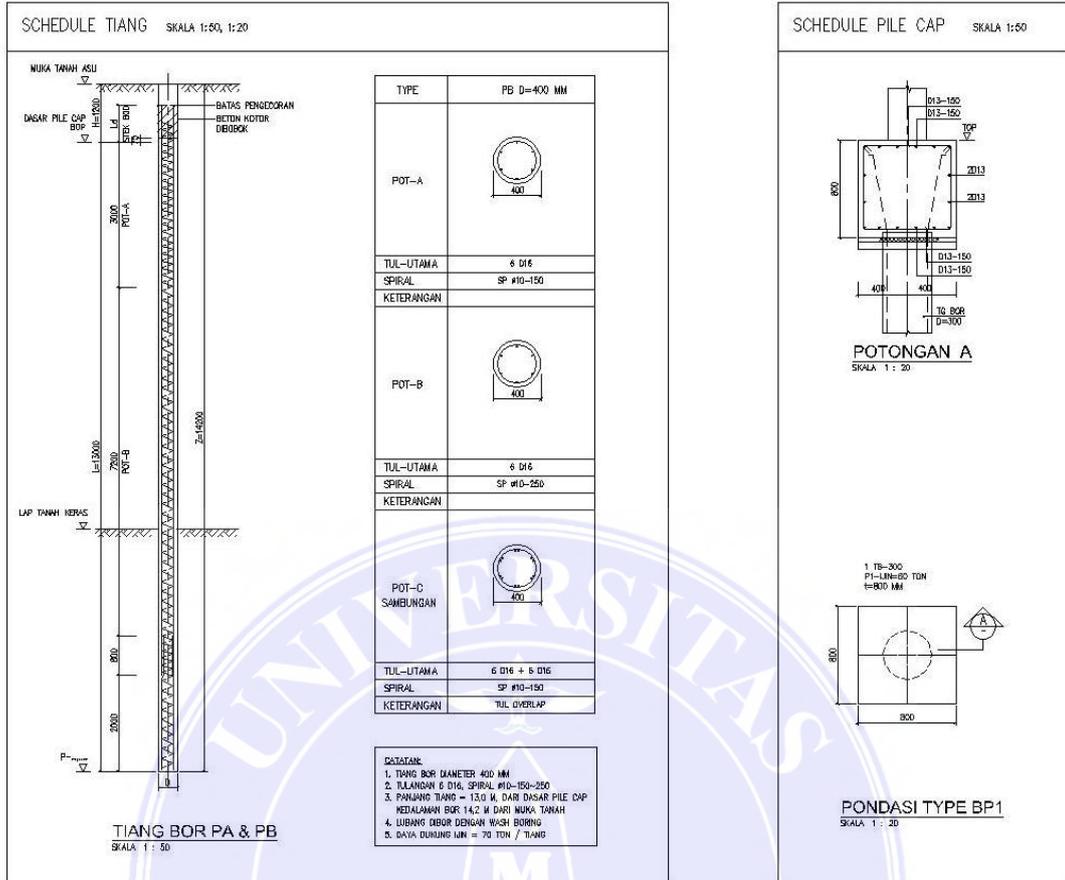
Gambar: Tampak Samping



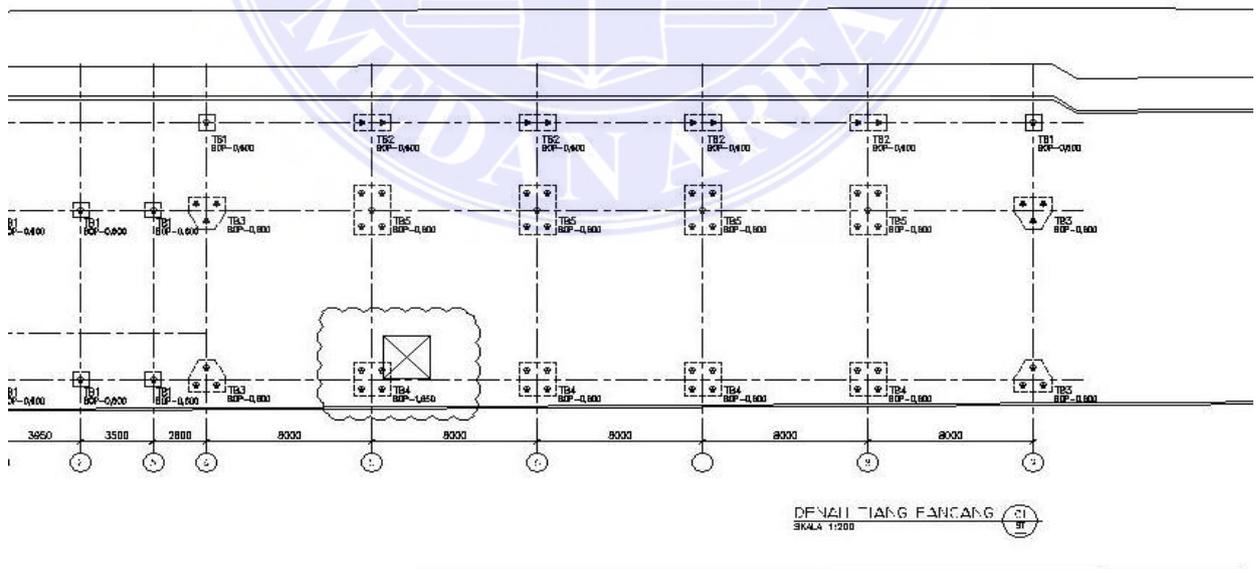
Gambar: Tampak Depan



Gambar : Schedule Pile CAP



Gambar : Detail Pile CAP



Gambar : Denah Pile CAP