

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L,
SDN 04 GAREGEH KOTA BUKITTINGGI
DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER**

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Fakultas Teknik UM Sumatera Barat



Oleh :

HARRI SUMPENA

191000222201059

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2023**

HALAMAN PENGESAHAN
EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L,
SDN 04 GAREGEH KOTA BUKITTINGGI
DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

Oleh :

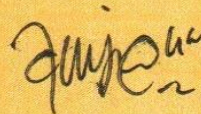
HARRI SUMPENA
191000222201059

Dosen Pembimbing I,



ELFANIA BASTIAN, S.T., M.T.
NIDN. 1018118901

Dosen Pembimbing II,

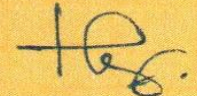


ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng.
NIDN. 1022119101

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,


MASRIL, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi
Teknik Sipil,


HELGA YERMADONA, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502

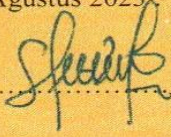
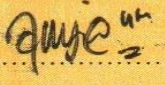
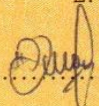
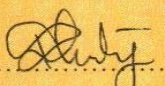
LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 14 Agustus 2023 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

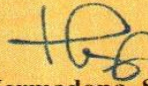
Bukittinggi, 21 Agustus 2023
Mahasiswa,

Harri Sumpena
191000222201059

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 21 Agustus 2023 :

1. Selpa Dewi, S.T., M.T. 1. 
2. Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng. 2. 
3. Deddy Kurniawan, S.T., M.T. 3. 
4. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng. 4. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil


Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502

LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Harri Sumpena
Tempat dan tanggal lahir : Bukittinggi, 22 Oktober 1982
NIM. : 191000222201059
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN
04 Garegeh Kota Bukittinggi Dengan Metode
Analisis Non Linier

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 21 Agustus 2023
Saya membuat pernyataan,



ABSTRAK

Bencana gempa merupakan gejala alam destruktif. Konsep dan analisis bangunan tahan gempa salah satunya konsep *performance based seismic evaluation* (PBSE) dengan metode analisis beban dorong statik atau *analysis pushover*. Metode ini mampu memberikan informasi pola keruntuhan bangunan eksis. Ketika terbebani gaya gempa yang melebihi kapasitas bangunan, apabila terjadi keruntuhan langsung atau bangunan mampu berperilaku non linier sebelum terjadi keruntuhan total. Karena pada dasarnya prinsip bangunan tahan gempa adalah boleh terjadi kerusakan pada bangunan tersebut, tetapi tidak pada elemen struktur. Kinerja struktur dievaluasi melalui analisis non linier menggunakan *software SAP2000 versi 22*, kinerja bangunan terhadap gempa dan pola keruntuhannya dapat dinyatakan secara jelas dalam bentuk kurva menggunakan *Nonlinier Static Pushover Analysis*. *Nonlinier Static Pushover Analysis* menghasilkan kurva kapasitas yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar terhadap perpindahan titik acuan pada atap. Hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi dengan denah L, dapat disimpulkan berdasarkan analisis nonlinier atau *pushover analysis* diperoleh target perpindahan ATC-40 pada arah x-x sebesar 0,02 dan pada arah y-y 0,02 yang diperlihatkan pada tabel 5.5.4 ATC-40 (1996) tingkat kinerja struktur merupakan kondisi *Life Safety* yaitu pada struktur timbul kerusakan yang signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, komponen utama struktur tidak runtuh dan bangunan masih dapat dipergunakan Kembali jika sudah dilakukan perbaikan.

Kata kunci : Gempa, Analisis Non linier, SAP2000, Kurva Kapasitas, ATC-40



ABSTRACT

Earthquake disaster is a destructive natural phenomenon. One of the concepts and analysis of earthquake resistant buildings is the concept of Performance Based Seismic Evaluation (PBSE) with the method of static push load analysis or pushover analysis. This method is able to provide information on the collapse pattern of existing buildings when subjected to earthquake forces that exceed the building's capacity, when direct collapse occurs, or when the building is able to behave non-linearly before total collapse occurs. The performance of the structure is evaluated by nonlinear analysis using SAP2000 software version 22, and the performance of the building against earthquakes and its collapse pattern can be clearly expressed in the form of a curve using Nonlinear Static Pushover Analysis. Nonlinear Static Pushover Analysis produces a capacity curve that describes the relationship between the base shear force and the displacement of the reference point on the roof. The results of evaluating the structural performance of the SDN 04 Garegeh building in Bukittinggi City with the L plan, can be concluded based on nonlinear analysis or pushover analysis obtained ATC-40 displacement targets in the x-x direction of 0.02 and in the y-y direction of 0.02 shown in Table 5.5.4 ATC-40 (1996) the level of structural performance is a life safety condition, namely in the structure there is significant damage but has not yet collapsed, the major components of the structure will not collapse and the structure is not damaged.

Keyword : *Earthquake, Pushover Analysis, SAP2000, Curve Capacity, ATC-40*



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi Sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doá dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB;
2. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil;
3. Bapak Deddy Kurniawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
4. Ibu Elfania Bastian, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
5. Ibu Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
7. Orang tua, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doá, perhatian dan kasih sayang;
8. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu;

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik sipil.

Bukittinggi, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI

HALAMAN PENGESAHAN

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konsep Bangunan Tahan Gempa	5
2.2 Peraturan Kegempaan Struktur Bangunan dalam SNI 1726-2019	7
2.2.1 Faktor Keutamaan	7
2.2.2 Klasifikasi Situs	10
2.2.3 Wilayah Gempa	11
2.2.4 Parameter Respon Spektral	12
2.2.5 Parameter Percepatan Spektral Desain	14
2.2.6 Spektrum Respon Desain	14
2.2.7 Kategori Desain Seismik	15
2.2.8 Gaya Statik	16
2.2.9 <i>Pushover Analysis</i> dengan Metode <i>Capacity Spectrum</i>	21
2.2.10 Performance Point	21

2.2.11	Kriteria Level Kinerja Struktur Tahan Gempa.....	22
BAB III	METODELOGI PENELITIAN.....	24
3.1	Lokasi Penelitian	24
3.2	Metode Analisis Data	25
3.3	Data Penelitian.....	25
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	25
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1	Pemodelan 3D	27
4.2	Perhitungan Pembebanan	27
4.2.1	Beban Mati.....	27
4.2.2	Beban Hidup.....	28
4.2.3	Beban Gempa.....	28
4.2.4	Mengaplikasikan Kombinasi Pembebanan	31
4.3	Pengecekan Perilaku Struktur.....	32
4.3.1	Pemeriksaan Jumlah Ragam	32
4.3.2	Perbandingan Geser Dasar V_{Statik} , $V_{Dinamik}$	32
4.3.3	Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai	33
4.4	Analisis Statik Nonlinier (<i>Pushover Analysis</i>).....	35
4.4.1	Menambahkan Tulangan Terpasang Pada Elemen Struktur	36
4.4.2	Membuat <i>Nonlinier Case</i>	37
4.4.3	Menentukan Nonlinier <i>Pushover Case</i>	38
4.4.4	Menampilkan Kurva Kapasitas <i>Pushover</i>	39
4.4.5	Level Kinerja Struktur.....	43
BAB V	PENUTUP	47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	.....	48
LAMPIRAN	.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa	7
Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa	10
Tabel 2.3 Klasifikasi situs	10
Tabel 2.4 Koefisien situs, F_a	13
Tabel 2.5 Koefisien situs, F_v	14
Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (Sds).....	16
Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (Sd1).....	16
Tabel 2.8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	18
Tabel 2.9 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	19
Tabel 2.10 Batasan rasio drift atap.....	23
Tabel 4.1 Berat jenis material	27
Tabel 4.2 Tabelaris pembebanan pada balok	27
Tabel 4.3 Beban hidup lantai fasilitas pendidikan	28
Tabel 4.4 Parameter beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019	28
Tabel 4.5 Output geser dasar SAP2000	33
Tabel 4.6 Hasil penjumlahan geser dasar untuk masing-masing gempa	33
Tabel 4.7 Output Joint Displacement SAP2000	35
Tabel 4.8 Joint Displacements arah x	35
Tabel 4.9 Joint Displacements arah y	35
Tabel 4.10 Display table pushover curve x-x.....	41
Tabel 4.11 Display table pushover curve y-y.....	41
Tabel 4.12 Batas simpangan pada tingkat kinerja struktur (ATC-40, 1996 11-4)	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Level-level kerusakan bangunan	6
Gambar 2.2 Mekanisme keruntuhan ideal dan lokasi sendi plastis	7
Gambar 2.3 Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk S1	12
Gambar 2.4 Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk Ss.	12
Gambar 2.5 Spektrum respon desain	15
Gambar 2.6 Penentuan <i>performance points</i>	22
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	24
Gambar 3.2 Tampak Depan Lokasi Penelitian	24
Gambar 4.1 Simpangan antar tingkat ijin	33
Gambar 4.2 Titik tinjau simpangan antar lantai	34
Gambar 4.3 Detail penulangan balok	36
Gambar 4.4 <i>Input</i> tulangan B1 (mm)	37
Gambar 4.5 <i>Input</i> tulangan K1 (mm)	37
Gambar 4.6 Menentukan titik yang ditinjau (label 147)	38
Gambar 4.7 <i>Input static nonlinier case gravity</i>	38
Gambar 4.8 <i>Static nonlinier push x</i>	39
Gambar 4.9 <i>Load application control for static nonlinier push x</i> (mm)	39
Gambar 4-10 Tingkat plastifikasi sendi plastis elemen	40
Gambar 4.11 <i>Step 1</i> sendi plastis arah x	42
Gambar 4.12 <i>Step 2</i> sendi plastis arah x	42
Gambar 4.13 <i>Step 1</i> sendi plastis arah y	43
Gambar 4.14 <i>Step 4</i> sendi plastis arah y	43
Gambar 4.15 <i>Input</i> parameter kapasitas spektra ATC-40	44
Gambar 4.16 Spektrum kapasitas arah x-x	45
Gambar 4.17 Spektrum kapasitas arah y-y	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat seismisitas yang tinggi, potensi gempa berada disepanjang pesisir barat laut patahan Mentawai. Hasil penelitian di Kepulauan Mentawai menunjukkan bahwa periode ulang gempa besar adalah sekitar 200 tahun (Hilman, 2005). Dalam kajian *hazard* kegempaan perlu diidentifikasi secara geologi dan seismologi adanya beberapa zona sumber gempa aktif yang memiliki potensi dan kontribusi seismic signifikan terhadap wilayah Propinsi Sumatera Barat seperti zona subduksi Sumatera dan zona patahan semangko. Zona patahan semangko merupakan jalur patahan yang terbentuk akibat tabrakan lempeng Indo-Australia yang bergerak dengan kecepatan relative 50 sampai 60 mm/tahun, keberadaan patahan ini juga berpotensi menyebabkan sejumlah gempa bumi dangkal yang bersifat merusak..

Suatu perencanaan struktur harus berdasarkan kepada peraturan-peraturan yang berlaku, agar dihasilkan struktur bangunan yang kuat, aman, ekonomis, dan sesuai dengan standar yang ditentukan. Secara garis besar struktur gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur atas yang mencakup kolom, balok, dan pelat lantai, serta struktur bawah yang mencakup dari sloof dan pondasi. Dalam penelitian ini dipakai peraturan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, dan SNI 1727:2020 beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

Prinsip utama dalam mendirikan bangunan tahan gempa adalah denah dan struktur bangunan sederhana dan simetris, denah yang sederhana dan simetris akan memudahkan dalam menentukan titik-titik kolom dan pondasi yang akan menjadi rangka struktur utama pada bangunan, struktur bangunan yang simetris dapat menahan gaya gempa dengan lebih baik dari pada bangunan dengan bentuk tidak simetris. Hal ini dikarenakan gaya gempa yang terjadi dapat terdistribusikan secara merata kesemua elemen struktur. Estetika bangunan memang penting sebagai

upaya memperindah lingkungan dan enak dipandang mata, tetapi yang paling penting dipikirkan terlebih dahulu adalah kerangka bangunan yang kuat.

Dalam upaya membangun suatu bangunan yang diperuntukan untuk kapasitas guna yang besar dengan kondisi lahan yang kurang memadai luasnya, maka dipilihlah bangunan bertingkat sebagai salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Oleh karena itu dalam membangun suatu struktur gedung bertingkat mempunyai persyaratan yang kompleks. Pada Gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi yang menjadi lokasi penelitian memiliki denah “L” (tidak simetris) perlu dievaluasi kinerja strukturnya dikarenakan pengaruh yang diberikan oleh gaya gempa berbeda antara gedung yang simetris dengan yang tidak simetris. Respon struktur yang dihasilkan untuk struktur tidak simetris dibandingkan dengan struktur simetris akan berbeda, baik dari segi simpangan (*displacement*), simpangan antar tingkat, dan lainnya. (Purba, 2014)

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana *performance point* dan kriteria level kinerja pada pemodelan dan pola keruntuhan Gedung denah L ditinjau dengan program SAP2000 v.22 pada struktur Gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagian bawah ujung kolom adalah tumpuan jepit.
2. Pembebanan gedung meliputi:
 - A. Beban mati berupa berat sendiri struktur.
 - B. Beban hidup berupa beban akibat fungsi bangunan.
 - C. Beban lateral berupa beban gempa sesuai dengan SNI 1726-2019.
 - D. Peraturan pembebanan berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

3. Analisis struktur menggunakan nonlinier statik (*pushover analysis*) dengan *metode capacity spectrum* menggunakan program SAP2000 v22.
4. Peraturan gempa yang digunakan adalah peraturan yang terbaru yakni SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
5. Kriteria level kinerja struktur ditentukan berdasarkan (*Applied Technology Council*) ATC-40.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari analisis non linier adalah untuk mengevaluasi kinerja gedung yang didesain.

Manfaat yang dapat diambil setelah diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Untuk masyarakat : dapat mengetahui kerusakan apa saja yang terjadi pada bangunan gedung jika terjadi gempa, dan diharapkan mampu mencari tempat yang aman jika berada di dalam gedung saat terjadi gempa.
2. Untuk akademisi : mengetahui perilaku struktur bangunan terhadap beban gempa dengan analisis *pushover*, serta memberikan wawasan baru dalam menilai keamanan suatu bangunan gedung.
3. Untuk praktisi : hasil evaluasi dapat menjadikan acuan dalam perencanaan perbaikan, perkuatan dan rehabilitasi struktur agar struktur mampu bertahan pada saat terjadi gempa.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dibagi menjadi 5 BAB berdasarkan tahapan-tahapan pembahasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II ini menjelaskan teori umum yang berhubungan dengan penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB III ini menjelaskan cakupan lokasi, peralatan dan *software*, prosedur, dan diagram alir penelitian

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV ini menjelaskan hasil yang diperoleh dari data-data yang di dapatkan dalam melakukan terhadap objek penelitian

BAB V PENUTUP

BAB V ini menjelaska kesimpulan dan saran yang didapat dari analisis dan pembahasan dalam penelitian pada BAB IV

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang mampu mempertahankan strukturnya agar tidak runtuh saat terjadi gempa. Bangunan yang dimaksud bukan berarti tidak diperbolehkan mengalami kerusakan sedikitpun, namun bangunan boleh mengalami kerusakan selagi masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Struktur yang direncanakan dibolehkan untuk mengalami kerusakan saat menerima beban gempa besar pada elemen strukturalnya. Namun, struktur keseluruhan tidak boleh mengalami keruntuhan. Filosofi bangunan tahan gempa berdasar pada level kekuatan gempanya (Pawirodikromo, W, 2012) adalah sebagai berikut:

- A. Pada gempa kecil (*light, atau minor earthquake*) yang banyak terjadi, struktur utama bangunan tidak boleh rusak dan masih dapat difungsikan dengan baik. Pada elemen non struktur kerusakan-kerusakan kecil masih dapat ditoleransi.
- B. Pada gempa sedang (*moderate earthquake*) yang relatif terjadi, struktur utama bangunan boleh mengalami kerusakan atau keretakan ringan namun masih dapat diperbaiki. Elemen non struktur boleh saja rusak tetapi masih dapat diganti yang baru.
- C. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) yang jarang terjadi, maka bangunan boleh rusak namun tidak boleh runtuh total (*totally collapse*), begitu pula pada gempa besar (*great earthquake*) yang tujuannya adalah melindungi manusia/penghuni bangunan semaksimal mungkin.

Level-level kerusakan bangunan pada gempa kecil gempa menengah, maupun gempa kuat dapat diilustrasikan pada Gambar 2.1. berikut.

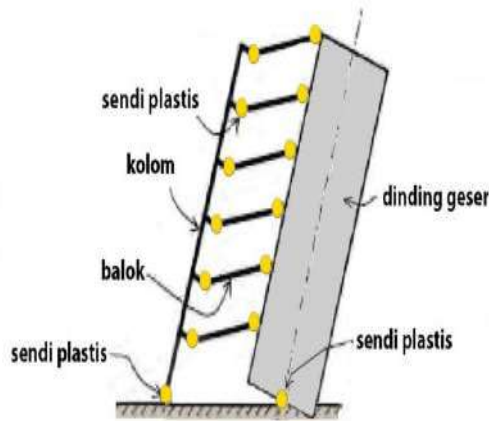


Gambar 2.1 Level-level kerusakan bangunan
(Pawirodikromo, W., 2012)

Dengan melihat level-level kerusakan bangunan, maka analisis statik maupun analisis dinamis dalam perencanaan struktur sangat diperlukan agar struktur mempunyai kinerja yang baik ketika terjadi gempa. Beberapa kriteria dasar yang bisa digunakan sebagai acuan dalam perencanaan tata letak struktur bangunan di daerah rawan gempa (Siswanto, A. B., dan Salim M. A., 2018) sebagai berikut:

- A. Struktur bangunan sebaiknya memiliki bentuk yang sederhana, kompak dan simetris
- B. Struktur bangunan sebaiknya jangan terlalu langsing, serta memiliki kekakuan yang cukup.
- C. Distribusi dari massa, kekakuan serta kekuatan setinggi bangunan diusahakan menerus dan seragam.
- D. Elemen-elemen vertikal dari struktur (kolom) harus dibuat lebih kuat dari elemen-elemen horizontal dari struktur (balok), agar sendi plastis terbentuk terlebih dahulu pada balok-balok (*strong column – weak beam*).

Dalam menjamin daktilitas suatu bangunan, ada beberapa syarat detailing yang sebaiknya dipenuhi. Khusus untuk bangunan beton bertulang, persyaratan tersebut telah ditentukan dalam SNI 2847-2019. Pada dokumen SNI 2847-2019, tingkatan detailing yang disyaratkan diambil berdasarkan kerawanan gempa pada daerah yang ditinjau. Ketentuan detailing yang disyaratkan akan semakin ketat apabila tingkat kerawanan gempa wilayah tersebut semakin tinggi.



Gambar 2.2 Mekanisme keruntuhan ideal dan lokasi sendi plastis
(PT. Hesa Laras Cemerlang, 2019)

Selain untuk menjamin daktilitas bangunan, ketentuan pada SNI 2847-2019 juga ditujukan untuk menjamin hirarki kekuatan dari elemen-elemen struktur. Ketentuan hirarki kekuatan ini dikenal juga dengan sebutan konsep *strong column – weak beam*. Konsep ini bertujuan untuk membentuk mekanisme keruntuhan ideal di mana dimaksudkan agar sendi plastis terbentuk pada ujung ujung balok.

2.2 Peraturan Kegempaan Struktur Bangunan dalam SNI 1726-2019

2.2.1 Faktor Keutamaan

Untuk jenis-jenis kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai Tabel 3 SNI 1726-2019 pengaruh gempa rencana kepadanya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e merujuk Tabel 4 SNI 1726-2019. Terkhusus pada struktur bangunan yang termasuk kategori risiko IV, jika diperlukan pintu masuk dengan fungsi operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka dari itu struktur bangunan yang bersebelahan itu harus didesain menyesuaikan dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	I

<ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan • Fasilitas sementara • Gudang penyimpanan • Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <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
<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 Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki 	III

<p>potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • 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 dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bangunan-bangunan monumental • Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan • Rumah ibadah • Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat • Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya 	<p>IV</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat • 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

Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I dan II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2019

2.2.2 Klasifikasi Situs

Dalam merumuskan kriteria desain seismik sebuah bangunan di muka tanah, maka situs itu harus digolongkan terlebih dahulu. Klasifikasi situs dapat dilihat pada Tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi situs

Kelas Situs	v_s (m/detik)	N atau N _{ch}	s_u (KPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A

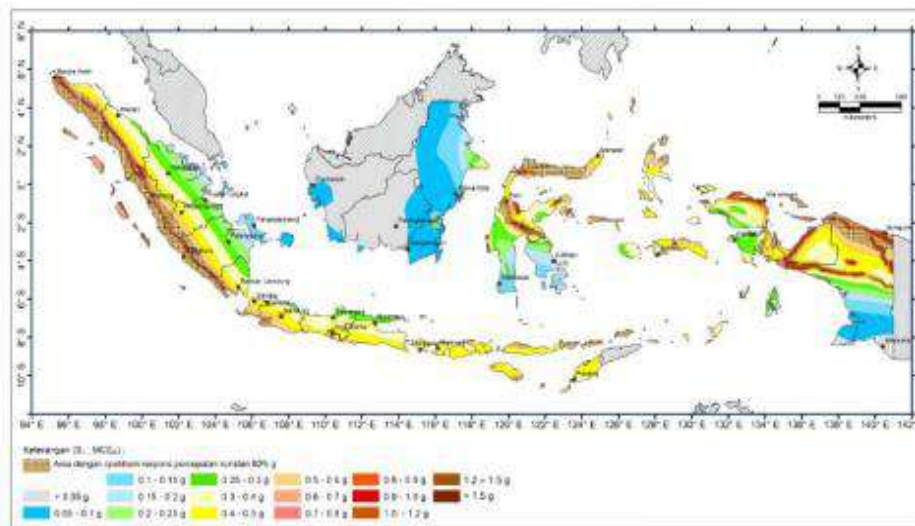
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	>100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	<50
	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifikitas yang mengikuti 0	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah • Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) • Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas $PI > 75$) • Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa 		

Sumber: SNI 1726-2019

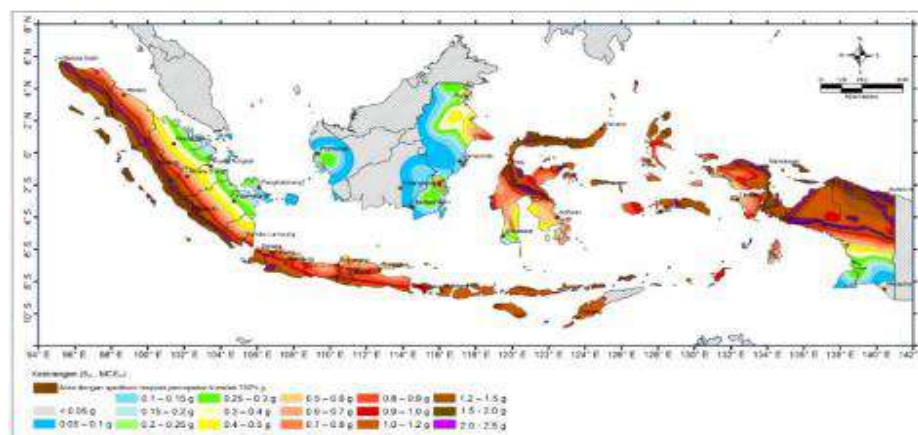
2.2.3 Wilayah Gempa

Menurut SNI 1726-2019 daerah Indonesia terdiri dari peta percepatan puncak/*Peak Ground Acceleration* (PGA), S1, dan Ss. Peta-peta gerak tanah seismik serta koefisien risiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake*, MCE) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.

dan Gambar 2.4., peta ini diperlukan untuk menerapkan ketentuan-ketentuan beban gempa pada standar ini.



Gambar 2.3 Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk S1
Sumber : (SNI 1726-2019)



Gambar 2.4 Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk Ss.
Sumber : (SNI 1726-2019)

2.2.4 Parameter Respon Spektral

Melihat pada Pasal 6.2 SNI 1726-2019, untuk penentuan respon spektral percepatan seismik tanah MCER, dibutuhkan nilai amplifikasi seismik untuk periode 0,2 detik dan 1 detik. Faktor amplifikasi terdiri dari faktor amplifikasi getaran terkait percepatan dalam getaran periode pendek (F_a) serta faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

Parameter respon spektrum percepatan periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan efek klasifikasi situs ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_{MS}=F_a * S_s \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S_{M1}=F_v * S_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

S_s = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik.

Penentuan koefisien situs disesuaikan dengan jenis tanah yang berada di daerah penelitian. Untuk nilai koefisien situs F_a dan F_v disajikan dalam Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral pecepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) 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	1,1	1,1
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: SNI 1726-2019

Catatan:

- (a) SS yaitu situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

Tabel 2.5 Koefisien situs, Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 1 detik, S1					
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 = 0,5	S1 ≥ 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	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber: SNI 1726-2019

Catatan:

- (a) SS yaitu situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

2.2.5 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) dan pada periode 1 detik (SD1), harus ditentukan berdasarkan perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3 S_M S \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.2.6 Spektrum Respon Desain

Merujuk pada SNI 1726-2019 Grafik respon spektrum dapat dilihat pada Gambar 3 SNI 1726-2019 dengan mengikuti ketentuan sebagai berikut :

- (a) Untuk periode yang kurang dari T₀, spektrum respons percepatan desain (S_a), harus dihitung berdasarkan persamaan:

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6^{T/T_0}) \dots\dots\dots(2.5)$$

- (b) Untuk periode tidak kurang dari atau sama dengan T₀ serta lebih kecil dari atau sama dengan T_s, spektrum respons percepatan desain (S_a) sama dengan S_{DS}

(c) Untuk periode lebih besar dari T_s namun kurang dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain (S_a) dihitung menggunakan persamaan:

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

(d) Untuk periode tidak kurang dari T_L , respons spektral percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan:

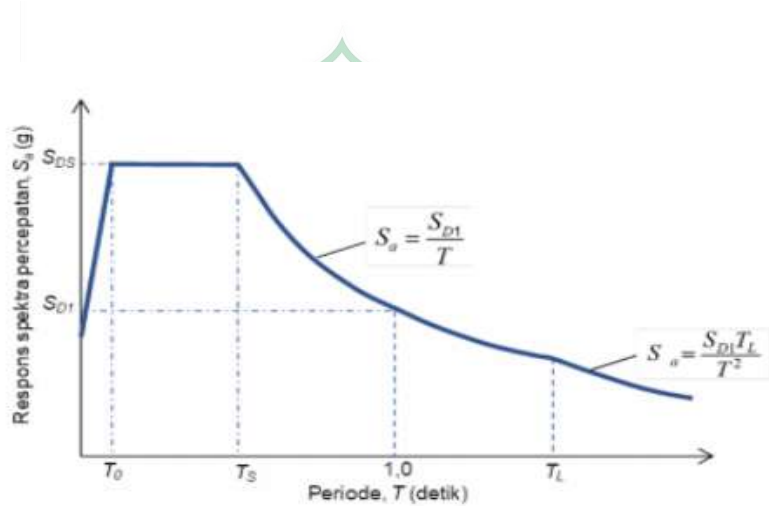
$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek.

S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik.

T = Periode getar fundamental struktur.



Gambar 2.5 Spektrum respon desain
 Sumber : RSA. Ciptakarya. pu.go. id

2.2.7 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditentukan menurut pasal 6.5 SNI 1726-2019 berdasar pada kategori resiko serta parameter-parameter respon spektra percepatan desainnya. Kategori desain seismik dapat dilihat pada Tabel 2.6. dan 2.7. berikut.

Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{DS})

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	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	C
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2019

Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (S_{D1})

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

Sumber: SNI 1726-2019

2.2.8 Gaya Statik

2.2.8.1 Analisis Gaya

Menurut SNI 1726-2019 yang membahas tentang perencanaan struktur terhadap ketahanan gempa baik untuk bangunan gedung maupun non gedung, arah pemberian beban gempa dalam perencanaannya harus ditetapkan sedemikian rupa agar mampu memberikan pengaruh pada struktur secara keseluruhan. Gaya geser dasar dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V = C_s W \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respon seismic.

W = berat seismik efektif.

Untuk nilai Cs dapat ditentukan dengan persamaan :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Nilai Cs tidak boleh melebihi persamaan :

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\frac{R}{T}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk $T \geq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2 \left(\frac{R}{T}\right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Cs harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah dengan nilai $S_1 \geq 0,6$ g, maka Cs tidak boleh kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{T}\right)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

SDS = Parameter percepatan respons spektral dsain dalam rentang periode pendek.

R = Koefisien modifikasi respons.

Ie = Faktor keutamaan gempa.

Adapun distribusi vertikal gaya gempa ditentukan dengan persamaan berikut:

$$F_x = C_{V_x} \cdot V \dots\dots\dots(2.13)$$

$$C_{V_x} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_x \cdot h_x^k} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

C_{V_x} = Faktor distribusi vertikal.

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN).

W_i & W_x = Berat tingkat struktur.

h_i & h_x = Tinggi sampai tingkat i (m).

k = Eksponen terkait dengan periode struktur Untuk $T \leq 0,5$ maka $k = 1$; $T \geq 2,5$ maka $k = 2$; dan untuk $0,5 < T < 2,5$ maka $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Menurut SNI 1726-2019, periode fundamental (T_a) ditentukan melalui persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

h_n = Ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

Untuk koefisien C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C	X
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 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	0,0466	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

Untuk alternatif penentuan nilai periode fundamental pendekatan (T_a), melihat pada Pasal 7.8.2 SNI 1726-2019, struktur dengan ketinggian kurang dari 12 tingkat

dengan sistem pemikul gaya seismik meliputi rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja serta rata-rata tinggi tingkat minimal 3 m, nilai periode fundamental bisa ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$T_a = 0,1 N \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

N = Jumlah lantai

Kemudian untuk menganalisis perilaku struktur, pembatasan terhadap nilai periode ditetapkan dengan menghitung batas atas periode struktur dengan mengalikan periode fundamental pendekatan dengan koefisien C_u . Koefisien nilai C_u dapat ditentukan dari Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,1	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2019

2.2.8.2 Beban Gravitasi dan Kombinasi Pembebanan

(a) Beban hidup (LL)

Beban hidup dapat diartikan sebagai beban yang memiliki sifat tidak membebani struktur secara tetap, beban hidup disesuaikan dengan fungsi bangunan yang bisa dilihat pada Peraturan Pembebanan SNI 1727-2020.

(b) Beban mati akibat berat sendiri (DL)

Beban mati merupakan beban yang dimunculkan oleh elemen-elemen struktur bangunan; balok, kolom, dan pelat lantai. Beban ini akan dihitung secara otomatis oleh program SAP2000 V22.

(c) Beban mati tambahan (SDL)

Beban mati tambahan merupakan beban mati yang ditimbulkan oleh berat dari elemen tambahan yang sifatnya permanen.

(d) Beban lateral

Beban horizontal yang salah satunya terdiri dari beban gempa. Beban gempa meliputi seluruh beban statik ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada struktur ditetapkan berdasarkan analisis dinamik, maka yang disebut dalam beban gempa itu yakni gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu sendiri. Beban gempa yang dimaksud meliputi:

- 1) Beban statik ekuivalen
- 2) Beban respon spektrum

(e) Kombinasi pembebanan

Di lapangan beban-beban di atas dapat bekerja pada waktu yang bersamaan. Oleh karena itu diperlukan kombinasi pembebanan yang tepat untuk memprediksi besarnya beban yang mungkin dapat terjadi. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1726 – 2019. Berikut adalah kombinasi-kombinasi pembebanan yang digunakan:

- 1) Kombinasi 1 = $1.4 D + 1.4 SDL$
- 2) Kombinasi 2 = $1.2 D + 1.2 SDL + 1.6 LL$
- 3) Kombinasi 3 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL + 1 EDx + 0.3 Edy$
- 4) Kombinasi 4 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL + 1 EDx - 0.3 Edy$
- 5) Kombinasi 5 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL - 1 EDx + 0.3 Edy$
- 6) Kombinasi 6 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL - 1 EDx - 0.3 Edy$
- 7) Kombinasi 7 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL + 1 EDy + 0.3 Edx$
- 8) Kombinasi 8 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL + 1 EDy - 0.3 Edx$
- 9) Kombinasi 9 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL - 1 EDy + 0.3 Edx$
- 10) Kombinasi 10 = $1.37 D + 1.37 SDL + 1 LL - 1 EDx - 0.3 Edy$
- 11) Kombinasi 11 = $0.73 D + 0.73 SDL + 1 EDx + 0.3 Edy$
- 12) Kombinasi 12 = $0.73 D + 0.73 SDL + 1 EDx - 0.3 Edy$
- 13) Kombinasi 13 = $0.73 D + 0.73 SDL - 1 EDx + 0.3 Edy$
- 14) Kombinasi 14 = $0.73 D + 0.73 SDL - 1 EDx - 0.3 Edy$
- 15) Kombinasi 15 = $0.73 D + 0.73 SDL + 1 EDy + 0.3 Edx$

- 16) Kombinasi 16 = $0.73 D + 0.73 SDL + 1 EDy - 0.3 Edx$
 17) Kombinasi 17 = $0.73 D + 0.73 SDL - 1 EDy + 0.3 Edx$
 18) Kombinasi 18 = $0.73 D + 0.73 SDL - 1 EDy - 0.3 Edx$

Keterangan:

- D = Beban Mati Sendiri Struktur
 SDL = Beban Mati Tambahan Pada Struktur
 LL = Beban Hidup
 EDx = Beban Gempa Arah x (dipilih beban gempa dinamik)
 EDy = Beban Gempa Arah y (dipilih beban gempa dinamik)

2.2.9 *Pushover Analysis* dengan Metode *Capacity Spectrum*

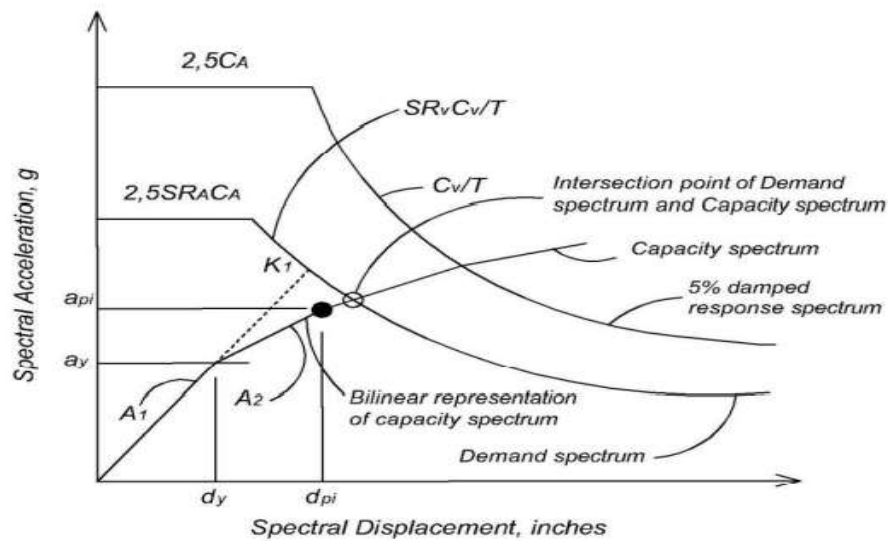
Analisis *pushover* adalah analisis yang mana pengaruh gempa rencana pada struktur dianggap sebagai beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai. Beban statik kemudian ditingkatkan dengan bertahap hingga melewati pembebanan yang kemudian terjadilah pelelehan (sendi plastis) pertama pada struktur bangunan, lalu pemberian beban lebih lanjut secara meningkat menyebabkan struktur mengalami perubahan bentuk pascaelastik yang signifikan hingga tercapainya target peralihan yang diharapkan atau hingga tercapainya kondisi plastik.

Terdapat dua macam metode yang dipakai dalam analisis *pushover*, keduanya adalah metode spektrum kapasitas/*capacity spectrum method* (CSM) dan metode koefisien perpindahan/*displacement coefficient method* (DCM). Dalam studi ini metode yang dipakai yakni metode CSM berdasarkan ATC40. Metode kapasitas spektrum (CSM) merupakan metode yang memplotkan *demand respon spektrum* serta kurva kapasitas menjadi satu format antara spectral percepatan dengan spectral perpindahan atau disebut sebagai format ADRS atau *acceleration displacement response spectra* (Tavio & Wijaya, 2018).

2.2.10 Performance Point

Performance point merupakan titik dimana *capacity curve* berpotongan dengan *response spectrum curve* sebagaimana dipergunakan pada *capacity spectrum method* (ATC-40, 1996). Untuk mendapatkan gambaran lebih detail, dapat dilihat pada Gambar 2.12. Pada *performance point* bisa didapat informasi

tentang periode bangunan serta redaman efektif yang disebabkan oleh perubahan kekakuan struktur setelah terjadi sendi plastis.



Gambar 2.6 Penentuan *performance points*
Sumber : (ATC-40, 1996)

2.2.11 Kriteria Level Kinerja Struktur Tahan Gempa

Tahapan perencanaan bangunan tahan gempa dengan basis kinerja diawali dengan pembuatan model rencana bangunan yang selanjutnya dilakukan simulasi kinerjanya terhadap macam-macam kejadian gempa. Pada dokumen ATC-40, kriteria level kinerja dari suatu bangunan bisa digolongkan menjadi beberapa kategori sebagai berikut.

1) *Immediate Occupancy (IO)*

Jika terjadi gempa, struktur memiliki kemampuan untuk menahan gempa tersebut, tidak terjadi kerusakan pada struktur. Dengan demikian, struktur bisa langsung digunakan.

2) *Damage Control*

Dalam kriteria ini, pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana mempunyai nilai beban gempa dengan peluang dilewatinya adalah 10% dalam jangka masa layan gedung 50 tahun.

3) *Life Safety (LS)*

Apabila gempa terjadi, struktur masih bisa menahan gempa, sedikit kerusakan pada elemen strukturalnya, manusia yang tinggal/berada dalam bangunan tersebut masih terjamin keselamatannya dari gempa bumi.

4) *Limited Safety*

Kondisi bangunan tidak lebih baik dari level life safety juga tidak lebih buruk dari level structural stability, Kondisi ini juga termasuk saat level life safety tidak efektif atau saat terdapat beberapa kerusakan struktur kritis yang bisa dikurangi.

5) *Structural Stability*

Level ini adalah level batas dimana struktur telah mengalami kerusakan yang parah. Kerusakan terjadi baik pada elemen struktur maupun nonstruktur. Struktur tidak lagi dapat menahan gaya lateral akibat penurunan.

6) *Not Considered*

Struktur telah mengalami kondisi runtuh, maka hanya bisa dilakukan evaluasi seismik serta struktur tidak bisa digunakan lagi.

Kinerja sebuah bangunan dapat diperkirakan melalui analisis statik non-linear atau lebih dikenal dengan sebutan analisis *pushover*. Analisis ini akan menghasilkan sebuah kurva kapasitas yang menggambarkan hubungan antara beban lateral dan perpindahan bangunan. Berdasarkan kurva inilah kinerja bangunan dapat diperkirakan.

Tabel 2.10 Batasan *rasio drift* atap

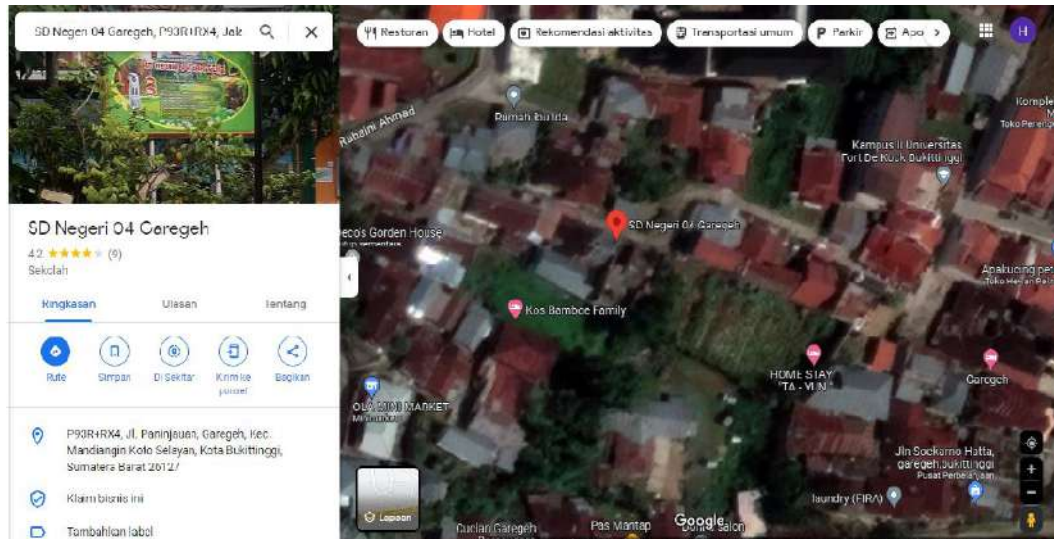
Parameter	<i>Performance Level</i>			
	IO	<i>Damage Control</i>	LS	<i>Structural Stability</i>
Maks total drift	0,01	0,01 s.d 0,02	0,005 s.d 0,015	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
Maks inelastic drift	0,005	0,005 s.d 0,015	<i>No limit</i>	<i>No limit</i>

Sumber: ATC-40, 1996

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Gedung SDN 04 Garegeh yang berada di Jl. Raya Rabaini Ahmad, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sumber : Google Map



Gambar 3.2 Tampak Depan Lokasi Penelitian
Sumber : Dok. Perencanaan CV. Nafelindo Consultant

3.2 Metode Analisis Data

Metode analisis data adalah metode yang penting dalam melakukan penelitian ini, data yang terkumpul akan diproses untuk menghasilkan kesimpulan dari masalah yang dianalisis. Dalam penelitian ini hanya dilakukan metode analisis data pada struktur atas gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi. Aplikasi program yang digunakan untuk melakukan analisis data penulis menggunakan *aplikasi SAP2000 Versi 22*. Penelitian ini menggunakan analisa statik nonlinier yaitu analisis *pushover*, langkah-langkah dalam penelitian ini berpedoman pada *ATC-40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*.

3.3 Data Penelitian

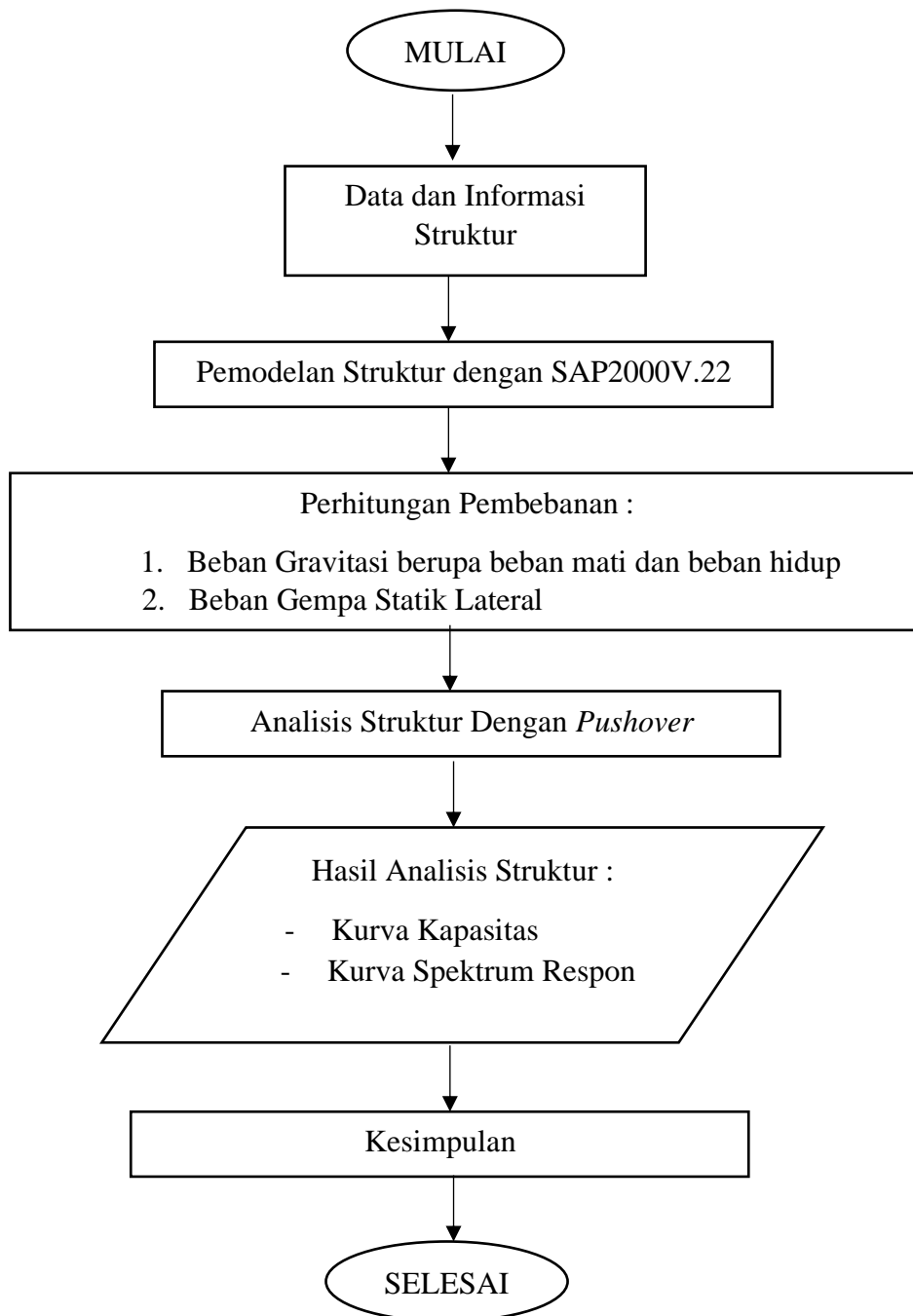
Menurut para ahli data penelitian merupakan kumpulan fakta ataupun informasi yang diperoleh melalui proses pengukuran, maupun berbentuk angka, simbol, dan kata-kata yang berguna sebagai bahan analisis dalam suatu penelitian.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian berupa data sekunder :

1. Nama Pekerjaan : Gedung SDN 04 Garegeh, Bukittinggi
2. Luas Lahan : 1.791,33 M²
3. Jumlah Lantai : 3 lantai
4. Luas Lantai : Lantai 1 = 501,79 M²
: Lantai 2 = 501,79 M²
: Lantai 3 = 501,79 M²
5. Luas Lantai Keseluruhan : 1.505,79 M²
6. Penutup Atap : Atap Spandek
7. Mutu Beton : K-250, $f'c = 20,75$ MPa
8. Mutu Baja : BJTD (D) 40, $f_y = 400$ MPa
: BJTP (d) 24, $f_y = 240$ MPa
9. Kegunaan Bangunan : Ruang Kelas Belajar

3.4 Diagram Alir Penelitian

Dalam melakukan penelitian, langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada flowchart berikut ini.



Gambar 3.3 Diagram Alir
 Sumber : Dokumen Pribadi

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan 3D

Pemodelan 3D untuk struktur gedung pada SAP2000 Versi 22 dilakukan sesuai dengan data sekunder serta informasi dari *Shop Drawing* SDN 04 Garegeh, Kota Bukittinggi. Proses awal pengerjaan dengan mendefinisikan semua jenis dan dimensi penampang elemen portal yang akan digunakan.

4.2 Perhitungan Pembebanan

Pada saat melakukan evaluasi analisis perhitungan suatu struktur gedung, wajib dilakukan identifikasi beban yang bekerja pada struktur gedung tersebut. Beban yang bekerja pada struktur gedung dikelompokkan kedalam beban mati, beban hidup, serta beban lateral.

4.2.1 Beban Mati

Tabel 4.1 Berat jenis material

No.	Material	Berat
A.	Pasir setebal 1 cm	0,16 kN/m ²
B.	Spesi setebal 3 cm	0,66 kN/m ²
C.	Keramik setebal 1 cm	0,22 kN/m ²
D.	Plafon dan pengantung	0,2 kN/m ²
E.	Instalasi ME	0,25 kN/m ²
Total beban mati pada plat lantai		1,49 kN/m ²

Sumber: SNI 2847-2019

Tabel 4.2 Tabelaris pembebanan pada balok

No.	Elemen Struktural	Tipe Beban	Berat
A.	Balok lantai 2	<i>Super Dead Load</i>	9,25 kN/m ²
B.	Balok lantai 3	<i>Super Dead Load</i>	12,63 kN/m ²

Sumber: Dokumen Pribadi

4.2.2 Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari pada fungsi ruang yang akan digunakan. Besaran beban hidup lantai bangunan ditentukan berdasarkan SNI 1727-2019 tabel 4.3.

Tabel 4.3 Beban hidup lantai fasilitas pendidikan

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat Ib (kN)	Juga Lihat Pasal
Sekolah					
Ruang kelas	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Atap					
Atap datar, berbubung, dan lengkung		20 (0,96)	Ya (4.8.2)	Ya (4.8.2)	
Atap yang digunakan penghuni		Sama dengan penggunaan	Ya (4.8.3)	Ya (4.8.3)	

Sumber: SNI 1726-2019

4.2.3 Beban Gempa

Tabel 4.4 Parameter beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019

A. Lokasi Bangunan	Kota		Bukittinggi
	Latitude/Lintang		-2,954976572
	Longitude / Bujur		100,39243709
B. Tinggi Bangunan	Dari muka tanah		13,80
C. Peruntukan Bangunan	Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan		
D. Parameter Beban Gempa			
Kategori Resiko	Berdasarkan peruntukan		IV
Faktor Keutamaan Gempa	Ie		1,5
Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek	S _s		1,772
Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 sec	S ₁		0,703

Klasifikasi Situs Tanah	[<i>Medium Soil</i>] 4		SD (Tanah Sedang)
Faktor Amplifikasi terkait percepatan pada periode pendek	F_a		1,000
Faktor Amplifikasi terkait Percepatan pada Periode 1 <i>sec</i>	F_v		1,700
Parameter Respon Spektral Percepatan Periode Pendek	$S_{MS} = F_a * S_s$		1,772
Parameter Respon Spektral Percepatan Periode 1 <i>sec</i>	$S_{M1} = F_v * S1$		1,194
Parameter Respon Spektral Percepatan Desain Periode Pendek	$S_{DS} = (2/3) * S_{MS}$		1,182
Parameter Respon Spektral Percepatan Desain Periode 1 <i>sec</i>	$S_{D1} = (2/3) * S_{M1}$		0,796
E. Penentuan Sistem Struktur			
Pemilihan Sistem Struktur	<i>Rangka beton bertulang pemikul momen khusus</i>		
Koefisien Modifikasi Respon	R		8
Faktor Kuat Lebih Sistem	Ω_0		3
Koefisien Amplifikasi Defleksi	C_d		5.5
F. Periode Fundamental Struktur			
Periode Fundamental Struktur	T		0,675
- Periode Fundamental Terhitung (Perhitungan Software)	T_c		0,675

- Periode Fundamental Pendekatan	$T_a = C_t * h_n^x$		0,495
- Batas Atas Periode Fundamental	$C_u * T_a$		0,692
Tipe Struktur	Rangka beton pemikul momen		
Koefisien C_t	C_t		0,0466
Tinggi Bangunan dari Muka Tanah	h_n		13.80
Koefisien x	x		0,9
Koefisien Batas Atas untuk Periode Terhitung	C_u		1,4
G. Parameter Perhitungan Beban Gempa Prosedur "Gaya Lateral Ekvivalen"			
Koefisien Respon Seismic :	$C_s = S_{DS} * I_e / R$		0,222
- Maximum Nilai C_s	$C_{smax} = (S_{D1} * I_e) / (T * R)$		0,221
- Minimum Nilai C_s (kondisi 1)	$C_{smin1} = 0.044 * S_{DS} * I_e \geq 0,01$		0,078
- Minimum Nilai C_s (kondisi 2: $S_1 \geq 0,6$ g)	$C_{smin2} = 0.5 * S_1 * I_e / R$		0,066
Koefisien Respon Seismic Terpakai	C_s		0,221
Eksponen yang terkait periode struktur	k		1,088
- Jika $T \leq 0.5$, $k = 1$			
- Jika $0.5 < T < 2.5$, $k = \text{interpolasi antara } 1 \sim 2$			
- Jika $T \geq 2.5$, $k = 2$			

H. Parameter Perhitungan Beban Gempa Prosedur "Spektrum Respon Ragam"			
<i>Periode Fundamental Struktur</i>		T	0,675
		$T_0 = 0.2 S_{D1}/S_{Ds}$	0,135
		$T_s = S_{D1}/S_{Ds}$	0,674
<i>Spektrum Respon Percepatan Desain</i>			
	- jika, $T < T_0$	$S_a = S_{DS} * (0.4 + 0.6 T/T_0)$	
	- jika, $T_0 \leq T \leq T_s$	$S_a = S_{Ds}$	
	- jika, $T > T_s$	$S_a = S_{D1} / T$	

Sumber : Dokumen Pribadi

4.2.4 Mengaplikasikan Kombinasi Pembebanan

Berikut ini kombinasi pembebanan yang digunakan untuk analisis struktur:

$S_{ds} (g) = 1.182$ (Bukittinggi, Tanah Sedang)

- A. Comb. 1 = 1,4 DL + 1,4 SDL
- B. Comb. 2 = 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL
- C. Comb. 3 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL + 1,0 Dx + 0,3 Dy
- D. Comb. 4 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL + 1,0 Dx - 0,3 Dy
- E. Comb. 5 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL - 1,0 Dx + 0,3 Dy
- F. Comb. 6 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL - 1,0 Dx - 0,3 Dy
- G. Comb. 7 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL + 1,0 Dy + 0,3 Dx
- H. Comb. 8 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL + 1,0 Dy - 0,3 Dx
- I. Comb. 9 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL - 1,0 Dy + 0,3 Dx
- J. Comb. 10 = 1,44 DL + 1,44 SDL + 1,0 LL - 1,0 Dy - 0,3 Dx
- K. Comb. 11 = 0,66 DL + 0,66 SDL + 1,0 Dx + 0,3 Dy
- L. Comb. 12 = 0,66 DL + 0,66 SDL + 1,0 Dx - 0,3 Dy
- M. Comb. 13 = 0,66 DL + 0,66 SDL - 1,0 Dx + 0,3 Dy
- N. Comb. 14 = 0,66 DL + 0,66 SDL - 1,0 Dx - 0,3 Dy
- O. Comb. 15 = 0,66 DL + 0,66 SDL + 1,0 Dy + 0,3 Dx

- P. Comb 16 = 0,66 DL + 0,66 SDL + 1,0 Dy – 0,3 Dx
- Q. Comb 17 = 0,66 DL + 0,66 SDL - 1,0 Dy + 0,3 Dx
- R. Comb 18 = 0,66 DL + 0,66 SDL - 1,0 Dy - 0,3 Dx
- S. Grafitasi = 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 LL
- T. Envelope

4.3 Pengecekan Perilaku Struktur

Setelah dilakukan pemodelan dan pembebanan struktur pada *Software* SAP2000 *Versi* 22, maka struktur perlu di cek terhadap syarat yang berlaku :

4.3.1 Pemeriksaan Jumlah Ragam

SNI 1726 : 2019, pada pasal 7.9.1.1 bahwa analisis diizinkan menyertakan jumlah ragam minimum agar didapati partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 90% dari respons yang ditinjau oleh model.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.68268	0.06315	0.6042
MODAL	Mode	2	0.65119	0.70486	0.73012
MODAL	Mode	3	0.6001	0.80843	0.80766
MODAL	Mode	4	0.24066	0.82707	0.85949
MODAL	Mode	5	0.21926	0.89685	0.91535
MODAL	Mode	6	0.20082	0.93837	0.93826
MODAL	Mode	7	0.13205	0.93838	0.9383
MODAL	Mode	8	0.13156	0.93841	0.93839
MODAL	Mode	9	0.13144	0.93841	0.9384
MODAL	Mode	10	0.12735	0.94835	0.96297
MODAL	Mode	11	0.12167	0.94837	0.96298
MODAL	Mode	12	0.12099	0.94837	0.96304

Gambar 4.3 Modal Partisipasi *Massa Ratios*

Sumber : SAP2000 *Versi* 22

4.3.2 Perbandingan Geser Dasar V_{Statik} , $V_{Dinamik}$

SNI 1726 : 2019, pada skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamik harus melebihi besar dari 100% gaya geser statik. Dirumuskan dengan : $V_D > 100\% V_S$

Apabila hal tersebut tidak terpenuhi diperlukan skala gaya pada model struktur.

Tabel 4.5 *Output* geser dasar SAP2000

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	KN	KN
Sx	LinStatic	-3574.9	-2.418E-10
Sy	LinStatic	2.564E-09	-3528.628
Dx	LinRespSpec	3554.161	671.753
Dy	LinRespSpec	683.341	3528.656

Sumber: Dokumen Pribadi, SAP2000 v22.

Tabel 4.6 Hasil penjumlahan geser dasar untuk masing-masing gempa

	VD	Vs	FS	Kontrol
X -Direction	3554.161	3574.9	1.0	.....MEMENUHI
Y -Direction	3528.656	3528.628	1.0	.....MEMENUHI

Sumber: Dokumen Pribadi, *MS. Excel*.

4.3.3 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai SNI 1726:2019 pasal 7.8.6, bahwa gaya gempa lateral yang dihasilkan simpangan struktur dalam arah lateral. Dalam proses pembuatan struktur gedung, maka simpangan lateral antar tingkat (*story drift*) harus diperiksa untuk menjaga stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen non struktural saat terjadi gempa.

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti ketentuan dalam tabel 20 pada SNI 1726:2019 pasal 7.12.1.

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Gambar 4.1 Simpangan antar tingkat ijin
Sumber : SNI 1726:2019

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Maka simpangan antar lantai ditentukan sebagai berikut:

$$\Delta_x = \frac{\delta_x C_d}{I_e} \rightarrow \Delta_a = \frac{0,015 h_x}{\rho}$$

Keterangan :

Δ_x : Simpangan antar lantai

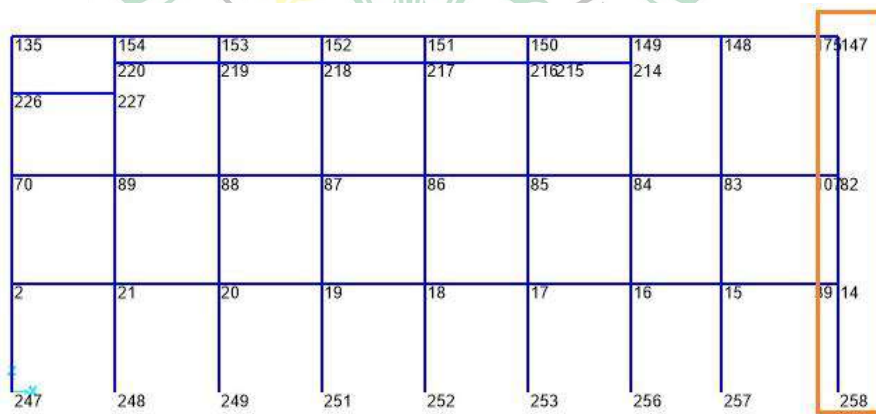
Δ_a : simpangan ijin

δ : defleksi yang terjadi

I_e : factor keutamaan gempa

C_d : faktor pembesaran defleksi

Berikut adalah titik lokasi yang ditinjau pada struktur gedung untuk melihat defleksi yang terjadi di *software* SAP2000.



Gambar 4.2 Titik tinjau simpangan antar lantai

Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

Setelah ditentukannya titik yang ditinjau maka akan didapatkan hasil yang ditampilkan dalam tabel berikut :

Tabel 4.7 *Output Joint Displacement SAP2000*

Joint	OutputCase	U1	U2
Text	Text	mm	mm
147	Dx	44.591.598	12.964.176
147	Dy	10.415.692	55.528.853
82	Dx	28.186.138	8.179.989
82	Dy	6.631.733	35.327.435
14	Dx	11.312.427	342.412
14	Dy	2.767.682	1.434.807
258	Dx	0	0
258	Dy	0	0

Sumber: Dokumen Pribadi, SAP2000 v22.

Tabel 4.8 *Joint Displacements arah x*

Lantai	Joint	hsx	U1	Δx	Ijin	Keterangan
Atap	147	5400	44.591.598	60153353	54	.....TIDAK AMAN
3	82	4200	28.186.138	61870274	42	.....TIDAK AMAN
2	14	4200	11.312.427	41478899	42	.....TIDAK AMAN
1	258	0	0		0	

Sumber: Dokumen Pribadi, MS. Excel.

Tabel 4.9 *Joint Displacements arah y*

Lantai	Joint	hsx	U2	Δx	Ijin	Keterangan
Atap	147	5400	55.528.853	74071866	54	.....TIDAK AMAN
3	82	4200	35.327.435	124272969	42	.....TIDAK AMAN
2	14	4200	1.434.807	5260959	42	.....TIDAK AMAN
1	258	0	0	0	0	

Sumber: Dokumen Pribadi, MS. Excel.

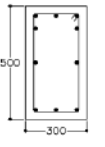
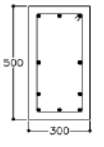
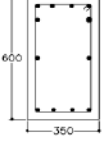
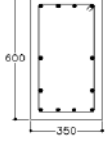
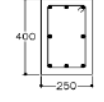
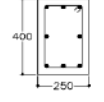
4.4 Analisis Statik Nonlinier (*Pushover Analysis*)

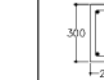
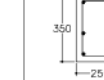
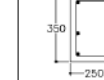

Analisis static nonlinier atau *pushover analysis* pada struktur gedung beton bertulang dengan menggunakan *software SAP2000*, analisis statik nonlinier berguna untuk mengevaluasi struktur gedung guna mengetahui atau mengecek performa atau level kinerja struktur yang telah didesain sebelumnya.

Dalam menentukan level kinerja struktur dengan metode analisis statik nonlinier yaitu mencari perpotongan antara kurva kapasitas spectra (*Capacity Spectrum Method*) dan kurva respon spektrum untuk mengestimasi perpotongan maksimum.

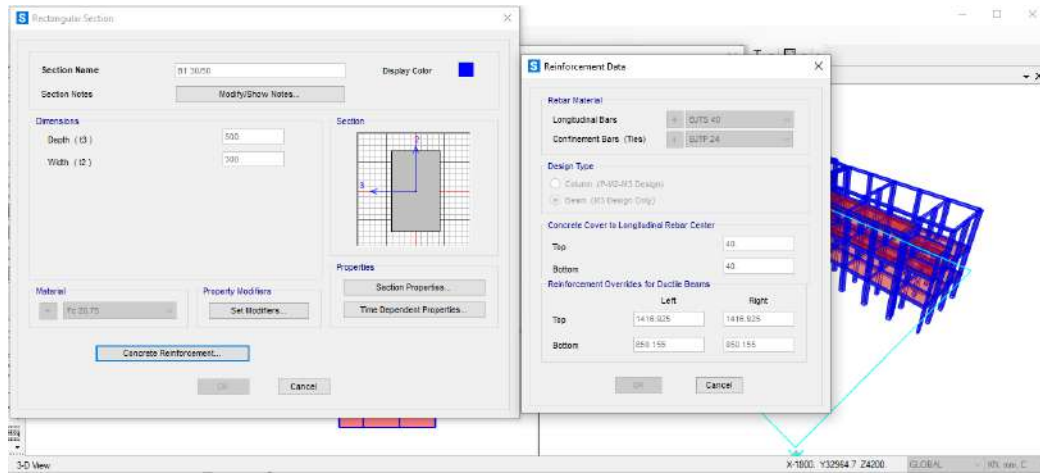
4.4.1 Menambahkan Tulangan Terpasang Pada Elemen Struktur

Semua tulangan terpasang untuk elemen balok maupun kolom yang sudah di desain diinput kedalam SAP2000,

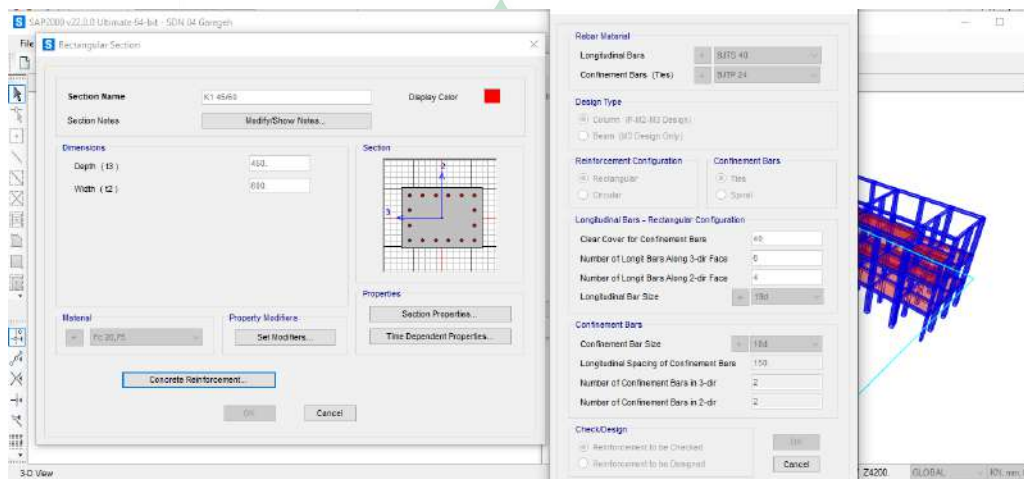
GAMBAR PENAMPANG	B1		B2		B3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
						
TUL. ATAS	5D19	3D19	6D19	4D19	3D19	3D19
TUL. BAWAH	3D19	5D19	4D19	6D19	2D13	2D13
TUL. PINGGANG	2D13	2D13	2D16	2D16	3D19	3D19
SENGKANG	d10-100	d10-200	d10-100	d10-200	d10-100	d10-150
J. PEMASANGAN	1/4L	1/2L	1/4L	1/2L	1/4L	1/2L
BELIMUT BETON	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	35 mm	35 mm

GAMBAR PENAMPANG	B5		RB (Reng Balok)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
TUL. ATAS	3D16	2D16	2d12	2d12
TUL. BAWAH	2D16	3D16	2d12	2d12
TUL. PINGGANG	---	---	2d12	2d12
SENGKANG	d10-100	d10-200	d8-150	d8-150
J. PEMASANGAN	1/4L	1/2L	1/4L	1/2L
BELIMUT BETON	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm

Gambar 4.3 Detail penulangan balok
Sumber : Dok. Perencanaan CV. Nafelindo Consultant



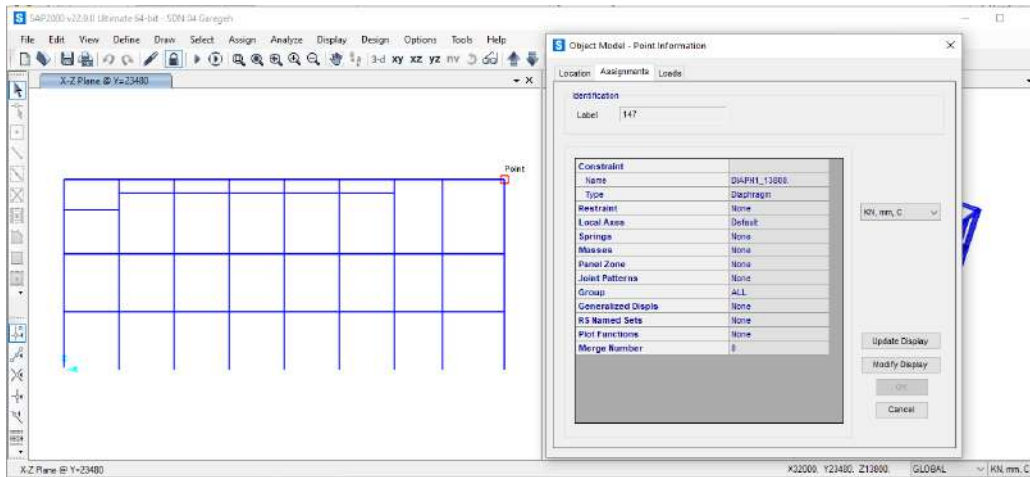
Gambar 4.4 *Input* tulangan B1 (mm)
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



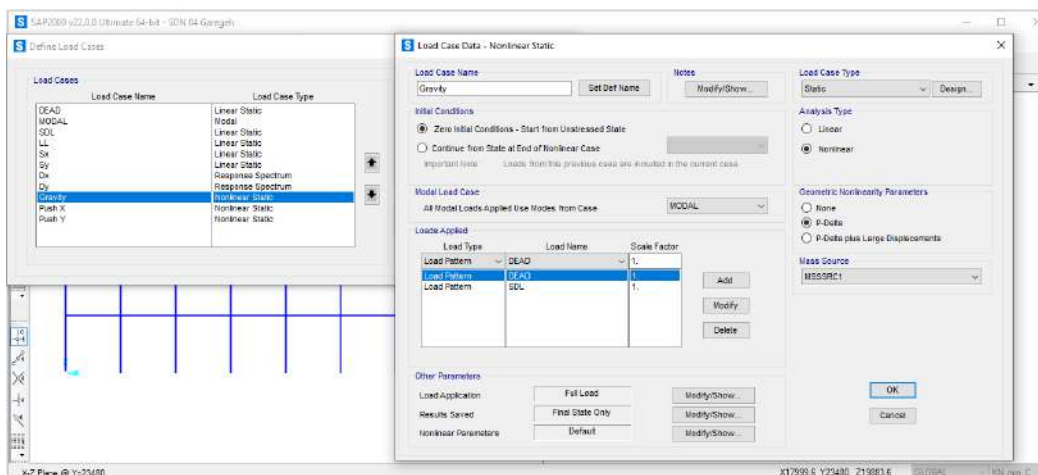
Gambar 4.5 *Input* tulangan K1 (mm)
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

4.4.2 Membuat *Nonlinier Case*

Sebelum mendefinisikan *nonlinier case* diperlukan menentukan titik yang akan ditinjau atau titik yang akan digunakan sebagai dasar program dalam menghitung deformasi. Pada penelitian ini titik yang ditinjau ditetapkan pada lantai tiga (label147) atau pada atap.



Gambar 4.6 Menentukan titik yang ditinjau (label 147)
Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

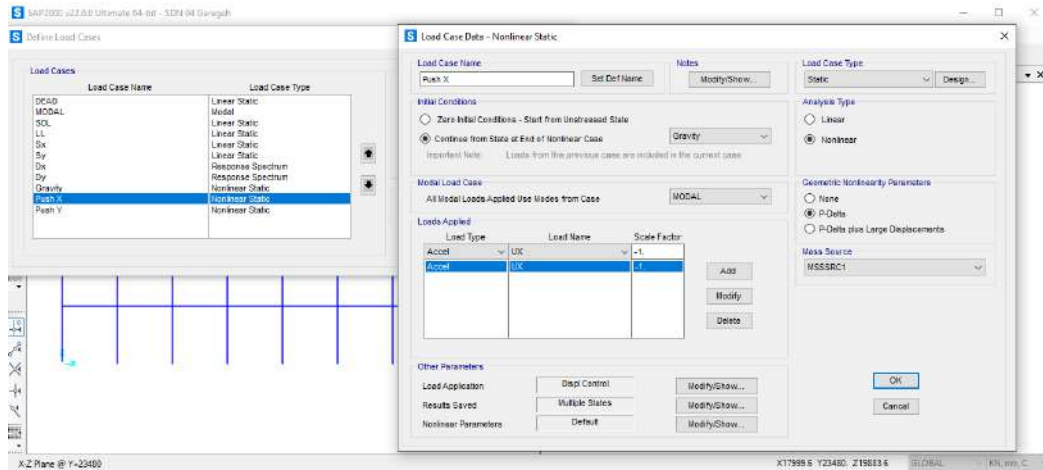


Gambar 4.7 Input static nonlinier case gravity
Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

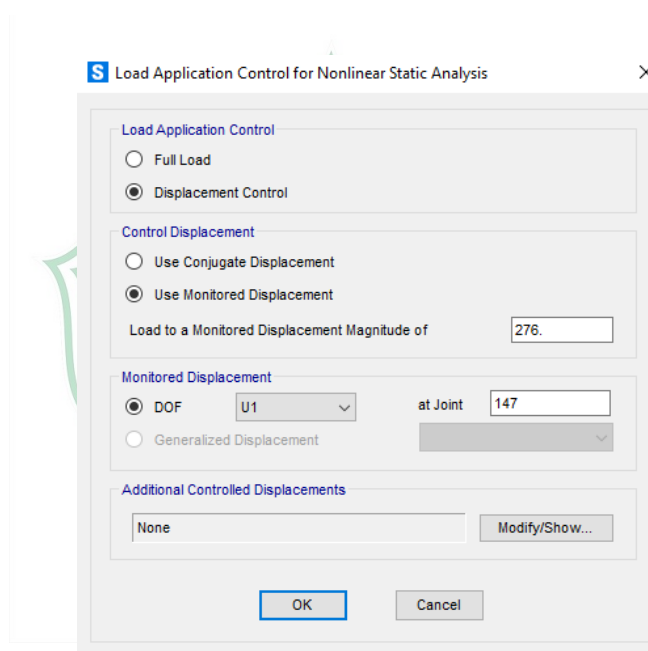
Dalam penelitian ini beban yang digunakan dalam *pushover analysis* yaitu 100% beban mati termasuk beban mati tambahan dan beban hidup tidak diperhitungkan karena tidak terdapat lantai yang dipergunakan untuk penyimpanan berdasarkan SNI gempa tahun 2019 pasal 8.8.1.

4.4.3 Menentukan Nonlinier *Pushover Case*

Yang pertama perlu didefinisikan untuk *push* arah X dan *push* arah y pada SAP2000.



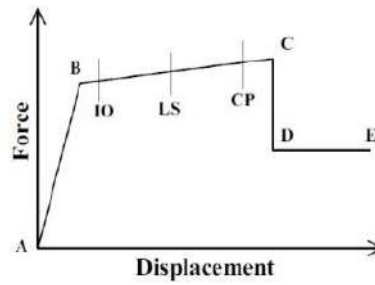
Gambar 4.8 *Static nonlinear push x*
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



Gambar 4.9 *Load application control for static nonlinear push x (mm)*
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

4.4.4 Menampilkan Kurva Kapasitas *Pushover*

Tingkat kondisi plastifikasi pada sendi plastis elemen struktur dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4-10 Tingkat plastifikasi sendi plastis elemen

Sumber: ATC-40, 1996.

Dimana :

A = Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis

B = Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali

IO = Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan tingkat kinerja pada elemen *Immediately Occupancy*

LS = Elemen pada level kinerja *Life Safety* (kondisi plastis)

CP = Elemen pada level kinerja *Collapse Prevention* (kondisi hampir runtuh)

C = Merupakan kapasitas ultimit dari elemen

D = Kekuatan sisa dari elemen

E = Merupakan batas elemen sudah mengalami keruntuhan

Setelah dilakukan *running pushover analysis* dengan *software* SAP2000 *versi* 22 untuk arah x-x didapatkan 13 step pada beban dorong yang diberikan, dan pada arah y-y didapatkan 10 step pola beban dorong yang diberikan kepada struktur sehingga struktur mengalami keruntuhan.

Tabel 4.10 Display table pushover curve x-x

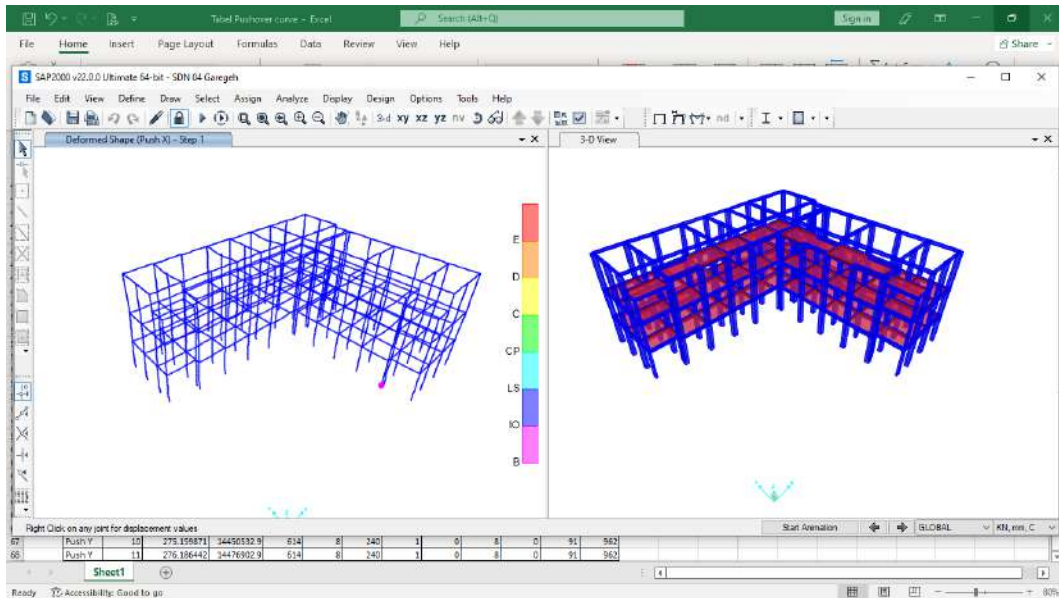
LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
Text	Unitless	mm	KN	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Push X	0	0.084636	0	962	0	0	0	0	0	0	0	962
Push X	1	25.241.036	3050602.36	961	1	0	0	0	0	0	0	962
Push X	2	53.523.512	6350536.39	928	27	0	0	1	0	0	6	962
Push X	3	82.189.709	8946328.19	793	125	0	0	1	0	0	43	962
Push X	4	112.482.711	10630543.5	694	178	33	0	1	0	0	56	962
Push X	5	143.235.389	11867864.2	647	119	129	1	0	1	0	65	962
Push X	6	17.242.086	12882905.6	618	49	215	0	0	2	0	78	962
Push X	7	226.499.006	14531198.2	602	16	258	0	0	2	0	84	962
Push X	8	254.099.006	15358514.6	594	6	266	1	0	3	0	92	962
Push X	9	276.084.636	16009441.7	581	4	232	1	0	39	0	105	962

Sumber: Dokumen Pribadi, SAP2000 v22.

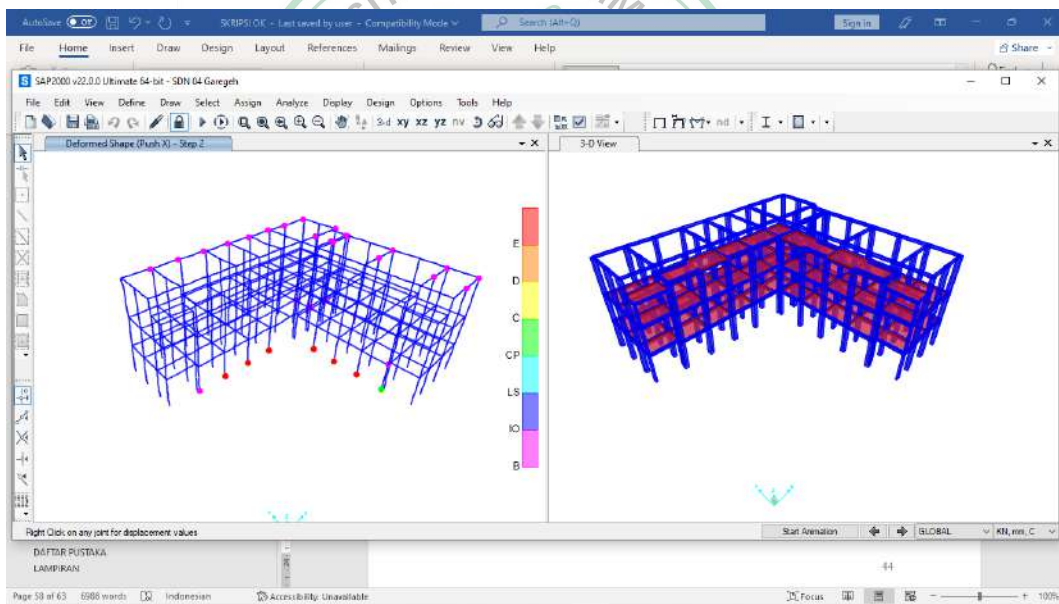
Tabel 4.11 Display table pushover curve y-y

LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
Text	Unitless	mm	N	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Push Y	0	0.186442	0	962	0	0	0	0	0	0	0	962
Push Y	1	27.786442	2704114.39	962	0	0	0	0	0	0	0	962
Push Y	2	30.155931	2936265.23	961	1	0	0	0	0	0	0	962
Push Y	3	58.168633	5639483.19	935	21	0	0	0	0	0	6	962
Push Y	4	87.482048	8055616.37	835	98	0	0	0	0	0	29	962
Push Y	5	116.824482	9722219.7	723	159	23	0	0	0	0	57	962
Push Y	6	147.906262	10903387.5	674	129	94	1	0	1	0	63	962
Push Y	7	176.350056	11812429.7	656	53	178	0	0	2	0	73	962
Push Y	8	206.636732	12659691.5	632	34	216	0	0	2	0	78	962
Push Y	9	244.76079	13658704	622	20	234	0	0	2	0	84	962
Push Y	10	275.159871	14450532.9	614	8	240	1	0	8	0	91	962
Push Y	11	276.186442	14476902.9	614	8	240	1	0	8	0	91	962

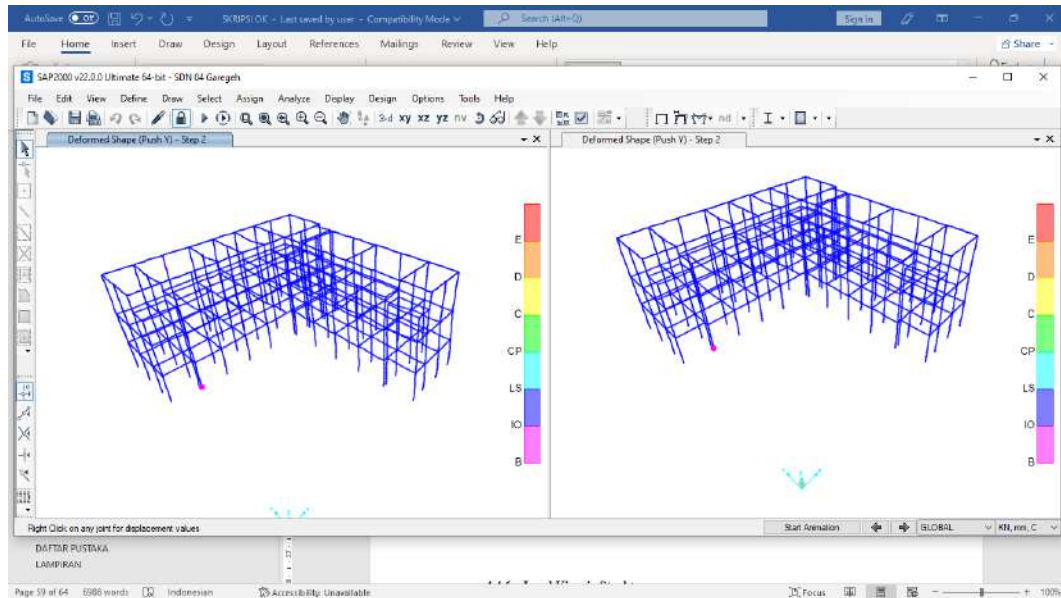
Sumber: Dokumen Pribadi, SAP2000 v22.



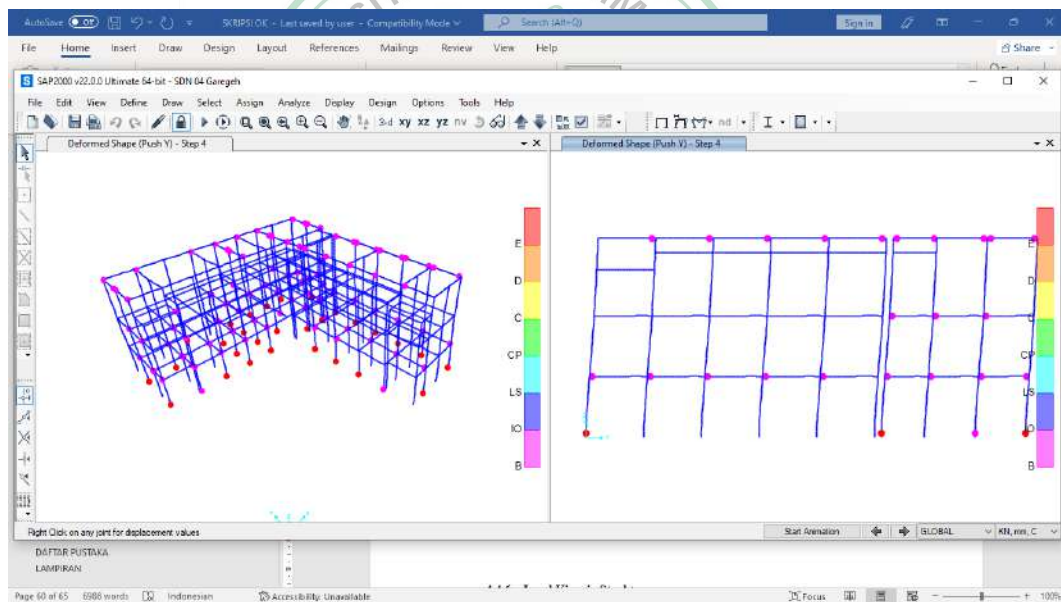
Gambar 4.11 Step 1 sendi plastis arah x
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



Gambar 4.12 Step 2 sendi plastis arah x
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



Gambar 4.13 *Step 1* sendi plastis arah y
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



Gambar 4.14 *Step 4* sendi plastis arah y
 Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

4.4.5 Level Kinerja Struktur

Level kinerja struktur pada ATC-40 ditentukan pada tabel 5.5.4, level kinerja struktur secara global ditentukan berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat *performance point* dengan tinggi total bangunan. Berdasarkan tabel 5.5.4, ATC-40 diperoleh Batasan tingkat kinerja struktur sebagai berikut :

Tabel 4.12 Batas simpangan pada tingkat kinerja struktur (ATC-40, 1996 11-4)

Tingkat Kinerja Struktur				
Batas Simpangan Antar Lantai	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01 - 0,02	0,02	0,33 V_i/P_i
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005 - 0,015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Sumber: ATC-40 (1996).

Untuk memperoleh rasio nilai perpindahan atap saat *performance point* berdasarkan SNI 1726-2019 respon gempa untuk wilayah Bukittinggi dengan tanah sedang diketahui :

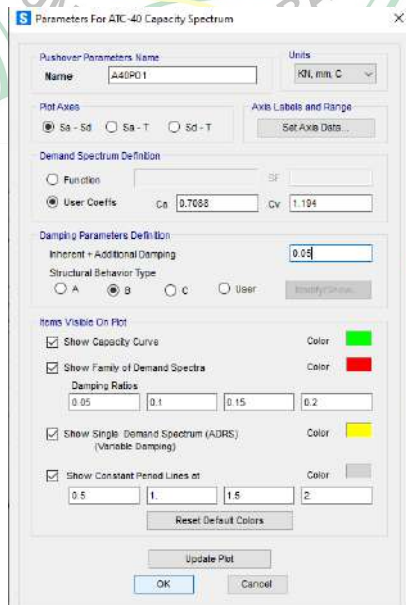
Parameter respon percepatan pada periode 0,2 dt, $S_{MS} = 1,772$ g

Parameter respon percepatan pada periode 1,0 dt, $S_{M1} = 1,194$ g

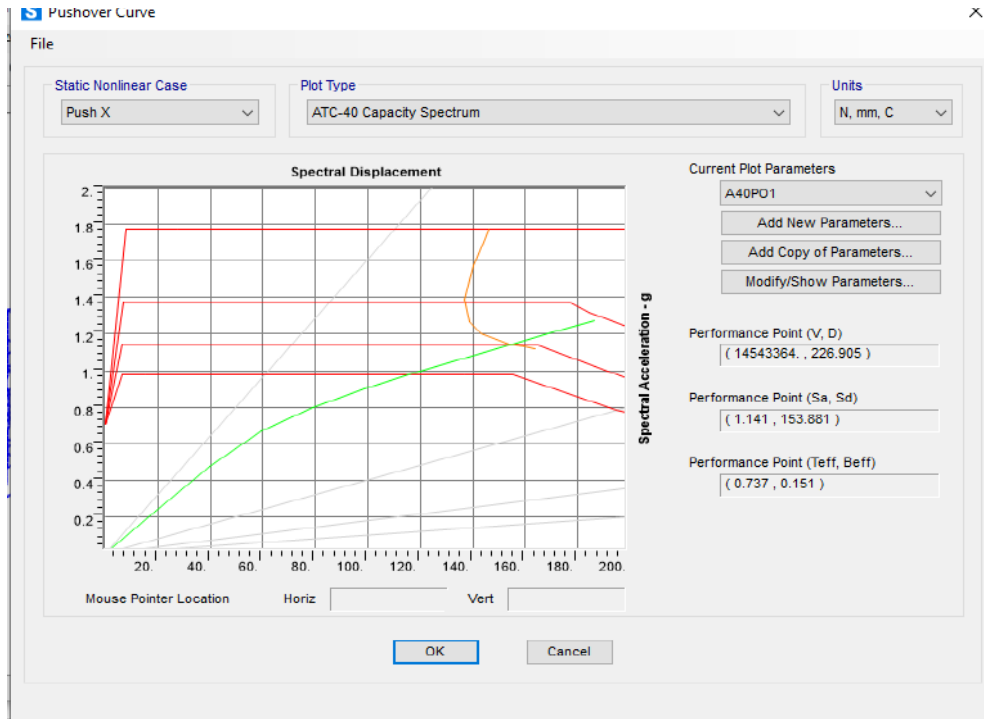
Berdasarkan ATC-40 pasal 4.4.3.1 dapat dihitung parameter nilai C_A dan C_V sebagai berikut :

$$C_A = 0,4 S_{MS} = 0,4 \times 1,772 = 0,7088 \text{ g}$$

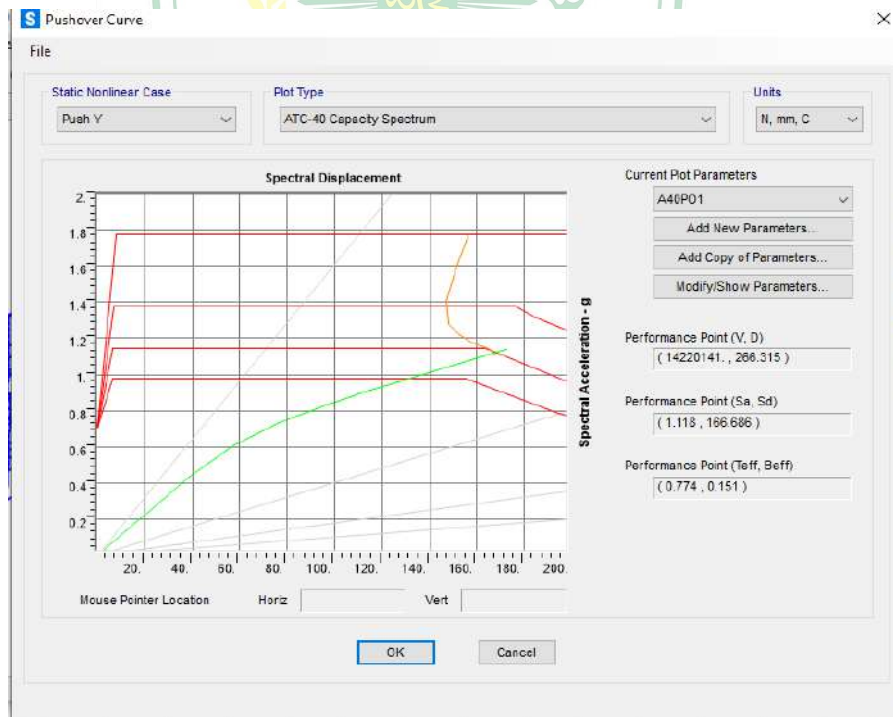
$$C_V = S_{M1} = 1,194 \text{ g}$$



Gambar 4.15 *Input* parameter kapasitas spektra ATC-40
Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



Gambar 4.16 Spektrum kapasitas arah x-x
Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)



Gambar 4.17 Spektrum kapasitas arah y-y
Sumber : Dok. Pribadi (SAP2000)

Untuk menentukan tingkat kinerja parameter yang diperlukan nilai perpindahan atap saat *performance point* dan nilai perpindahan atap saat *first yield* (beban dorongan) dimana tinggi total bangunan = 13,80 m.

A. Simpangan Total Maksimum

$$\text{Arah } x - x = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{226,905}{13800} = 0,02$$

$$\text{Arah } y - y = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{266,315}{13800} = 0,02$$

B. Simpangan Inelastis Maksimum

$$\text{Arah } x - x = \frac{D_t - D_1}{H_{total}} = \frac{226,905 - 25,241}{13800} = 0,015$$

$$\text{Arah } y - y = \frac{D_t - D_2}{H_{total}} = \frac{266,315 - 30,156}{13800} = 0,017$$

Maka sesuai ATC-40 struktur termasuk dalam level kategori *Life Safety* (LS) yang mana walaupun struktur bangunan mengalami masalah atau tingkat kerusakan yang cukup parah namun keselamatan penghuni tetap terjaga karena bangunan tidak sampai runtuh.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi dengan denah L, dapat disimpulkan berdasarkan analisis nonlinier atau *pushover analysis* diperoleh target perpindahan ATC-40 pada arah x-x sebesar 0,02 m dan pada arah y-y 0,02 m yang diperlihatkan pada tabel 5.5.4 ATC-40 (1996) tingkat kinerja struktur merupakan kondisi *Life Safety* yaitu pada struktur timbul kerusakan yang signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, komponen utama struktur tidak runtuh dan bangunan masih dapat dipergunakan Kembali jika sudah dilakukan perbaikan.

5.2 Saran

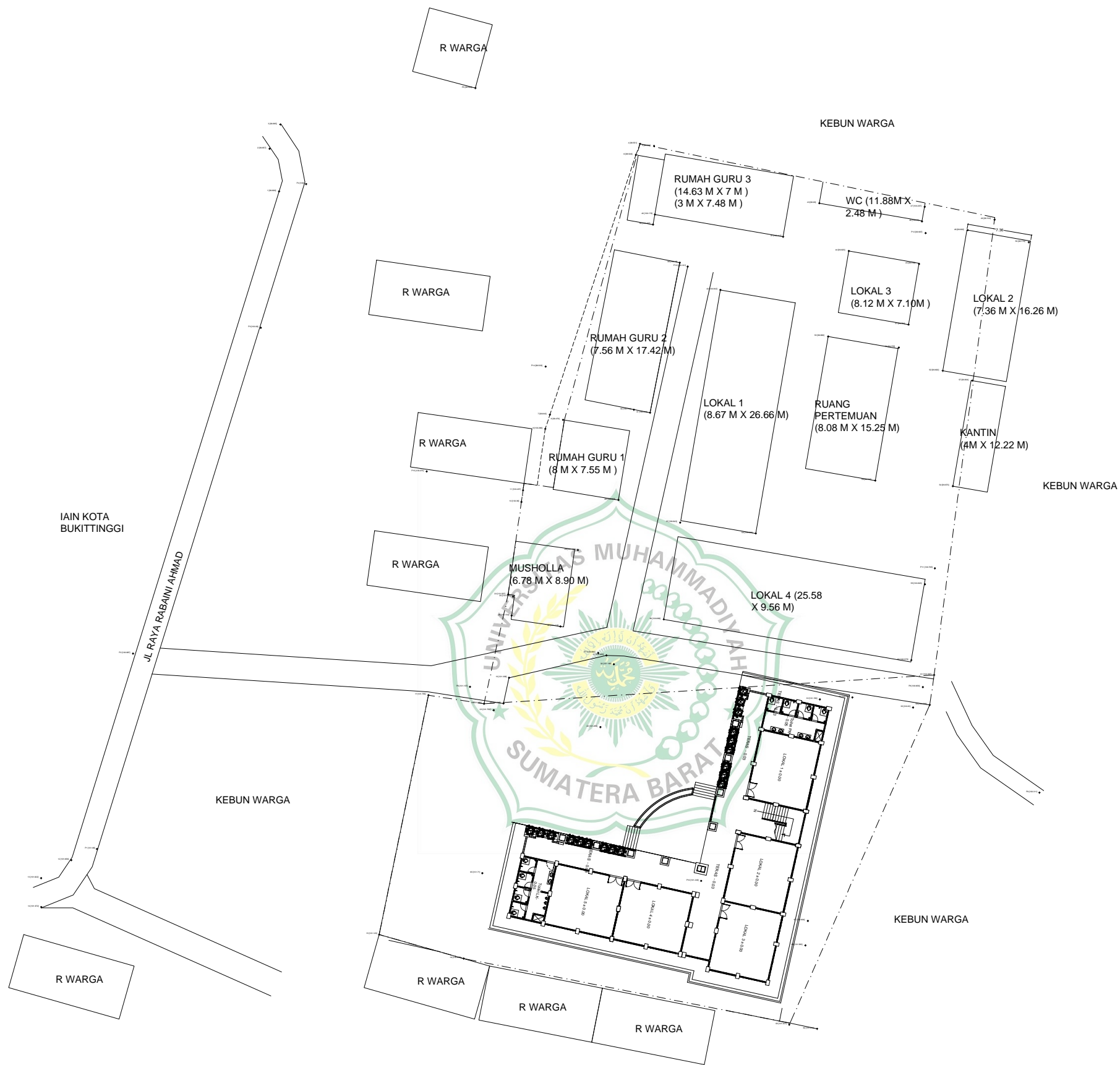
Analisis Non Linier sebaiknya tidak hanya dilakukan untuk evaluasi kinerja struktur bangunan saja, akan lebih baik saat perencanaan suatu struktur bangunan gedung juga dilakukan analisis non linier agar diketahui kinerja struktur bangunan disaat setelah terjadi gempa. Dan pemanfaatan ruang kosong untuk dijadikan sebagai sarana evakuasi terhadap penghuni gedung saat gempa terjadi, seperti tangga darurat yang dibutuhkan untuk penghuni yang ada dilantai dua, tiga , dan seterusnya. Agar saat gempa terjadi tidak terjadi penumpukan penghuni gedung ditangga utama saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Natawidjaya, D.H. (2005). Patahan Mentawai Sumber Gempa Baru. *Nasional Tempo*.
- Purba. (2014). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidak Beraturan. *Tabloid Metropolitan*.
- Pawirodikromo, W. (2012). Filosofi Desain Bangunan Tahan Gempa Dapat di Kelompokkan Berdasarkan Kekuatan Gempa. *Scholar.google.co.id*.
- Cornelis, R. Bunganaen, W and B. H. U. Tay, “Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat , Gaya Geser Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012,” Tek. Sipil, vol. III, no. 2, pp. 205– 216, 2014.
- Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.” 2019.
- Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.” 2020.
- Samsya, I. (2017). “Evaluasi Aplikasi Penggunaan Base Isolation pada Gedung Grand Keisha Menggunakan Analisa Pushover,” Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Pujianto, R.N. (2019). “Analisis Gempa Non-Linier Statik Pushover Dengan Metode ATC-40 Untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung,” in Prosiding Seminar Nasional: Keandalan Infrastruktur Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Bagi Kemajuan Bangsa, pp. 129–142.
- Tavio and Wijaya, U. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*, 2nd ed. Andi.
- D. Purnamasari, D “Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang dengan Variasi Konfigurasi Dinding Geser Menggunakan Pushover Analysis,” Universitas Sriwijaya, 2019.
- B. Junita, “Respon Struktur Bangunan Tinggi dengan Variasi Penempatan Outrigger Terhadap Beban Lateral (Studi Kasus: Bangunan Tower A ST. Moritz Panakukang),” Universitas Negeri Jakarta, 2018

LAMPIRAN





- KETERANGAN :
- A. LUAS TANAH = 4492.63 M2
 - B. LUAS LOKAL 1 = 231.10 M2
 - C. LUAS LOKAL 2 = 119.63 M2
 - D. LUAS LOKAL 3 = 57.65 M2
 - E. LUAS LOKAL 4 = 273.32 M2
 - F. MUSHOLLA = 58.32 M2
 - G. RUANG PERTEMUAN = 123.19 M2
 - H. RUMAH GURU 1 = 60.26 M2
 - I. RUMAH GURU 2 = 131.77 M2
 - J. RUMAH GURU 3 = 126.40 M2
 - K. WC = 27.02 M2
 - L. KANTIN = 48.77 M2

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN ,ST,MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

No. LEMBAR

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER



TAMPAK KIRI
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN ,ST,MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

No. LEMBAR



- BATU ALAM ANDESIT 30/60
1-1
- UKIRAN GRC TBL 9 mm
2-2
- DINDING PLESTER, ACI DAN FIN CAT
3-3
- TIANG DI PROFIL MOTIF ALUR VERTIKAL
4-4

GAMBAR DETAIL ARSITEKTUR
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

NAMA MAHASISWA	NAMA	JABATAN	KETERANGAN
NAMA : HARRI SUMPENA NIM : 191000222201059	ELFANIA BASTIAN ,ST,MT	Pembimbing I	
	ASIYA NURHASANAH H, S.ST., M.Eng.	Pembimbing II	
	DEDDY KURNIAWAN, S.T., M.T.	Penguji I	
	Ir. ANA SUSANTI VIUSMAN, M.Eng.	Penguji II	

No. LEMBAR



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

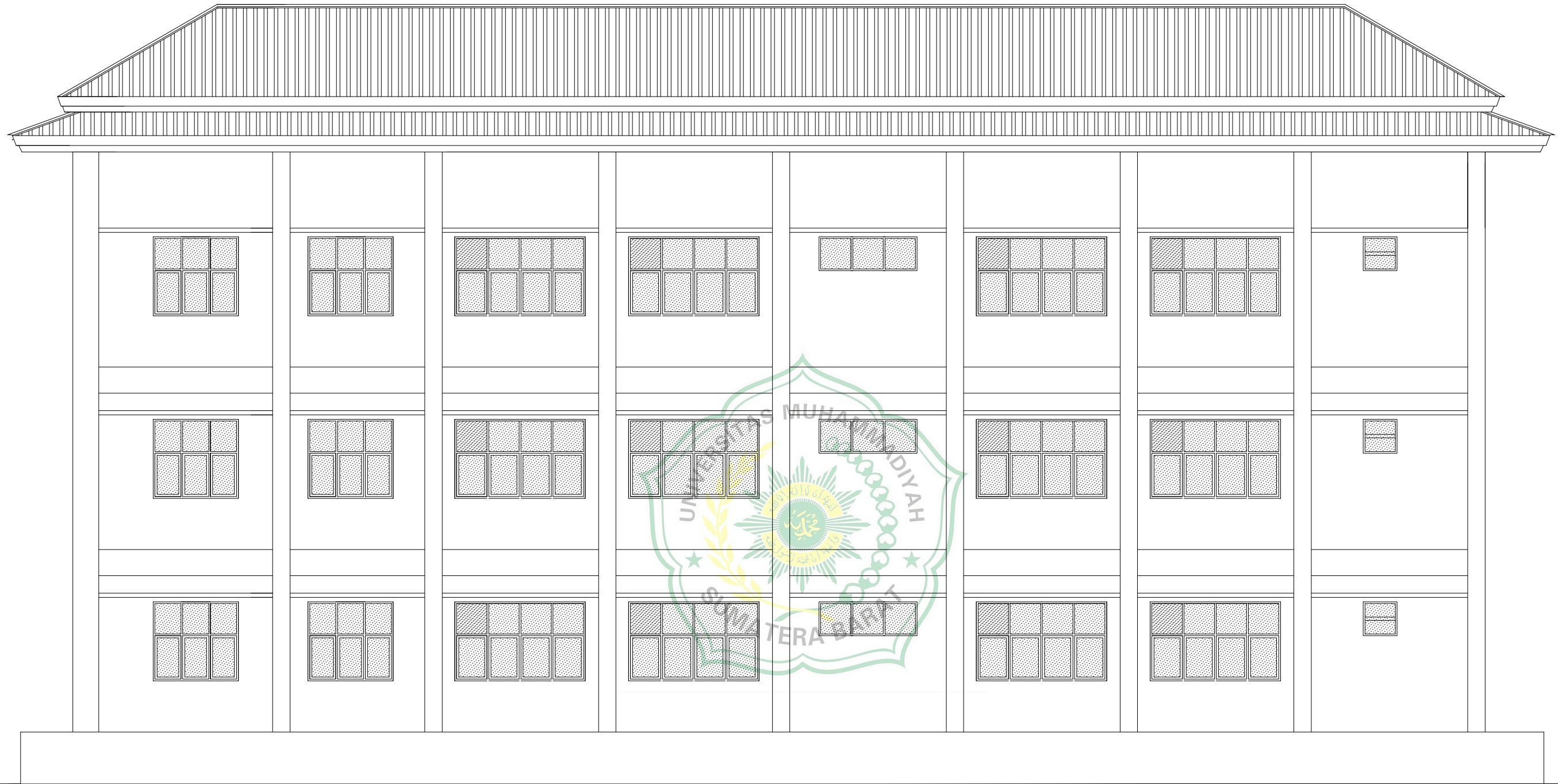
JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

NAMA MAHASISWA	NAMA	JABATAN	KETERANGAN	
NAMA : HARRI SUMPENA NIM : 191000222201059	ELFANIA BASTIAN ,ST,MT	Pembimbing I		
	ASIYA NURHASANAH H, S.ST., M.Eng.	Pembimbing II		
	DEDDY KURNIAWAN, S.T., M.T.	Penguji I		
	Ir. ANA SUSANTI VIUSMAN, M.Eng.	Penguji II		No. LEMBAR



TAMPAK BELAKANG
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT	NAMA MAHASISWA	NAMA	JABATAN	KETERANGAN	No. LEMBAR
	NAMA : HARRI SUMPENA NIM : 191000222201059	ELFANIA BASTIAN ,ST,MT ASIYA NURHASANAH H, S.ST., M.Eng. DEDDY KURNIAWAN, S.T., M.T. Ir. ANA SUSANTI YUSMAN, M.Eng.	Pembimbing I Pembimbing II Penguji I Penguji II		
JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER					



TAMPAK BELAKANG
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT	NAMA MAHASISWA	NAMA	JABATAN	KETERANGAN	No. LEMBAR
	NAMA : HARRI SUMPENA NIM : 191000222201059	ELFANIA BASTIAN, S.T, MT ASIYA NURHASANAH H, S.ST., M.Eng.	Pembimbing I Pembimbing II		
JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER		DEDDY KURNIAWAN, S.T., M.T.	Penguji I		
		Ir. ANA SUSANTI YUSMAN, M.Eng.	Penguji II		



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN, ST, MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

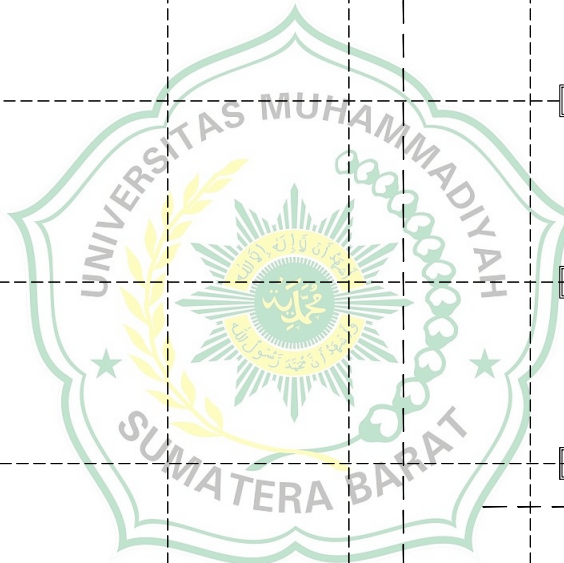
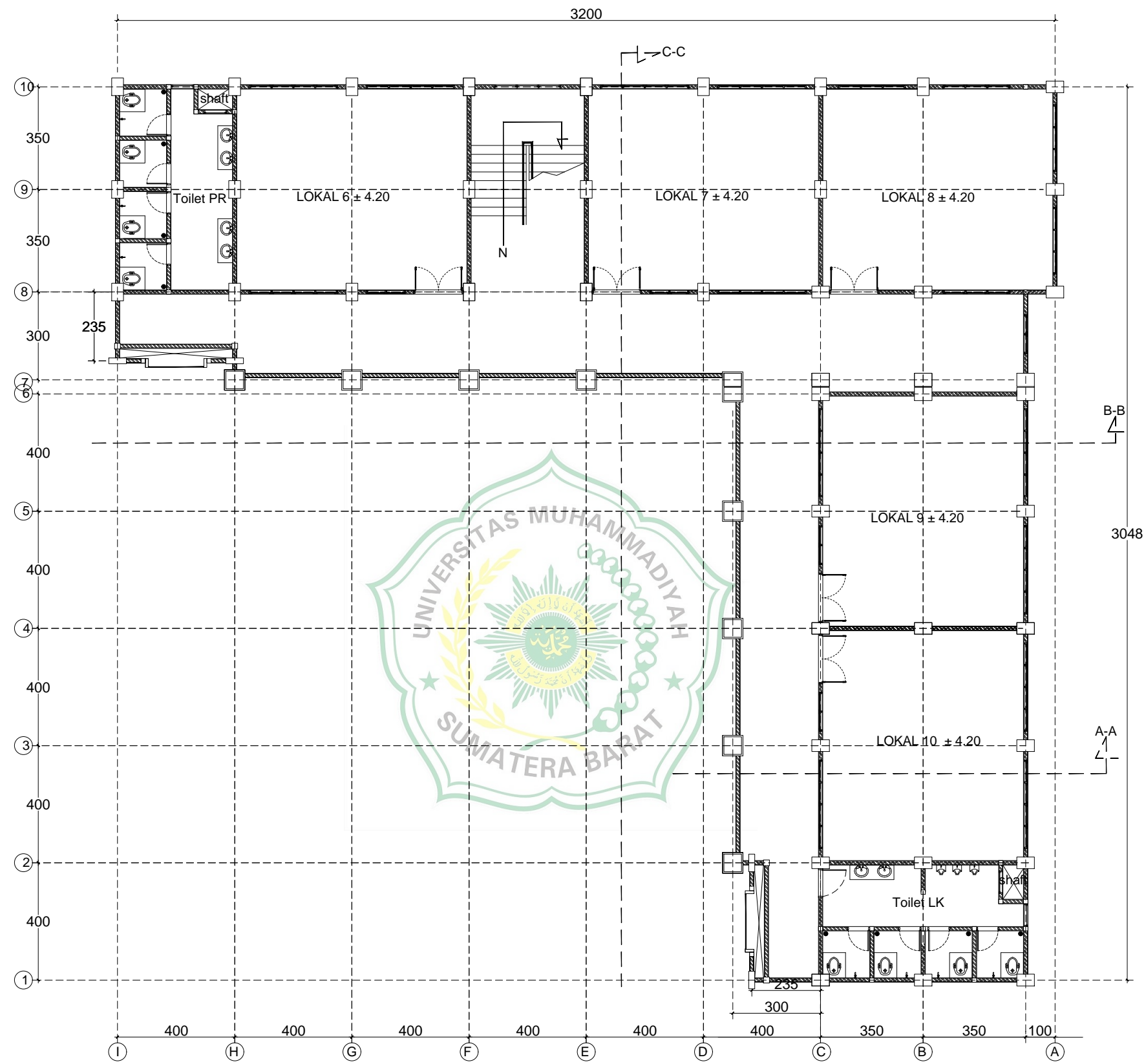
Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

No. LEMBAR

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN ,ST,MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

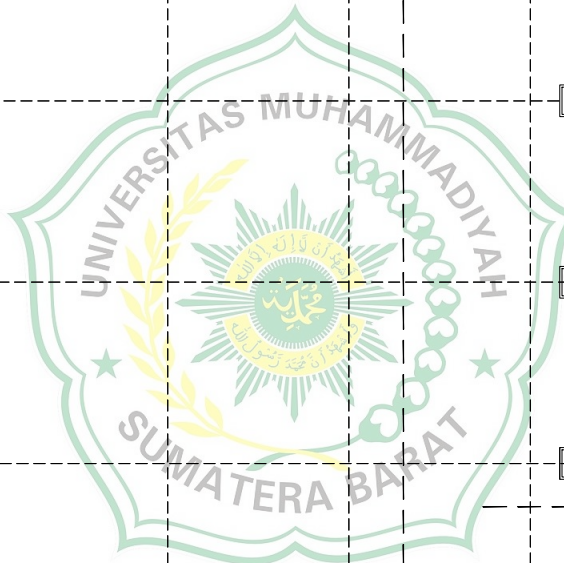
Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

No. LEMBAR

**JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN, ST, MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

No. LEMBAR



POTONGAN C-C
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 19100222201059

ELFANIA BASTIAN, ST, MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

No. LEMBAR

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN ,ST,MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

No. LEMBAR

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 100

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

NAMA MAHASISWA

NAMA

JABATAN

KETERANGAN

NAMA : HARRI SUMPENA
NIM : 191000222201059

ELFANIA BASTIAN, ST, MT

Pembimbing I

ASIYA NURHASANAH
H, S.ST., M.Eng.

Pembimbing II

DEDDY KURNIAWAN,
S.T., M.T.

Penguji I

Ir. ANA SUSANTI
YUSMAN, M.Eng.

Penguji II

JUDUL SKRIPSI : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L, SDN 04 GAREGEH
KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

No. LEMBAR

REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Maret 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Proposal : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier

Catatan Perbaikan :

- Perbaiki Flowchart.

Penguji,



Elfania Bastian, S.T., M.T.
NIDN. 1018118901



REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Maret 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Proposal : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota
Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier

Catatan Perbaikan :

Perbaiki flowchart.

Penguji,

Yorizal Putra, S.T., M.T.
NIDN. 1002049201



REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Maret 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Proposal : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier
Catatan Perbaikan : *perbaikan lagi letak belah ketupat → bangunan tidak pakai dilatasi
Rumus masalah dijelaskan lagi poinnya.....
Tujuan penelitian mana ?
Kata asing ketika miring. Perhatikan penomoran
Perbaiki ~~dan~~ bagan alir
+ ket lokasi penelitian pada google maps
+ Daftar pustaka*

Ketua Penguji,

Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 04 Agustus 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota
Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier
Catatan Perbaikan : * Perbaiki yg terkecil .

ACE Sidang Akhir.
10/8/23.


Ketua Penguji,

10/8/23
Sumpena Prana
Elfalia Bastian, S.T., M.T.
NIDN. 1018118901

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 04 Agustus 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota
Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier

Catatan Perbaikan :
.....
OKI
.....
ACC KOMPRE
08/08/23


Sekretaris/Penguji,



Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.
NIDN. 1022119101

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 04 Agustus 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota
Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier

Catatan Perbaikan :

- typo
- tambahkan daftar pustaka

ACC sidang keppre
8/2023 *[Signature]*

Penguji,



Deddy Kurniawan, S.T., M.T.
NIDN. 1022018303

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 04 Agustus 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota
Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier
Catatan Perbaikan : *Perbaiki Catatan di Skripsi*

Ace/Kompr
12/08/23 *Astuty*

Penguji,

Astuty
Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng.
NIDN. 1017016901



REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 14 Agustus 2023

Nama : **Harri Sumpena**
NIM : 191000222201059
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota
Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linier
Catatan Perbaikan : *Belajar kembali!*
Doc y / j. j. w. d.
14/8/23 Susanti

Penguji,

Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng.
NIDN. 1017016901



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Harri Sumpena
NIM	:	191000222201059
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing I	:	Elfania Bastian, S.T., M.T.
Pembimbing II	:	Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.
Judul	:	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linear

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	03-03-23	Perbaiki BAB 1, fokuskan rencana penelitian		
2.	06-03-23	Perbaiki kembali latar belakang		
3.	07-03-23	ACC untuk mengikuti seminar Proposal		
4.	05-05-23	Perbaiki Latar Belakang dan Batasan masalah		
5.	10-05-23	Acc BAB 1- 3 , lanjutkan perhitungan		
6.	08-06-23	Perbaiki preliminarydesain dan SAP nya		
7.	21-06-23	Perdalam analisis, baca literatur Jurnal		
8.	04-07-23	Perbaiki BAB 4 dan 5 , lanjutkan gambar		
9.	20-07-23	Acc tes plagiat dan seminar hasil		
10.	08/08/23	ACC sidang Kompre		

Catatan :

1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Harri Sumpena
NIM	:	191000222201059
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing I	:	Elfania Bastian, S.T., M.T.
Pembimbing II	:	Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.
Judul	:	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linear

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	03-03-23	Perbaiki BAB 1, fokuskan rencana penelitian		
2.	06-03-23	Perbaiki kembali latar belakang		
3.	07-03-23	ACC untuk mengikuti seminar Proposal		
4.	05-05-23	Perbaiki Latar Belakang dan Batasan masalah		
5.	10-05-23	Acc BAB 1-3, lanjutkan perhitungan		
6.	08-06-23	Perbaiki preliminarydesain dan SAP nya		
7.	21-06-23	Perdalam analisis, baca literatur Jurnal		
8.	04-07-23	Perbaiki BAB 4 dan 5, lanjutkan gambar		
9.	20-07-23	Acc tes plagiat dan seminar hasil		
10.	20-07-23	<ul style="list-style-type: none">Perbaiki beberapa masukan di laporanCek kembali beban Gempa.		

Catatan:

- Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
- Dapat diperbanyak bila diperlukan.

• Acc tes plagiat & semhas.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,

Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Harri Sumpena
NIM	:	191000222201059
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing I	:	Elfania Bastian, S.T., M.T.
Pembimbing II	:	Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.
Judul	:	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi Dengan Metode Analisis Non Linear

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	08/08 ²³	ACC. SIDANG KOMPRESI		
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Catatan :

1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,

Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502