

**ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT RENDAH AKIBAT
PENGARUH BEBAN GEMPA DENGAN METODE RIWAYAT WAKTU**

(Skripsi)

Oleh

FADILA AMELIA KARIMA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

STRUCTURE ANALYSIS OF LOW-STORE BUILDING DUE TO THE EFFECT OF EARTHQUAKE LOAD USING TIME HISTORY METHOD

By

FADILA AMELIA KARIMA

High-rise buildings are buildings that are vulnerable in the event of an earthquake and have the potential to cause casualties. Ground movements due to earthquakes can cause vibrations and deformations that can damage building structures. Analysis and evaluation need to be done to minimize unwanted events.

This study aims to analyze the structure in meeting the safety requirements based on SNI 1726:2019 with the interstory drift and ATC-40 which is reviewed based on the maximum total drift. Structural analysis was carried out using the time history method with the help of SAP2000 software. The building model was analyzed using 5 (five) input accelerograms. The acceleration of the accelerogram that is used as an input earthquake needs to be scaled first to the level of the research plan according to the object.

From the results of this study, it was found that due to the influence of the input earthquake of Imperial Valley, Kobe, Kocaeli, Northridge, and San Fernando, the deviation between levels that occurred was still in the safe category because it did

not exceed the deviation between the permit levels, which was 48.4615 mm. The largest inter-level deviation due to the influence of the X-direction earthquake for each input earthquake is the Imperial Valley earthquake (34.5087 mm), Kobe earthquake (30.4508 mm), Kocaeli earthquake (26.9044 mm), Northridge earthquake (26.0285 mm), and the San Fernando earthquake (42.1334 mm). In the Y direction, the largest level deviation values for each earthquake are Imperial Valley earthquake (37.1214 mm), Kobe earthquake (37.8562 mm), Kocaeli earthquake (37.3904 mm), Northridge earthquake (29.5991 mm) and San Fernando earthquake (39.6296 mm). The building is included in the Immediate Occupancy (IO) performance level based on ATC-40, the maximum total drift value is below the 0.01 limit.

Key words: earthquake load, time history analysis, accelerogram, interstory drift, structural performance.

ABSTRAK

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT RENDAH AKIBAT PENGARUH BEBAN GEMPA DENGAN METODE RIWAYAT WAKTU

Oleh

FADILA AMELIA KARIMA

Bangunan bertingkat merupakan bangunan yang rentan apabila terjadi gempa bumi dan berpotensi menimbulkan korban jiwa. Pergerakan tanah akibat terjadinya gempa bumi dapat menimbulkan getaran dan deformasi yang dapat merusak struktur bangunan. Analisis serta evaluasi perlu dilakukan untuk meminimalisir kejadian yang tidak diinginkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur dalam memenuhi persyaratan keamanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan tinjauan simpangan antar tingkat dan ATC-40 yang ditinjau berdasarkan *maximum total drift*. Analisis struktur yang dilakukan menggunakan metode riwayat waktu dengan bantuan *software* SAP2000. Model gedung dianalisis dengan menggunakan 5 (lima) akselerogram gempa masukan. Percepatan akselerogram yang digunakan sebagai gempa masukan perlu diskalakan terlebih dahulu terhadap taraf gempa rencana sesuai objek penelitian.

Dari hasil penelitian ini, didapatkan bahwa akibat pengaruh gempa masukan Imperial Valley, Kobe, Kocaeli, Northridge, dan San Fernando, simpangan antar

tingkat yang terjadi masih dalam kategori aman karena tidak melebihi simpangan antar tingkat izin yaitu 48,4615 mm. Simpangan antar tingkat terbesar akibat pengaruh gempa arah X untuk masing-masing gempa masukan adalah gempa Imperial Valley (34,5087 mm), gempa Kobe (30,4508 mm), gempa Kocaeli (26,9044 mm), gempa Northridge (26,0285 mm), dan gempa San Fernando (42,1334 mm). Pada arah Y, nilai simpangan antar tingkat terbesar untuk masing-masing gempa adalah gempa Imperial Valley (37,1214 mm), gempa Kobe (37,8562 mm), gempa Kocaeli (37,3904 mm), gempa Northridge (29,5991 mm), dan gempa San Fernando (39,6296 mm). Gedung termasuk dalam taraf kinerja *Immediate Occupancy* (IO) berdasarkan ATC-40, nilai *maximum total drift* berada dibawah batas 0,01.

Kata kunci: beban gempa, analisis riwayat waktu, akselerogram, simpangan antar tingkat, kinerja struktur.

**ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT RENDAH AKIBAT
PENGARUH BEBAN GEMPA DENGAN METODE RIWAYAT WAKTU**

Oleh

FADILA AMELIA KARIMA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **ANALISIS STRUKTUR GEDUNG
BERTINGKAT RENDAH AKIBAT
PENGARUH BEBAN GEMPA DENGAN
METODE RIWAYAT WAKTU**

Nama Mahasiswa : **Fadila Amelia Karima**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615011064

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



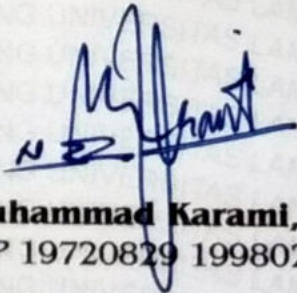
Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.
NIP 19721026 200003 1 001



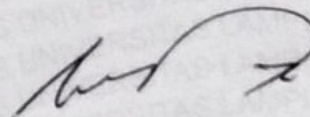
Ir. Surya Sebayang, M.T.
NIP 19580124 198703 1 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001



Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**



Sekretaris

: **Ir. Surya Sebayang, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Bayzoni, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **29 Oktober 2021**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadila Amelia Karima
NPM : 1615011064
Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil
Fakultas/Institusi : Teknik/ Universitas Lampung

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Analisis Struktur Gedung Bertingkat Rendah Akibat Pengaruh Beban Gempa Dengan Metode Riwayat Waktu**" adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali yang secara tertulis dimuat dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran, saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30-11-2021

Pembuat Pernyataan



Fadila Amelia Karima
Fadila Amelia Karima
NPM. 1615011064

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu pada tanggal 28 Agustus 1999, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, buah kasih dari pasangan Bapak Hadi Ayub Sarwiyanto dan Ibu Nur Rahayu.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Aisyiyah II Pringsewu diselesaikan pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SD Muhammadiyah Pringsewu diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Pringsewu diselesaikan pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Pringsewu diselesaikan pada tahun 2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2016 melalui jalur SBMPTN.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Desa Gunung Gijul, Kecamatan Abung Tengah, Kabupaten Lampung Utara selama 40 hari yaitu pada periode 2, 1 Juli – 9 Agustus 2019. Dalam penerapan ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis telah melaksanakan kegiatan Kerja Praktik di PT. Sang Bumi Ratu pada Proyek Restorasi dan Renovasi Gedung Makorem 043 Gatam, Bandar Lampung selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis berperan aktif sebagai Sekertaris Divisi Penelitian Departemen Penelitian dan Pengembangan Himpunan Mahasiswa

Teknik Sipil Universitas Lampung pada periode 2018/2019. Penulis juga tercatat sebagai Ketua Departemen Kemuslimahan Forum Silaturahmi dan Studi Islam (FOSSI) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2018/2019.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi, dengan judul Analisis Struktur Gedung Bertingkat Rendah Terhadap Pengaruh Beban Gempa Dengan Metode Riwayat Waktu.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan salah satu bentuk tanggung jawab dan rasa syukurku kepada Allah SWT, yang telah memberikan segala bentuk kemudahan maupun kasih sayangNya kepada hamba-Nya yang kecil ini.

Teriring cinta dan sayang yang begitu luas kepada Ibu dan Bapak yang telah menjadikanku manusia berharga. Terimakasih banyak untuk semuanya, bahkan sebanyak apapun terimakasih yang kuucapkan tidak akan membalas cinta dan kasih kalian kepadaku. Semoga Allah senantiasa mempertemukan kita di Surga-Nya.

Terimakasih yang tak terkira untuk Mba Anis dan Fara, yang telah menemani, mendukung, dan mendoakanku selama ini. Semoga kita bisa menjadi anak yang berbakti, bermanfaat, dan dapat menjaga serta membahagiakan ibu.

Kepada semua guruku yang telah memberikan banyak pembelajaran, terimakasih banyak semoga keberkahan dan amalan ilmu yang bermanfaat menyertai kalian.

Untuk teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2016, terimakasih telah banyak membantu dan memberikan dorongan semangat kepadaku. Semoga kita menjadi manusia yang lebih baik di perjalanan selanjutnya.

Untuk semua yang telah menjadi cerita dalam hidupku, terimakasih telah memberikan pelajaran, pengalaman, serta kenangan bagiku.

MOTTO

“Barang siapa bertaqwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya. Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya. Dia telah menciptakan sesuatu sesuai kadarNya” - QS. Ath Thalaq ayat 2-3 –

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui” – QS. Al Baqarah ayat 216 –

“Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk. Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang kekurangan, Lalu Dia memberikan kecukupan” – QS. Ad Dhuha ayat 6-8 –

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras untuk (urusan yang lain)” – QS. Asy Syarh ayat 5-7 –

“It’s a slow process, but it’s still progress”

– The Sad Ghost Club –

“Mungkin mereka seperti burung yang terbang tinggi, but you can the fish who swims the deepest ocean”

– Alvi Syahrin –

“Semua itu dimulai dari hal kecil”

– Ibuk –

“Ketika kamu lelah, tidak ada salahnya untuk beristirahat sebentar. Lihat ke belakang, kamu akan tersenyum dan mengehala napas lega. Ternyata kamu sudah sampai disini, berproses dan bertumbuh hingga sejauh ini. Semua ketakutanmu di masa lalu ternyata bisa kamu patahkan. Jadi, jangan pernah berhenti meskipun kamu perlu terseok-seok untuk berdiri. Hingga usia menuntunmu kembali.”

– Faamma (dalam perjalanan studi akhir) –

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya yang tiada henti, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa, sholawat teriring salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi teladan untuk semua umatnya.

Selama proses pengerjaan skripsi yang berjudul “Analisis Struktur Gedung Bertingkat Rendah Terhadap Pengaruh Beban Gempa Dengan Metode Riwayat Waktu”, banyak pihak yang berperan dalam memberikan bantuan, doa, motivasi, serta saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Bapak Alm Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T., selaku pembimbing I atas ketersediaannya dalam memberikan arahan, masukan, bimbingan, serta bantuannya dalam hal penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Ir. Surya Sebayang, M.T., selaku Pembimbing II yang telah memberikan masukan serta bimbinganya selama proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Bayzoni, S.T., M.T., sebagai Penguji atas kesediaannya memberi arahan maupun saran supaya skripsi ini lebih baik.
7. Bapak Ir. Nur Arifaini, M.S., selaku Pembimbing Akademik penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Prodi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diberikan selama perkuliahan. Serta staf-staf Prodi S1 Teknik Sipil yang banyak membantu penulis.
9. Kedua orangtuaku tercinta, Ibu Nur Rahayu dan Bapak Alm Hadi Ayub Sarwiyanto yang selalu memberikan cinta dan kasih sayangnya kepadaku, serta tanpa henti mendukung dan mendoakanku di setiap langkah kecilku.
10. Mbaku, Fauzia Anisatul Farida dan adikku, Qori Hikmah Faranida yang senantiasa menemaniku dan mendukungku.
11. Rekan seperjuangan penelitian, Siti Zalfa Mardhatillah, Risty Amelia Firdha, dan Ade Permata Haniacipta yang telah melalui skripsi ini bersama.
12. Teman-temanku SEPERJUANGAN 01033664 (Titik Ayuningsih, Kiki Hasanah Fitrah Sari, dan Brigitha Cindy Sitanya), Hana Vera Santiti, Melinda Gusti, Nurul Annisa Azharie, Kabul Budi Asmara, Mayka Purnama Putra, yang telah menemani dan menjadi tempat bertanyaku.
13. Keluarga Besar Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2016 yang banyak membantuku dan menciptakan banyak cerita selama masa perkuliahan.
14. Kakak-kakak tingkat di Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung atas semua bantuan yang diberikan.

15. Keluarga Mili, Mili bersama kedelapan anaknya (Milo, Mocha, Momo, Lego, Nana, Oreo, Sleepy, dan Choki) yang telah memberikan kebahagiaan dengan tingkah lucunya ditengah kepenatan perjalanan ini.
16. Semua pihak yang banyak membantu, memberikan dukungan, doa, serta motivasi yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Namun, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 29 Oktober 2021

Penulis,



Fadila Amelia Karima

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa	5
B. Pembebanan	5
C. Sistem Dinamik Struktur	7
D. Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa	10
E. Akselerogram	23
F. Analisis Riwayat Waktu	24
G. Kinerja Struktur Tahan Gempa	25
H. Penelitian Terdahulu	29
III. METODE PENELITIAN	
A. Tinjauan Umum	30
B. Lokasi Penelitian	30
C. Gambaran Umum Gedung	31
D. Alat Pendukung Penelitian	34
E. Prosedur Penelitian	36
F. Diagram Alir Penelitian	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Elevasi Gedung	39
B. Spesifikasi Material	39
C. Pemodelan Struktur	42
D. Pembebanan	43
E. Data Gempa	47
F. Gaya Lateral Gempa	49
G. Kombinasi Pembebanan	53
H. Analisis Riwayat Waktu (<i>Time History</i>)	53

I. Kontrol Struktur	60
J. Penentuan Simpangan Antar Tingkat	63
K. Kinerja Struktur Menurut ATC-40	69
L. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Terdahulu	71
V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	72
B. Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa .	11
2. Faktor Keutamaan Gempa	13
3. Klasifikasi Situs	13
4. Koefisien Situs, F_{PGA}	16
5. Koefisien Situs, F_a	17
6. Koefisien Situs, F_v	17
7. KDS Parameter Respons Percepatan Periode Pendek	19
8. KDS Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik	20
9. Faktor R , Ω_0 , dan C_d Sistem Penahan Gaya Gempa	20
10. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	21
11. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung	22
12. Simpangan Antar Tingkat Izin	26
13. <i>Deformation Limit Performance Level</i> ATC-40	27
14. Penelitian Terdahulu	29
15. Deskripsi Struktur Gedung	34
16. Data Elevasi Gedung	39
17. Tebal Pelat	40
18. Dimensi Balok	41
19. Dimensi Kolom	41
20. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	43
21. Beban Hidup Akibat Penggunaan Gedung	46
22. Berat Total Bangunan	47
23. Distribusi Vertikal Gaya Seismik Arah X	52
24. Distribusi Vertikal Gaya Seismik Arah Y	53
25. Skala Gempa Masukan Untuk Analisis Riwayat Waktu	58
26. Perbandingan V_t dan V Sebelum Dikoreksi	61
27. Perbandingan V_t dan V Setelah Dikoreksi	62
28. <i>Displacement</i> Gempa Masukan Imperial Valley	63
29. <i>Displacement</i> Gempa Masukan Kobe	63
30. <i>Displacement</i> Gempa Masukan Kocaeli	63
31. <i>Displacement</i> Gempa Masukan Northridge	64
32. <i>Displacement</i> Gempa Masukan San Fernando	64
33. <i>Interstory Drift</i> Gempa Masukan Imperial Valley	66
34. <i>Interstory Drift</i> Gempa Masukan Kobe	67
35. <i>Interstory Drift</i> Gempa Masukan Kocaeli	67
36. <i>Interstory Drift</i> Gempa Masukan Northridge	67
37. <i>Interstory Drift</i> Gempa Masukan San Fernando	67
38. Level Kinerja Berdasarkan ATC-40 Arah X	69
39. Level Kinerja Berdasarkan ATC-40 Arah Y	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pemodelan struktur derajat kebebasan tunggal.....	8
2. Pemodelan struktur derajat kebebasan banyak.....	9
3. Peta wilayah gempa di Indonesia untuk PGA	15
4. Peta wilayah gempa di Indonesia untuk S_S	15
5. Peta wilayah gempa di Indonesia untuk S_I	16
6. Peta transisi periode panjang T_L	16
7. Spektrum respons desain.....	19
8. Akselerometer.....	23
9. Akselerogram gempa arah horizontal dan vertikal.....	24
10. <i>Deformation lateral</i>	27
11. Lokasi Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.....	31
12. <i>Siteplan</i> Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.....	31
13. Denah Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.....	32
14. Tampak Depan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.....	33
15. Tampak Belakang Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.....	33
16. Diagram alir penelitian.....	38
17. Pemodelan 3D gedung.....	42
18. Potongan memanjang tangga.....	44
19. Respons spektrum Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.....	48
20. Alternatif penentuan besaran nilai k	51
21. Akselerogram gempa Imperial Valley X.....	54
22. Akselerogram gempa Imperial Valley Y.....	54
23. Akselerogram gempa Kobe X.....	55
24. Akselerogram gempa Kobe Y.....	55
25. Akselerogram gempa Kocaeli X.....	55
26. Akselerogram gempa Kocaeli Y.....	56
27. Akselerogram gempa Northridge X.....	56
28. Akselerogram gempa Northridge Y.....	56
29. Akselerogram gempa San Fernando X.....	57
30. Akselerogram gempa San Fernando Y.....	57
31. Input gempa masukan untuk analisis riwayat waktu.....	59
32. Pendefinisian <i>load case</i> untuk analisis riwayat waktu.....	60
33. Proses <i>running</i> analisis riwayat waktu.....	60
34. Grafik <i>maximum story displacement</i> arah X.....	64
35. Grafik <i>maximum story displacement</i> arah Y.....	65
36. Grafik <i>maximum interstory drift</i> arah X.....	68
37. Grafik <i>maximum interstory drift</i> arah Y.....	68
38. Grafik level kinerja berdasarkan ATC-40.....	70

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aktifitas gempa bumi yang terjadi di Indonesia cukup tinggi. Hal ini dikarenakan Indonesia berada dalam lintasan cincin api (*ring of fire*) dimana terdapat deretan gunung api yang masih aktif dan menjadikan wilayahnya banyak terjadi aktifitas seismik. Sebagai wilayah yang masuk dalam kawasan sabuk Alpine (*Alpine belt*), menjadikan wilayah Indonesia juga rawan akan gempa bumi. Selain itu, Indonesia merupakan wilayah yang berada di titik pertemuan tiga lempeng dunia, yaitu lempeng Indo – Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Apabila antar lempeng saling bertemu, maka terjadilah gempa bumi.

Kebutuhan akan bangunan bertingkat semakin lama menjadi sebuah alternatif perkembangan. Bangunan bertingkat merupakan bangunan yang rentan apabila terjadi gempa bumi dan berpotensi menimbulkan korban jiwa. Struktur bangunan diharuskan mampu menerima beban gempa pada level tertentu tanpa terjadinya kerusakan yang signifikan. Apabila bangunan harus mengalami keruntuhan, maka keruntuhan yang terjadi harus bersifat daktilitas. Setidaknya, bangunan masih mampu bertahan apabila gempa berkekuatan besar terjadi.

Lampung merupakan wilayah yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi. Gedung Rawat Inap Non Bedah Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr. H. Abdul Moeloek adalah salah satu bangunan berlantai empat yang berdiri pada tahun 2019 di kota Bandar Lampung. Rumah sakit yang berfungsi sebagai fasilitas kesehatan tentunya berperan penting bagi banyak orang. Dibangunnya fasilitas pendukung seperti gedung rawat inap bertujuan untuk memaksimalkan kinerja rumah sakit dalam melakukan pelayanan, sehingga diperlukan analisis serta evaluasi lebih lanjut untuk meminimalisir kejadian yang tidak diinginkan. Meskipun, kegempaan yang terjadi di wilayah Bandar Lampung tidak sebesar yang terjadi di wilayah Lampung Barat, akan tetapi mengingat adanya potensi gempa bumi yang terjadi maka bangunan diharuskan mampu menahan beban gempa.

Gempa bumi merupakan peristiwa dinamik, yang menimbulkan pergerakan pada tanah kemudian berlanjut ke struktur bangunan. Dalam hal ini, metode analisis riwayat waktu dianggap paling tepat untuk digunakan. Perilaku struktur akibat gempa yang dipengaruhi oleh percepatan lapisan permukaan tanah selama waktu terjadinya gempa dapat dianalisis, dan dievaluasi menggunakan metode analisis riwayat waktu.

B. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang ditinjau dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana simpangan antar tingkat yang terjadi pada gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek dengan metode analisis riwayat waktu?

2. Bagaimana level kinerja struktur gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek berdasarkan ATC-40?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk menjawab rumusan masalah, sebagai berikut:

1. Menganalisis simpangan antar tingkat yang terjadi pada gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek dengan metode analisis riwayat waktu.
2. Menganalisis level kinerja struktur gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek berdasarkan ATC-40.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Gedung yang ditinjau merupakan material beton bertulang yang terdiri dari empat lantai.
2. Analisis perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung.
3. Analisis gempa mengacu pada pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung.
4. Analisis dinamik menggunakan metode linier riwayat waktu (*time history*).
5. Analisis bangunan menggunakan *software* SAP2000.
6. Data rekaman gempa diambil dari website *www.peer.berkeley.edu*.
7. Penentuan level kinerja struktur berdasarkan ATC-40.

8. Respons spektrum untuk lokasi yang ditinjau diambil dari *software* RSA 2019.
9. Pondasi diasumsikan terjepit sepenuhnya.

E. Manfaat Penelitian

Secara umum, manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pemahaman analisis struktur dengan metode riwayat waktu menggunakan *software* SAP2000.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran mengenai perilaku struktur akibat pengaruh beban gempa.
3. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi di bidang perencanaan struktur bangunan tahan gempa dengan menggunakan analisis dinamik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, struktur harus dirancang dapat memikul beban horizontal atau beban gempa. Sari (2013) menjelaskan elemen struktur yang bersifat daktail dan tidak mudah runtuh diperbolehkan mengalami plastifikasi saat terjadi gempa kuat. *Strong column weak beam* atau kolom kuat balok lemah merupakan konsep dasar struktur bangunan tahan gempa (Andriyanto, 2014). Melalui konsep ini, ketika terjadi keruntuhan diharapkan sendi plastis akan terjadi pada balok terlebih dahulu dan pada tahap akhir sendi plastis terjadi di kolom. Hal ini bertujuan agar terjadi struktur secara daktail pada pengumpulan sebagian besar sendi plastis yang dapat menyerap beban gempa.

B. Pembebanan

Kuat rencana komponen elemen struktur harus didesain sama atau melebihi beban terfaktornya. Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1726:2019 pasal 4.2.2.

1. $U = 1,4D$

2. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$

3. $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$

$$4. \quad U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$5. \quad U = 0,9D + 1,0W$$

$$6. \quad U = 1,2D + E_v + E_h + L$$

$$7. \quad U = 0,9D - E_v + E_h$$

dimana:

D : Beban mati

L : Beban hidup

L_r : Beban hidup atap

W : Beban angin

R : Beban hujan

E : Beban gempa

Jenis-jenis beban yang umumnya terdapat pada struktur gedung adalah:

1. Beban mati

Beban mati merupakan semua beban yang bersifat tetap yang termasuk segala unsur tambahan, mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.

2. Beban hidup

Beban hidup merupakan semua beban yang terjadi akibat faktor penghunian atau penggunaan, termasuk beban pada lantai yang berasal dari mesin, barang yang dapat berpindah serta peralatan yang merupakan bagian terpisahkan dari gedung.

3. Beban angin

Beban angin merupakan beban yang terjadi akibat adanya perbedaan tekanan udara.

4. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban yang berasal dari pergerakan tanah yang disebabkan oleh aktivitas gempa bumi dan mempengaruhi struktur bangunan.

5. Beban khusus

Beban khusus merupakan beban yang bekerja pada gedung akibat pengaruh suhu, pengangkatan, penurunan pondasi, susut, dan gaya tambahan dari beban hidup seperti: gaya rem, gaya sentrifugal, gaya dinamis serta pengaruh lainnya.

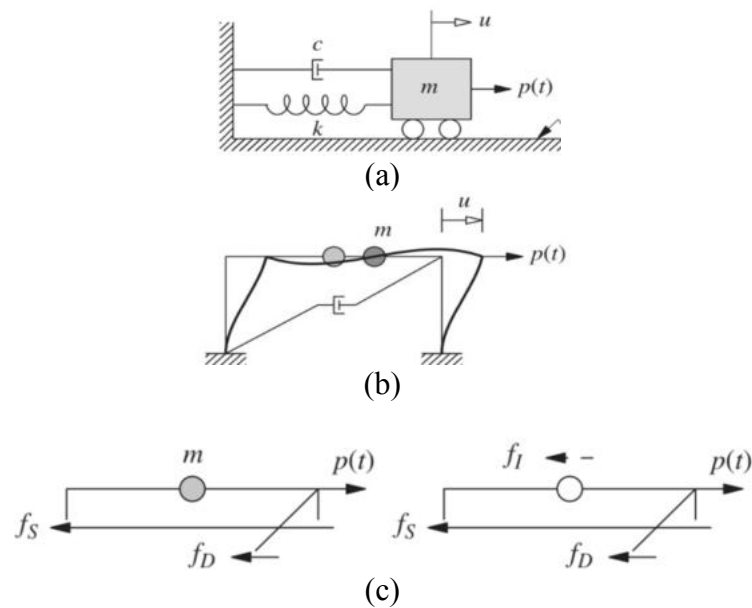
C. Sistem Dinamik Struktur

Apabila struktur dibebani secara dinamik maka massa struktur akan mengalami pergoyangan. Goyangan tersebut dapat terjadi secara tiga dimensi, apabila terdapat deformasi aksial kolom ataupun puntir. Derajat kebebasan (*degree of freedom*) merupakan derajat ukuran untuk menyatakan posisi sistem setiap saat. Komponen yang berpengaruh penting dalam sistem yang mengalami beban dinamik adalah massa (m), kekakuan (k), redaman (c), dan gaya luar ($p(t)$).

1. Derajat kebebasan tunggal (*single degree of freedom*, SDOF)

Struktur dengan derajat kebebasan tunggal hanya mempunyai satu koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi massa pada saat tertentu yang ditinjau. Secara umum, bangunan satu tingkat dianggap sebagai struktur SDOF.

Adapun struktur dengan derajat kebebasan tunggal dimodelkan sebagai berikut:



Gambar 1. Pemodelan struktur derajat kebebasan tunggal.
 (Sumber: Chopra, 2012)

Persamaan kesetimbangan dari gaya-gaya yang bekerja pada sistem berdasarkan Gambar 1, yaitu:

$$F_I + F_D + F_S = F(t) \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

F_I : Gaya inersia

F_D : Gaya redaman

F_S : Gaya elastis

$F(t)$: Beban dinamik lateral yang bekerja pada sistem

Gaya-gaya dalam persamaan (1) diperoleh dari persamaan berikut:

$$F_I = m\ddot{u}(t) \dots \dots \dots (2)$$

$$F_D = c\dot{u}(t) \dots \dots \dots (3)$$

$$F_s = ku_{(t)} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan men-subtitusi persamaan (2), (3) dan (4) ke dalam persamaan (1).

Maka persamaan struktur untuk derajat kebebasan tunggal adalah:

$$m\ddot{u}_{(t)} + c\dot{u}_{(t)} + ku_{(t)} = F_{(t)} \dots \dots \dots (5)$$

dimana:

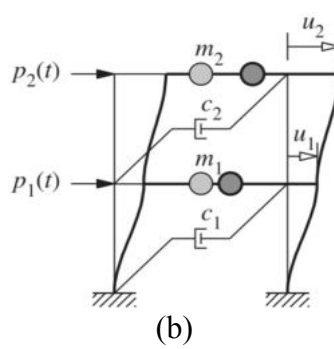
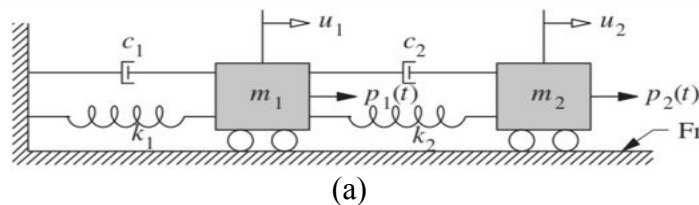
$\ddot{u}_{(t)}$: Percepatan fungsi dari waktu

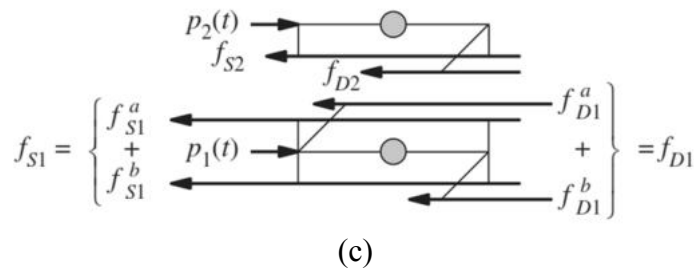
$\dot{u}_{(t)}$: Kecepatan fungsi dari waktu

$u_{(t)}$: Perpindahan fungsi dari waktu

2. Derajat kebebasan banyak (*multi degree of freedom, MDOF*)

Struktur MDOF mempunyai n-tingkat dan n-derajat kebebasan. Dalam penentuan persamaan differensial struktur MDOF, maka dilakukan pemisalan dan pendekatan seperti struktur SDOF. Adapun struktur dengan derajat kebebasan banyak dimodelkan sebagai berikut:





Gambar 2. Pemodelan struktur derajat kebebasan banyak.
 (Sumber: Chopra, 2012)

Pada gambar diatas merupakan sistem derajat kebebasan banyak untuk dua tingkat. Adapun persamaan geraknya adalah:

$$m_1 \ddot{u}_1 + (c_1 + c_2) \dot{u}_1 - c_2 \dot{u}_2 + (k_1 - k_2) u_1 - k_2 u_2 = F_1 \dots\dots\dots (6)$$

$$m_2 \ddot{u}_2 - c_2 \dot{u}_1 + c_2 \dot{u}_2 - k_2 u_1 + k_2 u_2 = F_2 \dots\dots\dots (7)$$

Apabila persamaan (6) dan (7) ditulis dalam bentuk matrik, diperoleh:

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1+c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

D. Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa

Ketentuan umum ini didasarkan pada SNI 1726:2019 yaitu:

1. Gempa rencana

Gempa rencana ditetapkan dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2%.

2. Kategori risiko

Agar bangunan aman maka dipakailah faktor keutamaan I_e . Pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan harus dikalikan dengan I_e .

Untuk berbagai kategori risiko bangunan dapat dilihat dalam Tabel 1 dan faktor keutamaan gempa pada Tabel 2.

Tabel 1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan – Fasilitas sementara – Gudang penyimpanan – Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Perumahan – Rumah toko dan rumah kantor – Pasar – Gedung perkantoran – Gedung apartemen/ rumah susun – Pusat perbelanjaan/ mall – Fasilitas manufaktur, bangunan industri/ pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, antara lain:</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 yang 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, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pusat pembangkit listrik biasa – Fasilitas penanganan air 	

Tabel 1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa (lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> – 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, bahan kimia, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, antara lain:</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 – 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 – 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 	IV
<p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2 Tabel 3)

Tabel 2. 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 Pasal 4.1.2 Tabel 4)

3. Kelas situs

Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai Tabel 3 berikut ini:

Tabel 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 – 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	> 150	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 – 350	150 - 50	50 – 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:		
	<ul style="list-style-type: none"> – Indeks plastisitas, $PI > 20$ – Kadar air, $w \geq 40\%$ – Kuat geser niralir $s_a < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <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 plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 5.3 Tabel 5)

4. Penentuan percepatan puncak di permukaan tanah

Percepatan puncak di permukaan tanah diperoleh dengan persamaan:

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \dots\dots\dots (9)$$

dimana:

PGA_M : MCE_G percepatan tanah puncak disesuaikan klasifikasi situs

PGA : Percepatan tanah puncak mengacu pada peta hazard gempa

F_{PGA} : Koefisien situs PGA

Dalam perencanaan menggunakan analisis dinamik riwayat waktu, percepatan permukaan tanah asli gempa masukan harus direduksi:

$$PGA_{M \text{ reduksi}} = PGA_M \times g \times \frac{I_e}{R} \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

g : Percepatan gravitasi

I_e : Faktor keutamaan gempa

R : Koefisien modifikasi respons

5. Parameter spektrum respons percepatan

Parameter spektrum respons pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (11)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

F_a : Faktor amplifikasi seismik periode 0,2 detik

F_v : Faktor amplifikasi seismik periode 1 detik

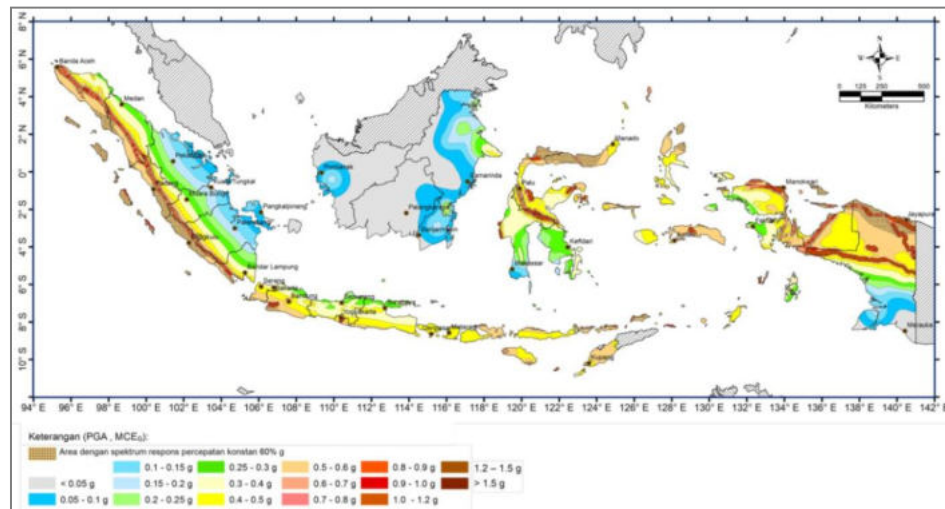
S_s : Parameter respons spektral percepatan gempa periode 0,2 detik

S_1 : Parameter respons spektral percepatan gempa periode 1 detik

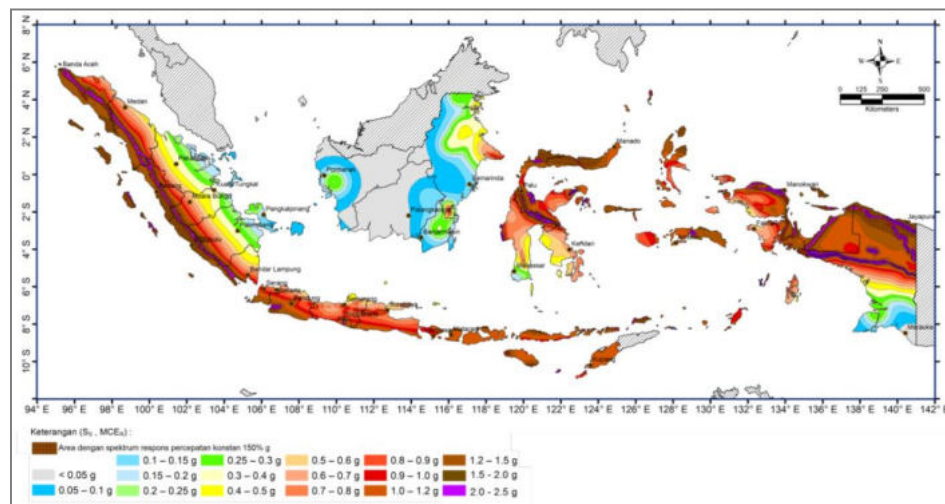
6. Wilayah gempa

Dalam peta hazard gempa Indonesia 2019 terdiri dari peta percepatan puncak (PGA) dan respons percepatan spektra di batuan dasar (SB) untuk periode pendek 0,2 detik (S_s) dan periode 1 detik (S_1) dengan redaman 5%.

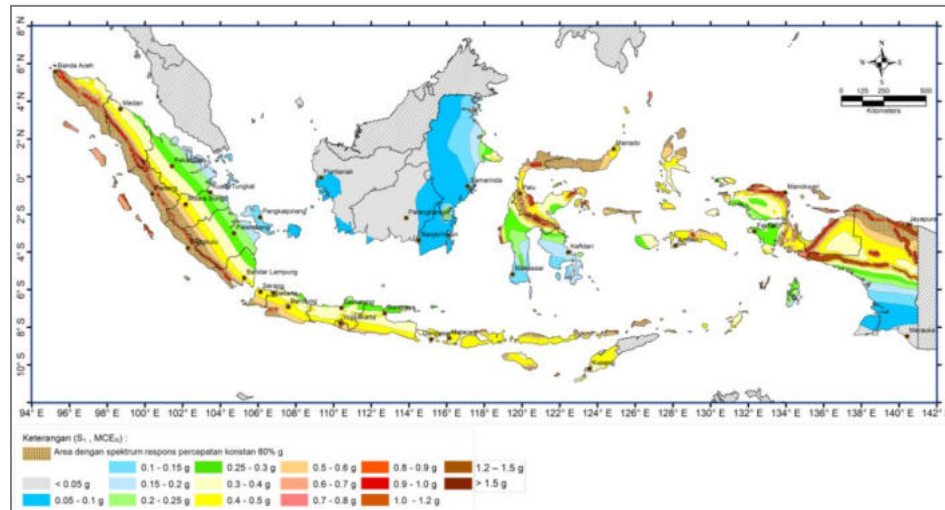
Berikut ini merupakan peta wilayah gempa di Indonesia:



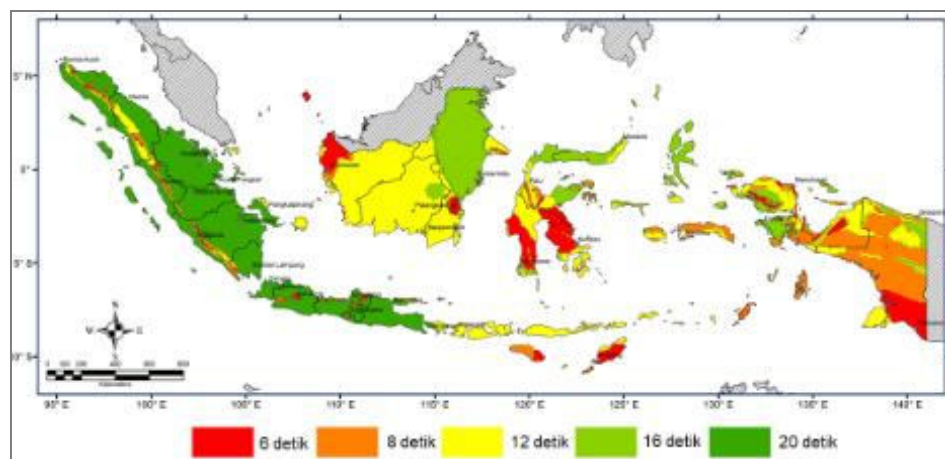
Gambar 3. Peta wilayah gempa di Indonesia untuk PGA.
(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 4. Peta wilayah gempa di Indonesia untuk S_s .
(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 5. Peta wilayah gempa di Indonesia untuk S_1 .
(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 6. Peta transisi periode panjang T_L .
(Sumber: SNI 1726:2019)

7. Koefisien situs

Koefisien situs ditentukan berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 4. Koefisien Situs, F_{PGA}

Kelas Situs	PGA					
	$\leq 0,1$	$= 0,2$	$= 0,3$	$= 0,4$	$= 0,5$	$\geq 0,6$
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

Tabel 4. Koefisien Situs, F_{PGA} (lanjutan)

Kelas Situs	PGA					
	$\leq 0,1$	$= 0,2$	$= 0,3$	$= 0,4$	$= 0,5$	$\geq 0,6$
SC	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
SE	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
SF	$S_s^{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 6.7.3 Tabel 10)

Tabel 5. Koefisien Situs, 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
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	$S_s^{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 6.2 Tabel 6)

Tabel 6. Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE _R) Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 1$ Detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,5$
	SA	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	$S_s^{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 6.2 Tabel 7)

8. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}), ditentukan berdasarkan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (13)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (14)$$

9. Spektrum respons desain

a) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain S_a menggunakan persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (15)$$

b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan 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 tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, spektrum respons percepatan desain S_a menggunakan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (16)$$

d) Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain S_a menggunakan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} \dots\dots\dots (17)$$

dimana:

S_{DS} : Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek

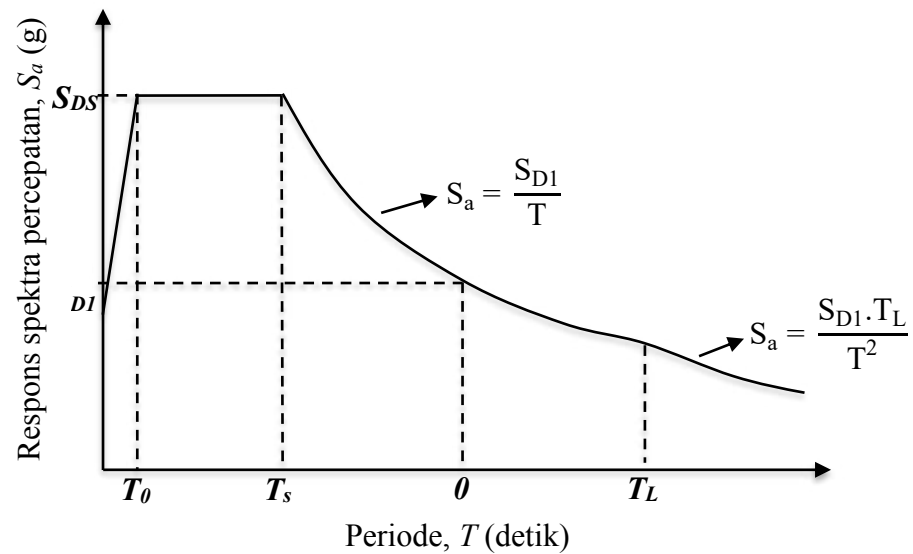
S_{D1} : Parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik

T : Periode fundamental struktur

T_L : Periode transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 7 yang nilainya diambil dari Gambar 6.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (18)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (19)$$



Gambar 7. Spektrum respons desain.
(Sumber: SNI 1726:2019)

10. Kategori desain seismik

Kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan mengacu pada Tabel 7 dan Tabel 8 dengan menggunakan nilai S_{DS} dan S_{D1} .

Tabel 7. KDS Parameter Respons Percepatan Periode Pendek

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

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 6.5 Tabel 8)

Tabel 8. KDS Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik

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

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 6.5 Tabel 9)

11. Sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan. Sistem penahan gaya gempa terdiri dari koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan faktor pembesaran defleksi (C_d), seperti dimuat dalam Tabel 9.

Tabel 9. Faktor R , Ω_0 , dan C_d Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Modifikasi Respons (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)
Sistem rangka pemikul momen			
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	$5\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus			
Rangka baja dengan bresing eksentris	8	$2\frac{1}{2}$	4
Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$

Tabel 9. Faktor R , Ω_0 , dan C_d Sistem Penahan Gaya Gempa (lanjutan)

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Modifikasi Respons (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)
Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5
Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5
Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2 Tabel 12)

12. Penentuan periode fundamental

Periode fundamental struktur ditentukan oleh persamaan sebagai berikut:

$$T_{a \min} = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots (20)$$

$$T_{a \max} = T_{a \min} \times C_u \dots\dots\dots (21)$$

dimana:

C_t : Nilai parameter periode pendekatan, lihat pada Tabel 10

h_n : Tinggi total bangunan (m)

x : Nilai parameter periode pendekatan, lihat pada Tabel 10

C_u : Koefisien batas atas periode yang dihitung, lihat pada Tabel 11

Tabel 10. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana 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

Tabel 10. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x (lanjutan)

Tipe Struktur	C_t	x
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 Pasal 7.8.2.1 Tabel 18)

Tabel 11. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain Pada 1 Detik, S_{D1}	C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2 Tabel 17)

13. Koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik harus ditentukan dengan persamaan:

$$C_s = \frac{S_{ds}}{R} \cdot I_e \dots\dots\dots (22)$$

Nilai C_s dari persamaan (22) tidak perlu melebihi dari persamaan berikut:

$$C_{s \max} = \frac{S_{d1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots (23)$$

Nilai C_s dari persamaan (22) harus tidak kurang dari persamaan berikut:

$$C_{s \min} = 0,044 S_{ds} \times I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots (24)$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 sama dengan atau lebihbesar dari 0,6g, maka C_s dari persamaan (22) harus tidak kurang dari:

$$C_{s \max} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots (25)$$

14. Gaya geser dasar seismik

Gaya geser dasar seismik harus ditetapkan sesuai persamaan berikut ini:

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots (26)$$

dimana:

W : berat seismik efektif

15. Distribusi vertikal gaya seismik

Distribusi vertikal gaya seismik didapatkan dari persamaan:

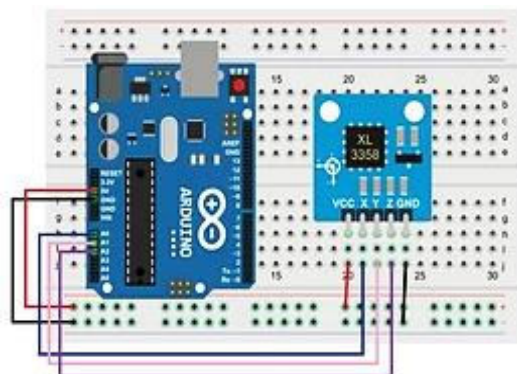
$$F_x = C_{vx} \times V \dots\dots\dots (27)$$

dimana:

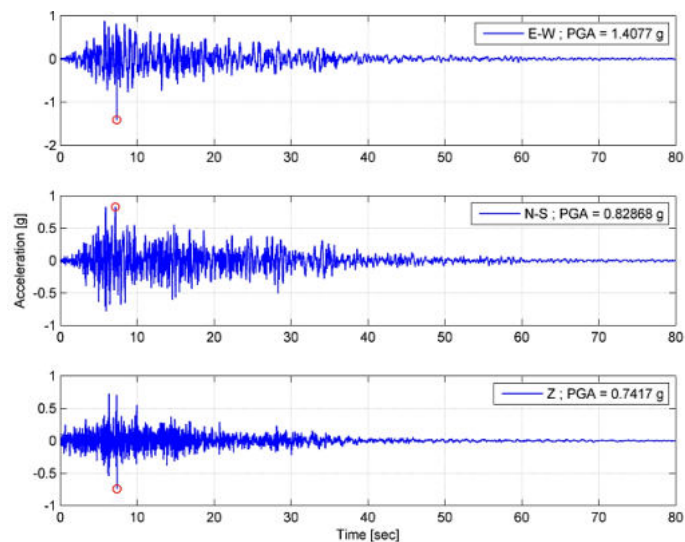
$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i^k} \dots\dots\dots (28)$$

E. Akselerogram

Akselerogram merupakan rekaman grafis dari percepatan permukaan tanah terhadap waktu terjadinya gempa yang tiba di sebuah stasiun kegempaan. Akselerogram ini dihasilkan dari alat pencatat yaitu akselerograf atau biasa disebut akselerometer.



Gambar 8. Akselerometer
(Sumber: Sutterstock)



Gambar 9. Akselerogram gempa arah horizontal dan vertikal.
(Sumber: Gallegos dan Saragoni, 2017)

F. Analisis Riwayat Waktu

Analisis riwayat waktu (*time history*) merupakan analisis yang memodelkan struktur berdasarkan catatan rekaman gempa yang terjadi berupa gerakan tanah dan respons struktur yang dihitung bertahap pada interval tertentu. Analisis dinamik riwayat waktu dapat diterapkan secara linier maupun non linier. Yudi, dkk (2019) menjelaskan bahwa struktur linier merupakan struktur yang tidak mengalami perubahan dalam berbagai kondisi pada massa (M), redaman (C), dan kekakuan (K). Struktur yang diberikan analisis nonlinier merupakan struktur yang mengalami perubahan massa (M), redaman (C), dan kekakuan (K) dalam kondisi tertentu.

Analisis dalam kondisi linier, umumnya struktur diasumsikan dapat kembali ke bentuk semula setelah mengalami pembebanan (elastis). Pada kondisi nyata, sebagian besar sistem struktur ketika terjadi gempa bersifat nonlinier (Maulana

dkk, 2013). Dalam penelitian ini digunakan metode analisis riwayat waktu linier untuk mempermudah dalam geometri struktur.

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.10.1.1 dalam proses analisis riwayat waktu, dibutuhkan paling sedikit lima rekaman gempa percepatan gerak tanah horizontal yang harus dipilih dari beberapa kejadian gempa. Masing-masing riwayat waktu yang dipilih harus diskalakan, sehingga spektrum respons-nya seperti lokasi yang akan ditinjau. Data rekaman gempa dari akselerogram kemudian disimulasikan menjadi percepatan gempa dengan menggunakan *software* analisis struktur.

Wahjudi (2017) menjelaskan bahwa pemilihan akselerogram gempa biasanya ditekankan untuk memperoleh rekaman yang sesuai dengan spektrum respons terhadap parameter seismologinya. Salah satu akselerogram gempa yang harus diambil yaitu gempa El Centro (1940) yang terjadi di Amerika Serikat, merupakan salah satu gempa terdahsyat dengan 7,1 magnitudo. Gempa El Centro dianggap sebagai standar, karena akselerogramnya mengandung frekuensi yang lebar, tercatat pada jarak sedang dan pusat gempa dengan magnitudo sedang pula (Wulandari, 2010 dan Simatupang dkk, 2019).

G. Kinerja Struktur Tahan Gempa

Kinerja stuktur atau *Performance Based Earthquake Engineering* (PBEE) digunakan untuk mempermudah dalam penentuan level kerusakan yang terjadi pada struktur. Tingkatan tersebut dapat diketahui dengan melihat kerusakan struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu.

1. SNI 1726:2019

Persyaratan kinerja dalam SNI 1726:2019 ditentukan berdasarkan simpangan antar tingkat. Pada pasal 7.8.6 nilai simpangan antar tingkat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (29)$$

$$\Delta = \delta_x - \delta_x' \leq \Delta_a \dots\dots\dots (30)$$

dimana:

Untuk kategori desain seismik D, E, atau F, nilai simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi $\frac{\Delta_a}{\rho}$ untuk semua tingkat, $\rho=1,3$.

dimana:

δ_x : Perpindahan yang diperbesar pada lantai yang ditinjau

δ_{xe} : Perpindahan elastik akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

Δ : Simpangan antar tingkat

Δ_a : Simpangan antar tingkat izin, lihat pada Tabel 12

Tabel 12. Simpangan Antar Tingkat Izin

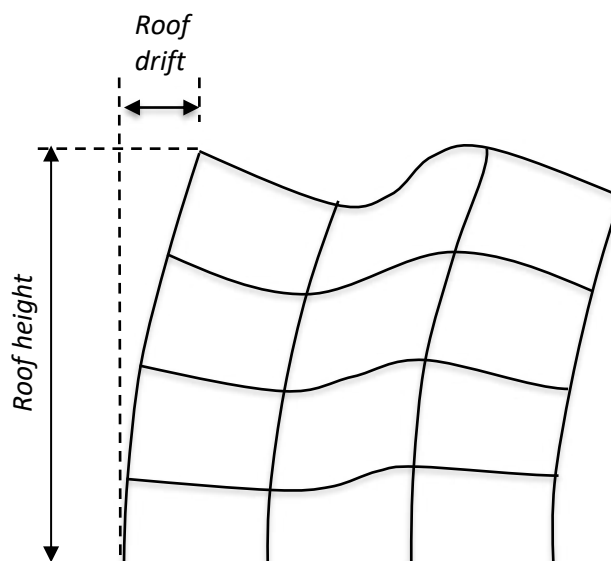
Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Selain struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat	0,025h _{sx}	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	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}

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1 Tabel 20)

2. ATC-40

Level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 ditentukan berdasarkan *roof displacement*. Parameter yang digunakan dalam penentuan level kinerja salah satunya yaitu *maximum total drift*. Nilai *maximum total drift* diambil dari *roof drift ratio* yang tertera pada ATC-40 pasal 11.3.3.

$$\text{Roof drift ratio} = \frac{\text{Roof drift}}{\text{Roof height}} \dots\dots\dots(31)$$



Gambar 10. *Deformation lateral*
(Sumber: ATC-40)

Batasan penentuan level kinerja menurut ATC-40 dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut ini:

Tabel 13. *Deformation Limits Performance Level ATC-40*

Parameter	Performance Level			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Maksimum				
Total Drift	0,01	0,01 – 0,02	0,02	0,33 V_i/P_i

(Sumber: ATC-40 Pasal 11.3.3 Tabel 11-2)

Level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 pasal 3.2.1 dibagi menjadi:

1. *Immediate Occupancy (IO)*

Keadaan bangunan pasca gempa, dimana kerusakan struktural sangat kecil terjadi. Secara keseluruhan, karakteristik dan kapasitas sistem pemikul gaya vertikal-lateral pada struktur masih sama seperti sebelum terjadi gempa. Risiko cedera yang mengancam jiwa dari kegagalan struktural dapat diabaikan. Bangunan aman untuk akses jalan keluar-masuk maupun hunian.

2. *Damage Control (DC)*

Bila terjadi gempa kerusakan yang terjadi diantara *Immediate occupancy* dan *Life safety*.

3. *Life Safety (LS)*

Keadaan struktur dimana kerusakan signifikan pada struktur dimungkinkan terjadi. Struktur masih mampu menahan gaya gempa, sementara cedera selama gempa bumi dapat terjadi, dan risiko cedera yang mengancam jiwa sangat rendah terjadi. Gedung dapat digunakan setelah dilakukan perbaikan.

4. *Structural Stability*

Keadaan struktur pasca gempa, dimana sebagian sampai keseluruhan struktur jatuh. Berpotensi terjadinya degradasi dalam kekakuan dan kekuatan sistem penahan gaya lateral yang signifikan. Risiko cedera yang membahayakan, banyak terjadi baik di dalam maupun di luar gedung. Gempa susulan yang terjadi dapat menyebabkan keruntuhan.

H. Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini dicantumkan beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Manfaat dari penelitian terdahulu yaitu sebagai tolak ukur untuk menulis dan menganalisis suatu penelitian. Adapun penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini adalah:

Tabel 14. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Nilai Yang Diamati	Rekaman Gempa	Hasil
Bayyinah dan Faimun (2017)	<i>Base shear</i> dan <i>simpangan antar tingkat</i> (Studi Kasus: Apartemen, Padang)	Kobe, Tabas, dan Imperial Valley,	1. Gedung aman pada ketiga jenis gempa rencana berdasarkan SNI 1726:2012
Simatupang, dkk (2019)	<i>Displacement</i> dan kinerja stuktur berdasarkan ATC-40 (Studi Kasus: Gedung Keuangan Negara, Kupang)	El Centro	1. <i>Displacement maximum</i> arah X sebesar 0,0123 m dan arah Y sebesar 0,0248 m 2. Level kinerja gedung IO
Andriyanto (2014)	<i>Base shear</i> , simpangan antar tingkat, dan kinerja struktur berdasarkan ATC-40 (Studi Kasus: Hotel 12 lantai, Karanganyar)	El Centro, Chi Chi, Kobe, dan Sumatera	1. Kontrol batas ultimit SNI 1726:2002, gedung tidak aman untuk 6 lantai arah X dan 10 lantai arah Y pada gempa El Centro. Terdapat 1 lantai arah X dan 2 lantai arah Y tidak aman pada gempa Sumatera 2. Kontrol batas layan SNI 1726:2002, gedung tidak aman untuk 6 lantai arah X dan 10 lantai arah Y pada gempa El Centro. Terdapat 1 lantai arah X dan 1 lantai arah Y tidak aman pada gempa Sumatera 3. Level kinerja gedung IO

III. METODE PENELITIAN

A. Tinjauan Umum

Dalam metodologi penelitian mencakup tahap-tahap yang diperlukan untuk melakukan sebuah penelitian secara baik dan benar. Kemudian data-data tersebut dianalisis sehingga diperoleh suatu kesimpulan yang akan dicapai dalam penelitian. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder. Data sekunder adalah data yang berasal dari kajian studi literatur, catatan ataupun buku yang merupakan hasil dari penelitian terdahulu. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data yang bersifat kuantitatif yang diolah dengan bantuan *software* penunjang guna menjawab rumusan masalah. Analisis riwayat waktu yang dilakukan mengacu pada SNI 1726:2019 dengan kinerja struktur berdasarkan ATC-40.

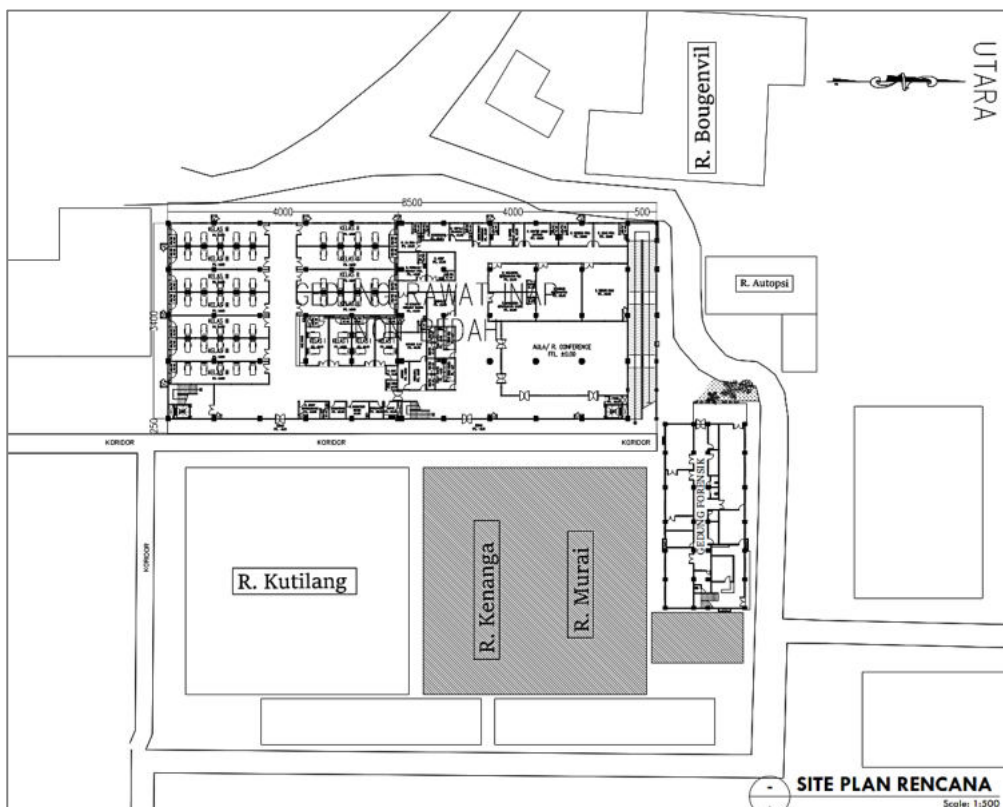
B. Lokasi Penelitian

Lokasi yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek yang terletak di Jl. Dr. Rivai No.6, Penengahan, Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Secara geografis lokasi penelitian berada di 5°24'06,28" LS - 105°15'25,16" BT.

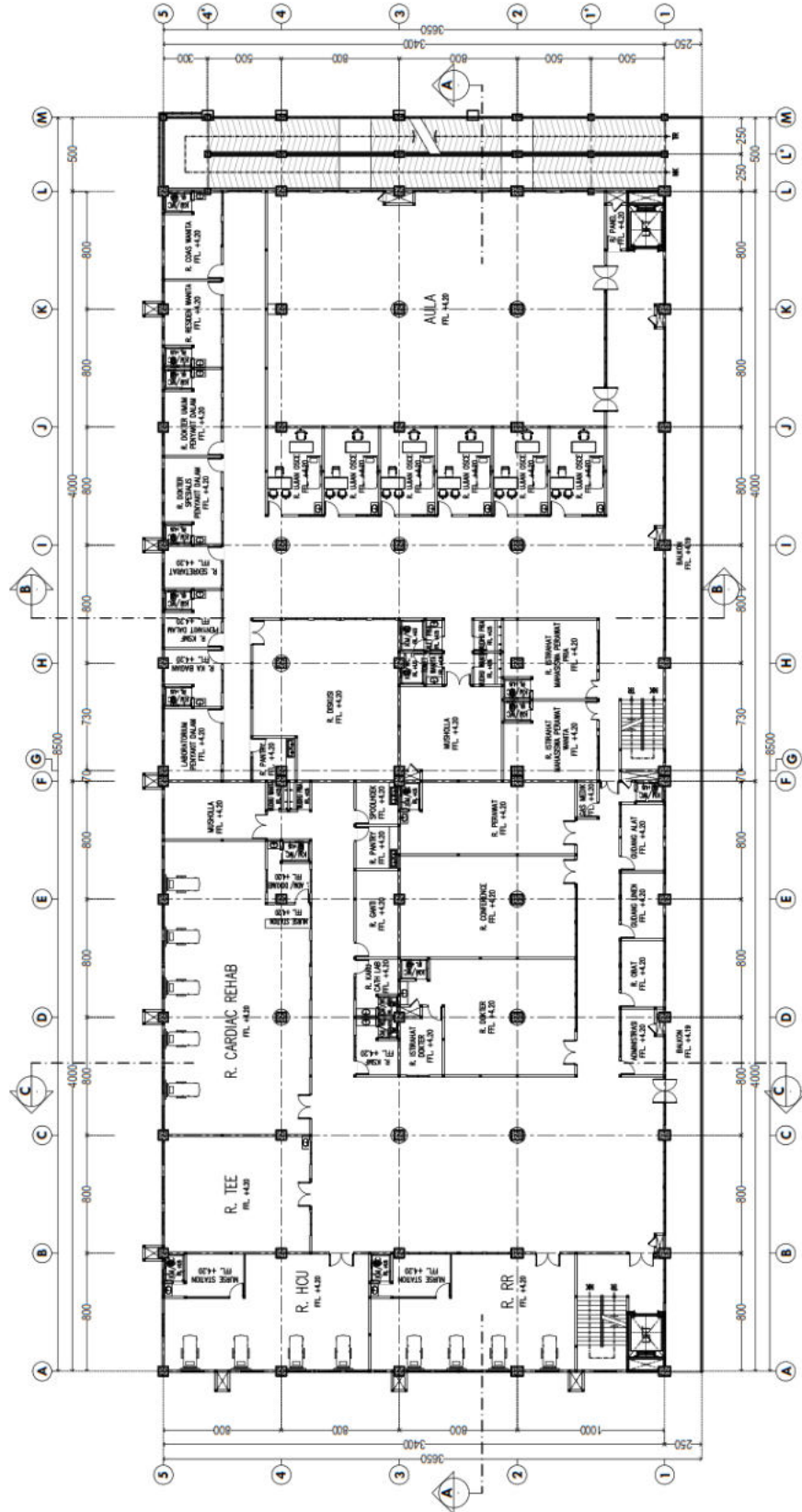


Gambar 11. Lokasi Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. (Sumber: Google Earth)

C. Gambaran Umum Gedung



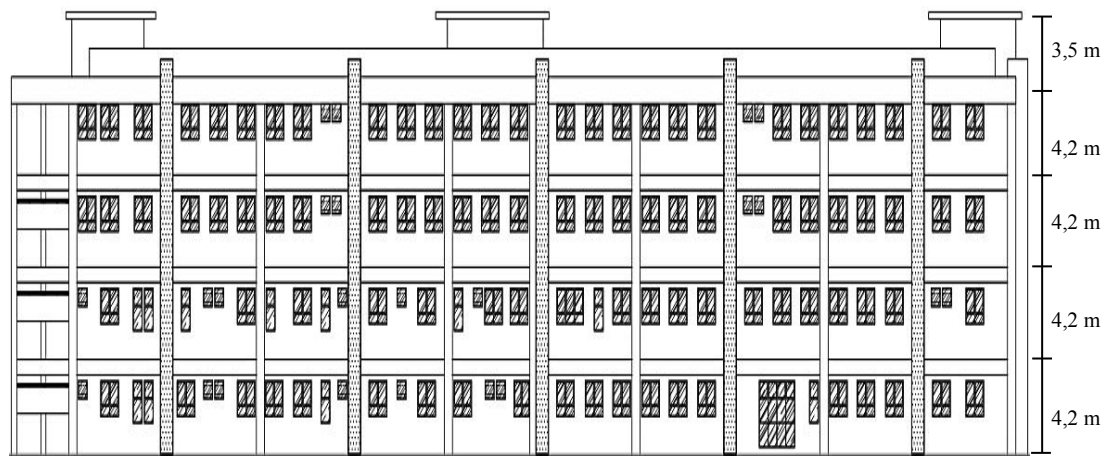
Gambar 12. Siteplan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. (Sumber: PT. ASRI FARIZ JAYA, 2020)



Gambar 13. Denah Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. (Sumber: PT. ASRI FARIZ JAYA, 2020)



Gambar 14. Tampak Depan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. (Sumber: PT. ASRI FARIZ JAYA, 2020)



Gambar 15. Tampak Belakang Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. (Sumber: PT. ASRI FARIZ JAYA, 2020)

Gedung yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai gedung rawat inap dengan dilengkapi berbagai fasilitas penunjang didalamnya. Berdasarkan SNI 1726:2019, untuk gedung rumah sakit termasuk dalam kategori IV dan faktor keutamaan (I_e) adalah 1,5. Klasifikasi jenis tanah diasumsikan dalam jenis tanah sedang (SD). Adapun deskripsi mengenai struktur gedung dijelaskan pada Tabel 15.

Tabel 15. Deskripsi Struktur Gedung

Deskripsi Gedung	Keterangan
Sistem struktur	Sistem ganda
Jumlah lantai	4
Tinggi lantai tipikal	4,2 m
Kedalaman pondasi	8,45 m
Luas gedung	3102,5 m ²

(Sumber: PT. ASRI FARIZ JAYA, 2020)

D. Alat Pendukung Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam pengerjaan yaitu:

1. Laptop

Laptop yang digunakan yaitu HP 14s-dk1006au dengan spesifikasi diantaranya: *processor* AMD Ryzen 3 3250U, SSD 256 GB, RAM 8 GB, dan *operating system* 64 bit.

2. *Software*

a. SAP2000 v. 14.2.2

SAP2000 digunakan untuk memodelkan struktur bangunan serta menganalisis struktur secara *time history*.

b. Seismomatch 2020

Seismomatch digunakan dalam penelitian ini untuk mempermudah dalam penskalaan rekaman gempa. Penskalaan dilakukan agar rekaman gempa aktual yang digunakan cocok terhadap respons spektrum desain. Proses pencocokan dilakukan dengan memasukkan batas periode dan skala yang ditentukan, sampai didapatkan hasil yang konvergen.

c. RSA2019

RSA2019 digunakan untuk mengunduh respons spektrum berdasarkan lokasi yang ditinjau, sesuai ketentuan SNI 1726:2019. *Software* ini digunakan sebagai pengganti *website* www.rsapuskim2019.litbang.pu.go.id.

d. Microsoft Excel

Microsoft excel digunakan untuk mengolah perhitungan maupun data baik yang berasal dari SAP2000 maupun seismomatch, serta perhitungan-perhitungan lain yang mendukung dalam penelitian.

e. Notepad

Notepad digunakan untuk menyimpan dan membuka data hasil dari *software* Seismomatch dan RSA2019.

3. *Website*

a. Google Earth (www.google.com/earth/)

Google earth digunakan untuk menentukan lokasi yang ditinjau beserta koordinatnya.

b. Peer Barkeley (www.peer.berkeley.edu/)

Website yang berasal dari UC Barkeley ini digunakan untuk mengunduh data rekaman gempa aktual. Setelah memasuki *website* ini, kemudian akan diarahkan menuju <https://ngawest2.berkeley.edu/>.

Data rekaman gempa yang akan diunduh dapat ditentukan

berdasarkan berbagai parameter seperti: *magnitude*, wilayah, jarak ke pusat gempa, dan sebagainya.

E. Prosedur Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Melakukan studi literatur

Studi literatur ini berasal dari buku, jurnal, maupun berbagai jenis karya tulis lainnya yang membahas mengenai analisis riwayat waktu (*time history*).

2. Pengumpulan data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder tersebut berupa data struktur, data tanah, serta data rekaman gempa yang didapat dari *website www.peer.berkeley.edu*.

3. Perhitungan pembebanan

Pada tahap ini dilakukan penentuan dan perhitungan jenis beban yang bekerja pada struktur. Beban tersebut berupa: beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

4. Memodelkan struktur gedung

Dalam memodelkan bangunan dengan *software* SAP2000. Adapun input yang dilakukan antara lain: input data struktur, input properti material, dan input pembebanan.

5. Desain respons spektrum

Dalam mempermudah analisis respons spektrum, digunakan *software* RSA2019 sebagai alternatif perhitungan SNI 1726:2019. Dari data rekaman gempa dan respons spektrum kemudian dilakukan penskalaan dibantu dengan *software* Seismomatch.

6. Analisis riwayat waktu

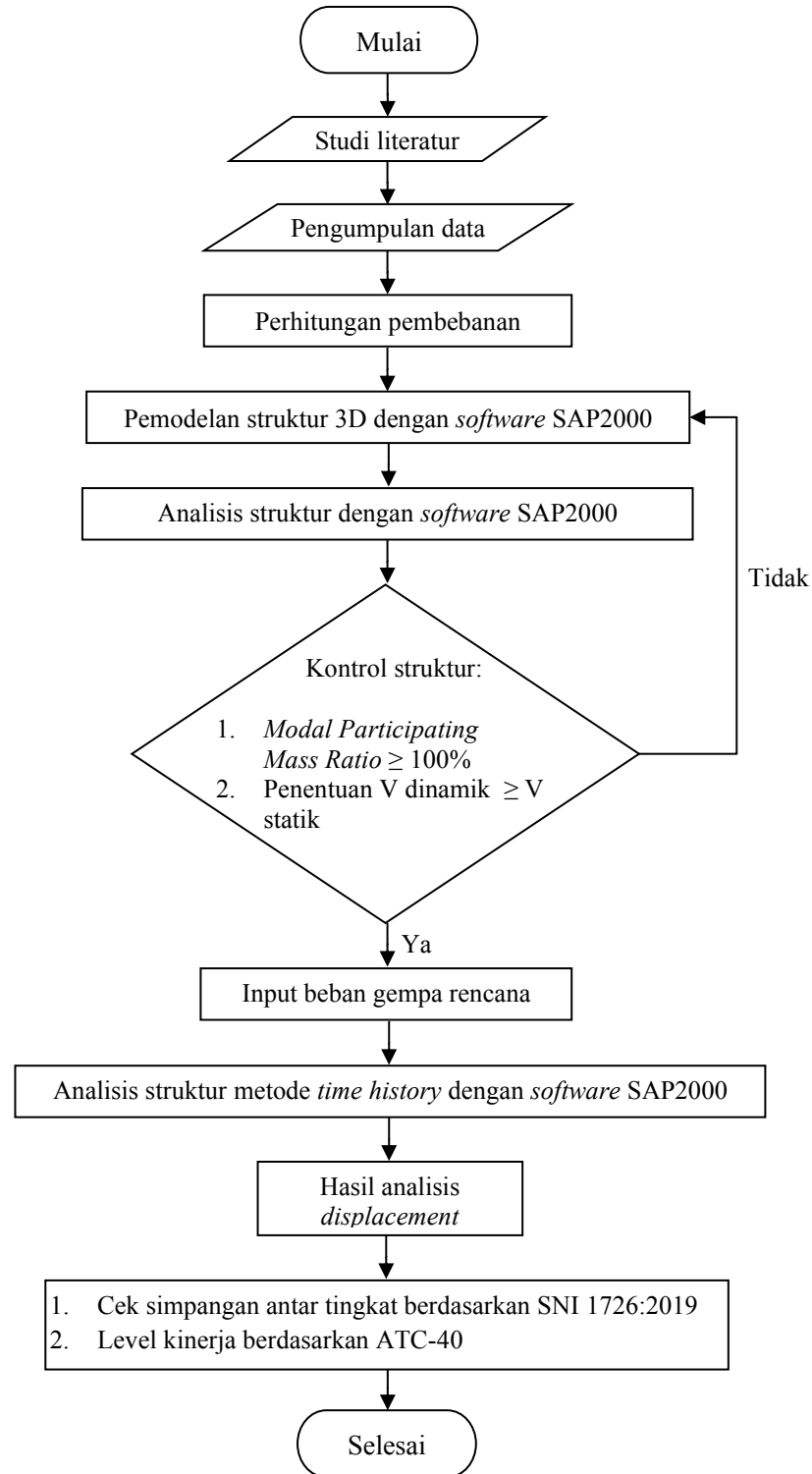
Analisis riwayat waktu dilakukan dengan menginput rekaman gempa kedalam *software* SAP2000. Dalam penelitian ini analisis riwayat waktu yang dilakukan berupa modal linier *time history*.

7. Analisis perilaku dan kinerja struktur

Parameter yang akan ditinjau adalah simpangan antar tingkat dan penentuan level kinerja struktur didasarkan pada ATC-40.

F. Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah pengerjaan yang dilakukan adalah:



Gambar 16. Diagram alir penelitian.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan menggunakan lima gempa masukan yaitu: Imperial Valley 1940, Kobe 1995, Kocaeli 1999, Northridge 1994, dan San Fernando 1971, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontrol simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726:2019
 - a. *Displacement* terbesar terjadi pada lantai atap. Pada arah X terjadi akibat pengaruh gempa San Fernando dengan *displacement* sebesar 35,0518 mm. Pada arah Y disebabkan pengaruh gempa San Fernando sebesar 31,8716 mm.
 - b. Pada lantai 1 - lantai atap didapatkan nilai simpangan antar tingkat \leq simpangan antar tingkat izin yaitu sebesar 48,4615 mm. Simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada gempa San Fernando di lantai 3. Pada arah X, simpangan antar tingkat yang terjadi sebesar 42,1334 mm dan arah Y sebesar 39,6296 mm. Maka, simpangan antar tingkat yang terjadi akibat pengaruh gempa masukan masih dalam kategori aman.

2. Kinerja struktur berdasarkan ATC-40
 - a. *Maximum total drift* yang terjadi untuk kelima gempa masukan pada arah X dan Y $< 0,01$. Sehingga, level kinerja struktur termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO).
 - b. Level kinerja *Immediate Occupancy* merupakan kondisi bangunan pasca gempa dimana kerusakan struktur sangat terbatas untuk terjadi, resiko cedera yang mengancam jiwa dari kegagalan struktur dapat diabaikan, gedung aman untuk jalur masuk-keluar dan hunian, dan gedung dapat langsung dioperasikan kembali.

B. Saran

Adapun saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan rekaman gempa yang berada didekat lokasi yang ditinjau.
2. Perlunya membandingkan hasil analisis metode linier riwayat waktu (*time history*) dengan metode respons spektrum.
3. Menggunakan analisis non linier riwayat waktu (NLTH) untuk mendapatkan perilaku struktur yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. 2017. *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE 7-16)*. Virginia.
- Andriyanto, F. 2014. *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Riwayat Waktu Terhadap Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus: Hotel di Daerah Karanganyar)*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Applied Tecnology Council (ATC)-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buldings Volume 1*. Virginia: Seismic Commission State of California.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2020 Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.
- Bayyinah, DALN; dan Faimun. 2017. *Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan Time History untuk Desain Gedung*. JURNAL TEKNIK ITS. 6(1): C-33-C-38.
- Chopra, KA. 2012. *Dynamic of Structures Theory And Applications To Earthquake Engineering 4/E, Four*. USA: Pearson Education, Inc.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA 451). 2006. *NEHRP Recommended Provisions: Design Examples*. Washington, D.C.: Building Seismic Safety Council of the National Institute of Building Sciences.
- Gallegos, MF; dan Saragoni, GR. 2017. *Analysis of Strong Motion Accelerograph Records of The 16 April 2016 Mw 7,8 Muisne, Ecuador Earthquake*. 16th World Conference on Earthquake Engineering (16WCEE 2017). 1-12.
- Google Earth. <https://earth.google.com/>. Diakses pada 16 September 2020.

- Maulana, HE; Iranata, D; dan Wahyudi, E. 2013. *Analisa Numerik Pada Portal Beton Bertulang Akibat Beban Cyclic*. JURNAL TEKNIK POMITS. 1(1): 1-4.
- PEER Ground Motion Database. <https://ngawest2.berkeley.edu/>. Diakses pada 7 Juli 2020.
- Sari, DAA. 2013. *Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software ETABS V 9.5*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Simatupang, PH; Kaputing, ARP; dan Kumalawati, A. 2019. *Respon Struktur Bangunan Beraturan 2 Dimensi Menggunakan Time History Gempa El-Centro*. Jurnal Teknik Sipil. 8(1): 29-42.
- Sutterstock. <https://www.shutterstock.com/>. Diakses pada 14 Juni 2021.
- Wahjudi, DI. 2017. *Pemilihan dan Pen-skala-an Rekaman Akselerogram Gempa Nyata dengan Spektrum Respons SNI 1726-2012*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil. 15(2): 67-72.
- Wulandari, PE. 2010. *Perilaku Struktur Komposit Bangunan Rumah Sakit Terhadap Respon Dinamik Analisa Riwayat Waktu (Time History) Non Linear*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Yudi, A; Bayzoni; Wirawan, NB; dan Nadeak, R. 2019. *Analisis Perilaku Struktur Beton Dan Baja Dengan Metode Levelling Time History (Studi Kasus Gedung E Itera, Lampung, Indonesia)*. REKAYASA SIPIL. 13(3): 173-183.