

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH GEMPA SUSULAN PADA STRUKTUR
RANGKA BETON BERTULANG DENGAN
KETIDAKBERATURAN VERTIKAL DAN HORIZONTAL**



ARY YUDHISTIRA

NPM: 2017410026

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor:1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG

AGUSTUS 2021

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH GEMPA SUSULAN PADA STRUKTUR
RANGKA BETON BERTULANG DENGAN
KETIDAKBERATURAN VERTIKAL DAN HORIZONTAL**



ARY YUDHISTIRA

NPM: 2017410026

Bandung, 5 Agustus 2021

PEMBIMBING:



Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor:1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021**

SKRIPSI

STUDI PENGARUH GEMPA SUSULAN PADA STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DENGAN KETIDAKBERATURAN VERTIKAL DAN HORIZONTAL



ARY YUDHISTIRA

NPM: 2017410026

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 1: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

PENGUJI 2: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor:1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama Lengkap : Ary Yudhistira

NPM : 2017410026

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Studi Pengaruh Gempa Susulan Pada Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Bandung, Agustus 2021



Ary Yudhistira

2017410026

STUDI PENGARUH GEMPA SUSULAN PADA STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DENGAN KETIDAKBERATURAN VERTIKAL DAN HORIZONTAL

Ary Yudhistira

NPM: 2017410026

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor:1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG

AGUSTUS 2021

ABSTRAK

Seiring berkembangnya penduduk di Indonesia, kebutuhan lahan untuk pembangunan semakin besar. Akibatnya, struktur bangunan harus didesain dengan ketidakberaturan baik ketidakberaturan vertikal maupun horizontal. Terjadinya berbagai kasus gempa bumi seperti gempa Ambon dengan gempa susulan pada tanggal 26 September 2019 mengakibatkan 1.914 rumah rusak parah dan memakan 37 korban jiwa. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini membahas tentang studi pengaruh gempa susulan pada struktur rangka beton bertulang dengan ketidakberaturan vertikal dan horizontal. Pada penelitian ini model struktur dibagi menjadi 4 jenis yaitu bangunan 6 tingkat dan 12 tingkat tanpa *soft story* dan dengan *soft story*. Percepatan rekaman gempa yang digunakan antara lain: gempa El-Centro N-S tahun 1940, gempa Denpasar B-T tahun 1979, gempa Flores tahun 1992, gempa Parkfield N65E tahun 1966, dan gempa Bucharest N-S tahun 1977. Hasil analisis menunjukkan bahwa adanya gempa susulan menimbulkan perilaku yang berbeda. Kegagalan terjadi pada struktur bertingkat 12 yang menerima gempa susulan Parkfield sehingga perlu adanya penambahan tulangan. Pada semua struktur yang hanya mengalami gempa utama, syarat rasio antar tingkat dapat terpenuhi. Rata-rata faktor kuat lebih untuk keempat model berurutan adalah 2,46, 2,58, 3,17, 2,51. Pada struktur yang mengalami gempa susulan juga terjadi penambahan persebaran sendi plastis. Tingkat kinerja struktur setelah gempa susulan masih dalam rentang *immediate Occupancy dan Life Safety*, kecuali untuk struktur 12 lantai yang menerima gempa susulan Parkfield tingkat kinerja melebihi *Collapse Prevention*.

Kata kunci: Gempa susulan, analisis riwayat waktu, *soft story*, sendi plastis.

STUDY ON THE EFFECT OF AFTERSHOCKS ON REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES WITH VERTICAL AND HORIZONTAL IRREGULARITY

Ary Yudhistira

NPM: 2017410026

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING

(Accredited by SK-BAN PT Nomor:1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG

AUGUST 2021

ABSTRACT

As the population in Indonesia grows, the need of land for development is getting bigger. As a result, the structure of building must be designed with both vertical and horizontal irregularities. The occurrence of various cases of earthquakes such as the Ambon earthquake with aftershocks on September 26, 2019 caused 1,914 houses being seriously damaged and taking 37 lives. To these problems, this study discusses about effect of aftershocks on reinforced concrete frame structures with vertical and horizontal irregularities. In this study, the structural model is divided into 4 types, 6 level and 12 level buildings without softstory and with softstory. The earthquake recording acceleration used included: El-Centro N-S 1940, Denpasar W-E 1979, Flores 1992, Parkfield N65E 1966, and Bucharest N-S 1977. The results of analysis show that the aftershocks cause different behavior. The failure occurred in the 12 story structure that received the aftershocks of Parkfield so that additional reinforcement was needed. In all structure that experience only the main earthquake, the requirements for ratios between levels can be met. The average overstrength factor for four models are 2.46, 2.58, 3.17, 2.51. In structure that experience aftershocks shows an increase in the distribution of plastic hinges. The performance level of the structure after the aftershock is still within the range of Immediate Occupancy and Life Safety, except for the 12 stories structure which received parkfield aftershocks, the performance level exceeded Collapse Prevention.

Keywords: Aftershocks, Time history analysis, Soft story, Plastic hinges.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Pengaruh Gempa Susulan Pada Struktur Rangka Beton Bertulang Dengan Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal. Skripsi ini merupakan salah satu syarat lulus program sarjana di program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penulisan skripsi ini, banyak sekali hambatan yang dialami oleh penulis. Akan tetapi, penulis sangat bersyukur atas hadirnya orang-orang yang sangat membantu penulis untuk mengatasi berbagai hambatan tersebut. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Papa Ir. Dedy Soedarmo, Mama Sioe Ling, Jeje Lisa Yuliana, S.E., Koko Fery Armando S.T., M.M. yang selalu memberi dukungan dalam berbagai bentuk dan dalam berbagai situasi dan kondisi.
2. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendampingi penulis dalam proses menyusun skripsi ini.
3. Seluruh dosen KBI Struktur Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik, masukan, dan sarannya.
4. Jessica Renata yang menjadi salah satu motivasi penulis untuk terus berkembang menjadi lebih baik.
5. Tan Leonardo Yonatan selaku *brother* yang selalu mengingatkan tentang hal-hal buruk yang dialami penulis sebagai acuan untuk masa depan.
6. Ko Yosef Huntaryo selaku senior yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Renata Digmandala dan Marcelo Stefano yang telah mendampingi saat penulis sedang tidak memiliki motivasi hidup.
8. Andrew Christian, Christopher Hans, Juan Sunandar, Kevin Joseph, Grace Tiffany, dan Patricia Mayasari yang telah memberikan *support* baik berupa material maupun moral kepada penulis.

9. Kevin Martandi, Vincent Pratama, Riyanti Teresa, Reinaldo Prana, dan Stanislaus Patrik Orlando sebagai teman kos yang menemani penulis selama masa perkuliahan.
10. Teman-teman Swiki Charlie yaitu: Benjamin Soerja, Charles Maxwilliem, Davit Milano, Demo Mulana, Edu, Ivan, Julianus Indrawan, Kimi Samuel, Mikha Tjhai, Reggie Hariadi, Rio Samuel, dan Yitzhak Andana yang telah memberi dukungan selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Yitzhak Evan, Tan Jason, dan Budi Setiawan.
12. Sipil Unpar 2017, Masyarakat Sipil, KEKL Sipil Unpar, dan juga seluruh keluarga besar KEKL Bandung yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan, dan ketidaksempurnaan yang dilakukan selama proses penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik.

Bandung, Agustus 2021

Ary Yudhistira

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penulisan.....	1-2
1.4 Batasan Masalah.....	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-8
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-10
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1 Gempa Bumi	2-1
2.1.1 Gempa Tektonik	2-2
2.1.2 Gempa Vulkanik.....	2-2
2.1.3 Gempa Runtuhan	2-2
2.2 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung berdasarkan SNI 1726:2019	2-2
2.2.1 Gempa Rencana.....	2-2
2.2.2 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan... ..	2-3
2.2.3 Kombinasi Pembebanan Dasar	2-3

2.2.4 Kombinasi Pembebanan dengan Pengaruh Beban Seismik.....	2-4
2.2.5 Prosedur Klasifikasi Situs.....	2-4
2.2.6 Parameter percepatan terpetakan	2-5
2.2.7 Koefisien situs dan parameter-parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_r)	2-5
2.2.8 Parameter percepatan spektral desain	2-6
2.2.9 Kategori desain seismik.....	2-7
2.2.10 Sistem struktur	2-8
2.2.11 Faktor Redundansi	2-9
2.2.12 Ketidakberaturan Horizontal	2-10
2.2.13 Ketidakberaturan Vertikal	2-12
2.2.14 Kombinasi pengaruh beban seismik	2-14
2.2.15 Pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih	2-15
2.2.16 Penentuan periode.....	2-16
2.2.17 Gaya lateral ekivalen	2-16
2.2.18 Torsi bawaan.....	2-17
2.2.19 Torsi tak terduga.....	2-17
2.2.20 Perbesaran momen tak terduga.....	2-18
2.2.21 Penentuan simpangan antar tingkat	2-19
2.2.22 Pengaruh P-delta.....	2-21
2.2.23 Jumlah ragam.....	2-21
2.2.24 Penskalaan gaya.....	2-21
2.3 SNI 1727: 2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain	2-22
2.3.1 Beban Mati.....	2-22
2.3.2 Beban Hidup	2-22
2.3.3 Beban Gempa.....	2-22

2.4 SNI 2847: 2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung	2-22
2.4.1 Desain awal pelat dua arah	2-22
2.4.2 Konstruksi balok T	2-23
2.4.3 Desain awal kolom	2-24
2.4.4 Persyaratan selimut beton	2-24
2.5 Perilaku nonlinear struktur	2-25
2.6 Analisis Riwayat Waktu	2-28
2.6.1 Rekaman percepatan tanah akibat gempa.....	2-29
2.6.2 Penskalaan percepatan gempa	2-31
2.6.3 Metode Integrasi	2-31
2.6.4 Redaman Rayleigh.....	2-34
2.7 Sendi Plastis	2-35
2.8 Tingkat Kinerja Struktur	2-36
BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR	3-1
3.1 Data Bangunan	3-1
3.1.1 Data Struktur.....	3-1
3.1.2 Data Material	3-1
3.2 Pembebanan	3-2
3.2.1 Berat sendiri Struktur.....	3-2
3.2.2 Beban mati tambahan	3-2
3.2.3 Beban hidup	3-2
3.2.4 Beban gempa	3-2
3.3 Kombinasi Pembebanan	3-3
3.4 Perhitungan Dimensi dan Penulangan Elemen Struktur	3-4
3.5 Analisis Riwayat Waktu.....	3-11
3.6 Pemodelan Sendi Plastis.....	3-13

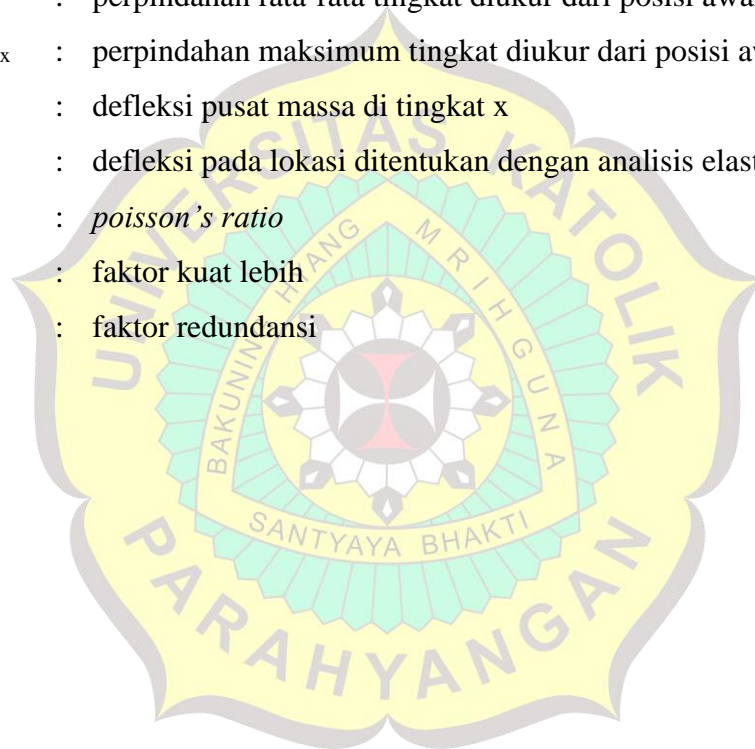
BAB 4 Analisa data dan pembahasan	4-1
4.1 Pemeriksaan Struktur Kondisi Elastis	4-1
4.1.1 Bangunan A	4-1
4.1.2 Bangunan B	4-8
4.1.3 Bangunan C	4-15
4.1.4 Bangunan D	4-22
4.2 Respons Inelastis Struktur	4-29
4.2.1 Bangunan A	4-30
4.2.2 Bangunan B	4-37
4.2.3 Bangunan C	4-48
4.2.4 Bangunan D	4-55
BAB 5 Kesimpulan	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN 1	L1
LAMPIRAN 2	L2
LAMPIRAN 3	L3

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Ag	:	luas bruto penampang beton
ASCE	:	<i>American Society of Civil Engineer</i>
Ast	:	luas total tulangan longitudinal non-prategang
Ash	:	luas penampang total tulangan transversal (termasuk kait silang)
b_w	:	lebar badan penampang persegi
C	:	panjang sisi kolom
C_d	:	faktor amplifikasi defleksi
CP	:	<i>Collapse Prevention</i>
C_s	:	koefisien respons seismik
C_u	:	koefisien untuk batas atas perioda
d	:	tinggi efektif komponen struktur
E	:	modulus elastisitas
E_h	:	pengaruh beban gempa horizontal
E_v	:	pengaruh beban gempa vertikal
F_a	:	koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)
f_c'	:	kuat tekan beton
F_v	:	koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)
f_y	:	tegangan leleh material baja
g	:	percepatan gravitasi
h_i	:	tinggi lantai pada tingkat ke i
h_n	:	ketinggian struktur
h_{sx}	:	tinggi tingkat di bawah tingkat x
I_e	:	faktor keutamaan gempa
IO	:	<i>Immediate Occupancy</i>
KDS	:	Kategori Desain Seismik
l_n	:	bentang bersih
LS	:	<i>Life Safety</i>
MCE_R	:	<i>Risk Targeted Maximum Considered Earthquake</i>

P_u	:	beban aksial yang terjadi
Q_E	:	pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p . Pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain
R	:	koefisien modifikasi respons
S_a	:	<i>Spectral Acceleration</i>
S_{DS}	:	parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek, redaman 5 persen
S_{D1}	:	parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik, redaman 5 persen
S_{MS}	:	parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{M1}	:	parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SRPMK	:	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus
S_s	:	parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen
S_1	:	parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen
T	:	periode fundamental bangunan
T_s, T_0	:	parameter perioda untuk respons spektrum desain elastik
V, V_s	:	gaya geser dasar seismik statik
V_{dyn}	:	gaya geser dasar seismik dinamik
W	:	berat seismik efektif
W_i	:	massa lantai pada tingkat ke i
z_i	:	ketinggian lantai hingga tingkat ke i diukur dari elevasi dasar

- α_f : rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang di sebelahnya (jika ada) pada setiap sisi balok
- α_{fm} : nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel
- β : rasio dimensi panjang terhadap pendek: bentang bersih untuk pelat dua arah
- Δ : simpangan antar lantai tingkat desain
- Δ_{izin} : simpangan antar lantai yang diijinkan
- $\delta_{avg}, \Delta_{avg}$: perpindahan rata-rata tingkat diukur dari posisi awal
- $\delta_{max}, \Delta_{max}$: perpindahan maksimum tingkat diukur dari posisi awal
- δ_x : defleksi pusat massa di tingkat x
- δ_{xe} : defleksi pada lokasi ditentukan dengan analisis elastis
- μ : *poisson's ratio*
- Ω_0 : faktor kuat lebih
- ρ : faktor redundansi



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Denah Struktur Bangunan A	1-3
Gambar 1-2 Pemodelan 3D Struktur Bangunan A.....	1-4
Gambar 1-3 Denah Struktur Bangunan B	1-4
Gambar 1-4 Pemodelan 3D Struktur Bangunan B	1-5
Gambar 1-5 Denah Struktur Bangunan C	1-5
Gambar 1-6 Pemodelan 3D Struktur Bangunan C	1-6
Gambar 1-7 Denah Struktur Bangunan D	1-6
Gambar 1-8 Pemodelan 3D Struktur Bangunan D.....	1-7
Gambar 2-1 Gempa susulan Nepal (sumber: Open Journal of Earthquake Research July 2017).....	2-1
Gambar 2-2 Grafik Respon Spektrum (sumber: Gambar 3 SNI 1726:2019).....	2-7
Gambar 2-3 (a) Ketidakberaturan Torsi (b) Ketidakberaturan Torsi Berlebih.	2-10
Gambar 2-4 Ketidakberaturan Sudut Dalam	2-11
Gambar 2-5 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma.....	2-11
Gambar 2-6 Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	2-11
Gambar 2-7 Ketidakberaturan Sistem Nonpararel	2-12
Gambar 2-8 (a) Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (b) Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebih	2-12
Gambar 2-9 Ketidakberaturan Massa	2-13
Gambar 2-10 Ketidakberaturan Geometri Vertikal.....	2-13
Gambar 2-11 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral	2-13
Gambar 2-12 (a) Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat (b) Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Berlebih Pada Kekuatan Lateral Tingkat.....	2-14
Gambar 2-13 Faktor pembesaran torsi A_x (sumber: Gambar 9 SNI 1726:2019).	2-19
Gambar 2-14 Besar simpangan antar tingkat (sumber: Gambar 10 SNI 1726:2019)	2-20

Gambar 2-15 Contoh bagian dari pelat yang diikutkan dengan balok untuk desain torsi (sumber: Gambar R8.4.1.8 SNI 2847:2019).....	2-23
Gambar 2-16 Tinggi minimum balok non prategang (sumber: Tabel 9.3.1.1 SNI 2847:2019)	2-24
Gambar 2-17 Kurva elastic (sumber: ETABS 2016)	2-26
Gambar 2-18 Kurva kinematic (sumber: ETABS 2016).....	2-27
Gambar 2-19 Kurva Concrete dengan degrading sebesar 0,7 (sumber: ETABS 2016)	2-27
Gambar 2-20 Kurva Takeda	2-28
Gambar 2-21 Rekaman Percepatan Gempa El-Centro N-S tahun 1940.....	2-30
Gambar 2-22 Rekaman Percepatan Gempa Denpasar B-T tahun 1979	2-30
Gambar 2-23 Rekaman Percepatan Gempa Flores tahun 1992.....	2-30
Gambar 2-24 Rekaman Percepatan Gempa Parkfield N65E tahun 1966.....	2-30
Gambar 2-25 Rekaman Percepatan Gempa Bucharest N-S tahun 1977	2-31
Gambar 2-26 Ilustrasi Redaman Rayleigh (sumber: FEMA 750 Figure C16.1.1)	2-35
Gambar 2-27 Ilustrasi keruntuhan ideal suatu gedung	2-35
Gambar 2-28 Kinerja struktur terhadap gaya geser dan perpindahan	2-36
Gambar 3-1 Grafik Respon Spektrum Kota Bandung.....	3-3
Gambar 3-2 Percepatan Tanah Dasar Akibat Gempa utama dan susulan El-Centro	3-12
Gambar 3-3 Percepatan Tanah Dasar Akibat Gempa utama dan susulan Flores . 3-12	
Gambar 3-4 Percepatan Tanah Dasar Akibat Gempa utama dan susulan Denpasar	3-12
Gambar 3-5 Percepatan Tanah Dasar Akibat Gempa utama dan susulan Parkfield	3-13
Gambar 3-6 Percepatan Tanah Dasar Akibat Gempa utama dan susulan Bucharest	3-13
Gambar 3-7 Pemodelan Sendi Plastis Struktur Bangunan A	3-14
Gambar 3-8 Pemodelan Sendi Plastis Struktur Bangunan B	3-15
Gambar 3-9 Pemodelan Sendi Plastis Struktur Bangunan C	3-16

Gambar 3-10 Pemodelan Sendi Plastis Struktur Bangunan D	3-17
Gambar 4-1 Grafik Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan A	4-3
Gambar 4-2 Grafik Hasil Perhitungan P-delta Bangunan A	4-4
Gambar 4-3 Grafik Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan B.....	4-10
Gambar 4-4 Grafik Hasil Perhitungan Pdelta Bangunan B.....	4-11
Gambar 4-5 Grafik Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan C.....	4-17
Gambar 4-6 Grafik Hasil Perhitungan Pdelta Bangunan C.....	4-18
Gambar 4-7 Grafik Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan D	4-24
Gambar 4-8 Grafik Hasil Perhitungan Pdelta Bangunan D	4-25
Gambar 4-9 Grafik Simpangan Maksimum Bangunan A tanpa gempa susulan.	4-31
Gambar 4-10 Grafik Simpangan Maksimum Bangunan A dengan gempa susulan	4-31
Gambar 4-11 Grafik Rasio Simpangan Antar Tingkat Bangunan A tanpa gempa susulan.....	4-33
Gambar 4-12 Grafik Rasio Simpangan Antar Tingkat Bangunan A dengan gempa susulan.....	4-33
Gambar 4-13 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Elcentro tanpa gempa susulan(b) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Elcentro dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-34
Gambar 4-14 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Flores tanpa gempa susulan(b) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Flores dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-35
Gambar 4-15 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Denpasar tanpa gempa susulan(b) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Denpasar dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-35
Gambar 4-16 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Parkfield tanpa gempa susulan(b) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Parkfield dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-35
Gambar 4-17 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Bucharest tanpa gempa susulan(b) Persebaran Sendi Plastis Bangunan A Akibat Gempa Bucharest dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-36

Gambar 4-18 Grafik Simpangan Maksimum Bangunan B tanpa gempa susulan	4-38
Gambar 4-19 Grafik Simpangan Maksimum Bangunan B dengan gempa susulan	4-38
Gambar 4-20 Grafik simpangan antar lantai bangunan B tanpa gempa susulan..	4-41
Gambar 4-21 Grafik simpangan antar lantai bangunan B dengan gempa susulan	4-42
Gambar 4-22 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa Flores tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Pada Gempa Flores dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-43
Gambar 4-23 (a)Persebaran Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa El Centro tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Pada Gempa El Centro dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-43
Gambar 4-24 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa Denpasar tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa Denpasar dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-44
Gambar 4-25 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa Parkfield tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Pada Gempa Parkfield Bangunan B dengan gempa susulan sebesar 0,7 Sa	4-44
Gambar 4-26 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa Parkfield sebelum penambahan tulangan (b) Sendi Plastis Pada Gempa Bucharest sebelum penambahan tulangan	4-45
Gambar 4-27 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan B Pada Gempa Bucharest tanpa gempa susulan (b) Sendi Plastis Pada Gempa Bucharest dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-45
Gambar 4-28 Simpangan Maksimum Bangunan C tanpa gempa susulan	4-49
Gambar 4-29 Simpangan Maksimum Bangunan C dengan gempa susulan	4-49
Gambar 4-30 Grafik Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan C dengan gempa susulan	4-51
Gambar 4-31 Grafik Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan C dengan gempa susulan	4-51

Gambar 4-32 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan C pada gempa El-centro tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan C pada gempa El-centro dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-52
Gambar 4-33 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan C pada gempa Flores tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan C Pada gempa Flores dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-53
Gambar 4-34 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan C pada gempa Denpasar tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Pada Gempa Denpasar dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-53
Gambar 4-35 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan C Pada Gempa Parkfield tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan C Pada Gempa Parkfield dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-53
Gambar 4-36 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan C pada gempa Bucharest tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan C Pada Gempa Bucharest dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-54
Gambar 4-37 Simpangan Maksimum Bangunan D tanpa gempa susulan	4-56
Gambar 4-38 Simpangan Maksimum Bangunan D dengan gempa susulan	4-56
Gambar 4-39 Grafik Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan D tanpa gempa susulan.....	4-58
Gambar 4-40 Grafik Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan D tanpa gempa susulan.....	4-59
Gambar 4-41 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa El-Centro tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa El-Centro dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa	4-61
Gambar 4-42 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa Flores tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa Flores dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.....	4-62
Gambar 4-43 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa Denpasar tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa Denpasar dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa.	4-62

Gambar 4-44 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan D Pada Gempa Parkfield tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Pada Gempa Parkfield dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa..... 4-63

Gambar 4-45 (a) Persebaran Sendi Plastis Bangunan D pada Gempa Bucharest tanpa gempa susulan(b) Sendi Plastis Pada Gempa Bucharest dengan gempa susulan sebesar 0,9 Sa..... 4-63

Gambar 4-46 (a)Persebaran Sendi Plastis Bangunan D pada gempa Parkfield Setelah ditambah tulangan (b) Persebaran Sendi Plastis Bangunan D pada Gempa Denpasar Setelah ditambah tulangan 4-64



DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Kategori Risiko (sumber: Tabel 3 SNI 1726:2019).....	2-3
Tabel 2-2 Faktor Keutamaan Gempa (sumber: Tabel 4 SNI 1726:2019).....	2-3
Tabel 2-3 Klasifikasi Situs (sumber: Tabel 5 SNI 1726:2019).....	2-5
Tabel 2-4 Koefisien F_a (sumber: Tabel 6 SNI 1726:2019)	2-6
Tabel 2-5 Koefisien F_v (sumber: Tabel 7 SNI 1726:2019)	2-6
Tabel 2-6 Koefisien Desain Seismik berdasarkan S_{DS} (sumber: Tabel 8 SNI 1726:2019)	2-8
Tabel 2-7 Koefisien Desain Seismik berdasarkan S_{D1} (sumber: Tabel 9 SNI 1726:2019)	2-8
Tabel 2-8 Sistem Pemikul Gaya Seismik (sumber: Tabel 3 SNI 1726:2019).....	2-9
Tabel 2-9 Persyaratan untuk masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar	2-9
Tabel 2-10 Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung (sumber: Tabel 17 SNI 1726:2019).....	2-16
Tabel 2-11 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x (sumber: Tabel 18 SNI 1726:2019)	2-16
Tabel 2-12 Penentuan batas rasio simpangan antar tingkat	2-20
Tabel 2-13 <i>Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm) (sumber: Tabel 8.3.1.1 SNI 2847:2019)</i>	2-22
Tabel 2-14 <i>Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya (sumber: Tabel 8.3.1.2 SNI 2847:2019)</i> .	2-23
Tabel 2-15 Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat. (sumber: Tabel 20.6.1.3.1 SNI 2847:2019)	2-25
Tabel 2-16 Penilaian tingkat kinerja Struktur menurut ASCE 4-13	2-37
Tabel 3-1 Beban Mati Tambahan	3-2
Tabel 3-2 Parameter Respon Spektrum.....	3-3
Tabel 3-3 Kombinasi Pembebanan	3-4
Tabel 3-4 Perhitungan Dimensi Struktur Bangunan A	3-5
Tabel 3-5 Perhitungan Tulangan Balok Struktur Bangunan A	3-5
Tabel 3-6 Perhitungan Tulangan Kolom Struktur Bangunan A.....	3-6

Tabel 3-7 Perhitungan Dimensi Struktur Bangunan B.....	3-6
Tabel 3-8 Perhitungan Tulangan Balok Struktur Bangunan B.....	3-7
Tabel 3-9 Perhitungan Tulangan Kolom Struktur Bangunan B.....	3-7
Tabel 3-10 Perhitungan Dimensi Struktur Bangunan C.....	3-8
Tabel 3-11 Perhitungan Penulangan Balok Struktur Bangunan C.....	3-8
Tabel 3-12 Perhitungan Tulangan Kolom Struktur Bangunan C.....	3-9
Tabel 3-13 Perhitungan Dimensi Struktur Bangunan D.....	3-9
Tabel 3-14 Perhitungan Penulangan Balok Struktur Bangunan D.....	3-10
Tabel 3-15 Perhitungan Tulangan Kolom Struktur Bangunan D.....	3-11
Tabel 4-1 Data Massa Struktur.....	4-1
Tabel 4-2 Periode dan Ragam getar Bangunan A.....	4-2
Tabel 4-3 Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan A.....	4-2
Tabel 4-4 Pemeriksaan P-delta Bangunan A.....	4-3
Tabel 4-5 Pemeriksaan Ketidakberaturan Torsi Bangunan A.....	4-4
Tabel 4-6 Pemeriksaan Ketidakberaturan Sudut Dalam Bangunan A.....	4-5
Tabel 4-7 Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak Bangunan A.....	4-6
Tabel 4-8 Pemeriksaan Ketidakberaturan Massa Bangunan A.....	4-6
Tabel 4-9 Pemeriksaan Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat Struktur Bangunan A.....	4-7
Tabel 4-10 Data Massa Struktur.....	4-8
Tabel 4-11 Periode dan Ragam getar Bangunan B.....	4-8
Tabel 4-12 Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan B.....	4-9
Tabel 4-13 Pemeriksaan P delta Bangunan B.....	4-10
Tabel 4-14 Pemeriksaan Ketidakberaturan Torsi Bangunan B.....	4-11
Tabel 4-15 Pemeriksaan Ketidakberaturan Sudut Dalam Bangunan B.....	4-12
Tabel 4-16 Pemeriksaan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Bangunan B.....	4-13
Tabel 4-17 Pemeriksaan Ketidakberaturan Berat (Massa) Bangunan B.....	4-14
Tabel 4-18 Pemeriksaan Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat Struktur Bangunan B.....	4-15
Tabel 4-19 Data Massa Struktur Bangunan C.....	4-15

Tabel 4-20 Periode dan Ragam getar Bangunan C	4-16
Tabel 4-21 Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan C.....	4-17
Tabel 4-22 Pemeriksaan P delta bangunan C.....	4-17
Tabel 4-23 Pemeriksaan Ketidakberaturan Torsi Bangunan C.....	4-18
Tabel 4-24 Pemeriksaan Ketidakberaturan Sudut Dalam Bangunan C	4-19
Tabel 4-25 Pemeriksaan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Bangunan C	4-20
Tabel 4-26 Pemeriksaan Ketidakberaturan Berat (Massa) Bangunan C.....	4-20
Tabel 4-27 Pemeriksaan Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat Struktur Bangunan C.....	4-21
Tabel 4-28 Data Massa Struktur Bangunan D	4-22
Tabel 4-29 Periode dan Ragam Getar Bangunan D	4-22
Tabel 4-30 Hasil Simpangan Antar Lantai Bangunan D.....	4-23
Tabel 4-31 Pemeriksaan P delta bangunan D.....	4-24
Tabel 4-32 Analisa Ketidakberaturan Torsi Bangunan D.....	4-25
Tabel 4-33 Pemeriksaan Ketidakberaturan Sudut Dalam Bangunan D	4-26
Tabel 4-34 Pemeriksaan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Bangunan D	4-27
Tabel 4-35 Tabel Pemeriksaan Ketidakberaturan Berat (Massa) Bangunan D.	4-28
Tabel 4-36 Pemeriksaan Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat Struktur Bangunan D.....	4-29
Tabel 4-37 Peralihan Maksimum Bangunan A tanpa gempa susulan.....	4-30
Tabel 4-38 Peralihan Maksimum Bangunan A dengan gempa susulan	4-30
Tabel 4-39 Persentase Perbedaan Simpangan tanpa gempa susulan dan dengan gempa susulan.....	4-31
Tabel 4-40 Rasio Simpangan Antar Tingkat Bangunan A tanpa gempa susulan .	4-32
Tabel 4-41 Rasio Simpangan Antar Tingkat Bangunan A dengan gempa susulan	4-32
Tabel 4-42 Perhitungan Ω_0 Struktur Bangunan A.....	4-34
Tabel 4-43 Rotasi Sendi Plastis Bangunan A tanpa gempa susulan	4-36
Tabel 4-44 Rotasi Sendi Plastis Bangunan A dengan gempa susulan	4-36

Tabel 4-45 Peralihan Maksimum Bangunan B tanpa gempa susulan	4-37
Tabel 4-46 Peralihan Maksimum Bangunan B dengan gempa susulan	4-37
Tabel 4-47 Persentase Perbedaan Simpangan tanpa gempa susulan dan dengan gempa susulan	4-38
Tabel 4-48 Peralihan maksimum lantai bangunan B setelah penambahan tulangan	4-39
Tabel 4-49 Rasio simpangan antar lantai bangunan B setelah penambahan tulangan	4-40
Tabel 4-50 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan B tanpa gempa susulan	4-40
Tabel 4-51 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan B dengan gempa susulan .	4-41
Tabel 4-52 Perhitungan Ω_0 Struktur Bangunan B	4-42
Tabel 4-53 Rotasi Sendi Plastis Terbesar Bangunan B tanpa gempa susulan...	4-46
Tabel 4-54 Rotasi Sendi Plastis Terbesar Bangunan B dengan gempa susulan	4-46
Tabel 4-55 Rotasi Sendi Plastis Terbesar Bangunan B Setelah Penambahan Tulangan	4-47
Tabel 4-56 Peralihan Maksimum Bangunan C tanpa gempa susulan	4-48
Tabel 4-57 Peralihan Maksimum Bangunan C dengan gempa susulan	4-48
Tabel 4-58 Persentase Perbedaan Simpangan Tanpa gempa susulan dan dengan gempa susulan	4-49
Tabel 4-59 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan C tanpa gempa susulan	4-50
Tabel 4-60 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan C dengan gempa susulan .	4-50
Tabel 4-61 Perhitungan Ω_0 Struktur Bangunan C	4-52
Tabel 4-62 Rotasi Sendi Plastis Bangunan C tanpa gempa susulan	4-54
Tabel 4-63 Rotasi Sendi Plastis Bangunan C dengan gempa susulan.....	4-54
Tabel 4-64 Peralihan Maksimum Bangunan D tanpa gempa susulan.....	4-55
Tabel 4-65 Peralihan Maksimum Bangunan D dengan gempa susulan.....	4-55
Tabel 4-66 Persentase Perbedaan Simpangan Bangunan D tanpa gempa susulan dan dengan gempa susulan.....	4-56
Tabel 4-67 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan D tanpa gempa susulan	4-57

Tabel 4-68 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan D dengan gempa susulan. 4-58

Tabel 4-69 Peralihan Maksimum Bangunan D Setelah Penambahan Tulangan 4-59

Tabel 4-70 Rasio Simpangan Bangunan D Setelah Penambahan Tulangan 4-60

Tabel 4-71 Perhitungan Ω_0 Struktur Bangunan D..... 4-60

Tabel 4-72 Rotasi sendi plastis Bangunan D tanpa gempa susulan 4-64

Tabel 4-73 Rotasi sendi plastis Bangunan D dengan gempa susulan 4-65

Tabel 4-74 Rotasi Sendi Plastis Dengan Gempa Susulan setelah penambahan tulangan..... 4-66



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), perkiraan jumlah penduduk di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 271,1 juta jiwa atau bertambah 10 juta dari jumlah penduduk tahun sebelumnya. Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, kebutuhan lahan untuk pembangunan tempat tinggal, kantor, mall, dan bangunan lain akan semakin besar. Akibat jumlah lahan yang semakin sedikit, para perencana memberikan solusi dengan mendesain bangunan bertingkat yang dapat menampung banyak orang. Bangunan-bangunan di Indonesia banyak terbuat dari beton, baja, dan kayu. Bangunan yang terbuat dari beton cenderung tahan lama dan tidak mudah terbakar, akan tetapi beton tidak kuat menahan beban tarik. Struktur bangunan yang terbuat dari baja tahan terhadap beban tarik dan bersifat lebih homogen dibandingkan kayu dan beton. Terlepas dari kelebihanannya, struktur baja memiliki kekurangan yaitu tidak tahan terhadap korosi dan biayanya mahal. Bangunan yang terbuat dari kayu memiliki kelebihan unsur keindahan secara alami, tetapi mempunyai sifat higroskopis dan terpengaruh oleh kelembaban udara dan terbatas tinggi tingkatnya. Pada umumnya bangunan bertingkat di Indonesia masih menggunakan struktur beton bertulang.

Jumlah lahan yang terbatas juga mengakibatkan bangunan memiliki bentuk yang tidak beraturan. Pada peraturan SNI 1726:2019, ketidakberaturan struktur dibagi menjadi dua yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Ketidakberaturan horizontal dapat disebabkan oleh lahan yang kurang sehingga bentuk denah bangunan menjadi tidak beraturan. Ketidakberaturan denah tersebut dapat mengakibatkan posisi kolom, balok, dan dinding geser menjadi tidak beraturan. Selain itu, adanya void atau lubang pada bangunan untuk memenuhi fungsi arsitektur juga dapat mengakibatkan ketidakberaturan horizontal pada bangunan. Ketidakberaturan vertikal biasanya terjadi akibat suatu bangunan didesain untuk memenuhi fungsi tertentu. *Soft story* merupakan salah satu contoh ketidakberaturan vertikal. *Soft story* terjadi karena kekakuan struktur pada lantai tertentu lebih rendah dan tidak memenuhi kriteria yang disyaratkan. Selain itu

ketidakberaturan vertikal juga disebabkan karena adanya kasus seperti beban ruang auditorium yang menyebabkan ketidakberaturan massa antar tingkat pada suatu bangunan.

Selain mempertimbangkan ketidakberaturan yang dimiliki oleh suatu gedung, para perencana juga harus memperhatikan perilaku gedung tersebut terhadap beban gempa karena Indonesia merupakan daerah yang rawan mengalami gempa bumi. Hal ini disebabkan karena negara Indonesia terletak pada jalur pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng indo-australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada 21 Juni 2020, jumlah kasus gempa bumi yang terjadi di Indonesia dalam lima tahun terakhir adalah 173 kasus. Seringkali peristiwa gempa disertai dengan adanya gempa susulan. Pada tanggal 26 September 2019 terjadi sebanyak 1.105 gempa susulan setelah gempa berkekuatan magnitudo 6,5 mengguncang Ambon. Adanya gempa tersebut mengakibatkan 1.914 rumah rusak parah dan memakan 37 korban jiwa. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dijelaskan mengenai pengaruh gempa susulan pada struktur rangka beton dengan ketidakberaturan vertikal dan horizontal.

1.2 Inti Permasalahan

Setelah menerima beban gravitasi dan beban gempa, struktur bangunan akan mengalami perlemahan kekakuan dan kekuatan. Adanya beban gempa susulan pada bangunan yang sudah mengalami perlemahan, pada bangunan yang beraturan berbeda dengan bangunan yang memiliki ketidakberaturan, baik ketidakberaturan vertikal maupun horizontal.

1.3 Tujuan Penulisan

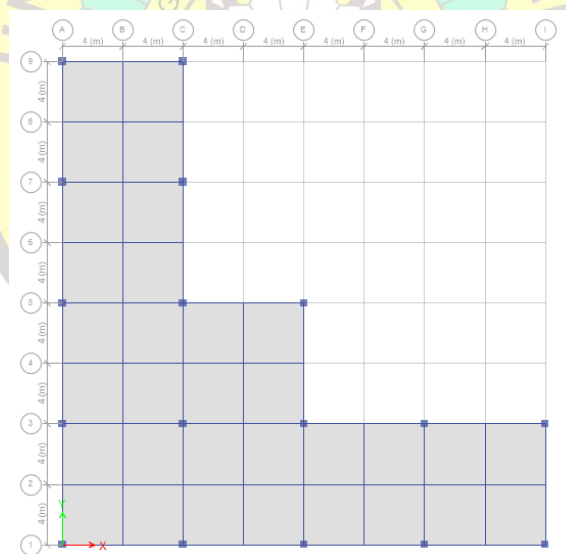
Tujuan penulisan skripsi ini adalah mengetahui tingkat kinerja bangunan gedung bertingkat dengan ketidakberaturan vertikal serta horizontal dan bangunan beraturan terhadap adanya percepatan tanah dasar akibat gempa susulan.

1.4 Batasan Masalah

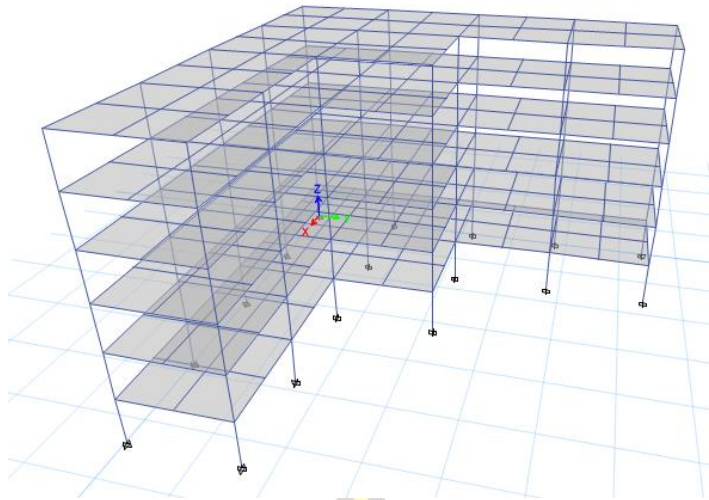
Pembatasan masalah lingkup penelitian pada skripsi ini adalah:

1. Desain dan Analisa menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 2016

2. Desain struktur menggunakan stuktur beton bertulang dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Berat jenis beton = 24 kN/m^3
 - b. Mutu tulangan (F_y) = 420 MPa
 - c. Mutu kuat beton (f_c') = 35 MPa
 - d. Modulus elastisitas beton (E) = $4700\sqrt{f_c'} \text{ MPa}$
 - e. Poisson's ratio (μ) = 0.2
3. Fungsi bangunan adalah perkantoran
4. Bangunan terletak di kota Bandung dengan kelas situs tanah sedang (SD)
5. Beban angin diabaikan
6. Permodelan akan dibagi menjadi 4 model yaitu:
 - a. Bangunan A dengan ketidakberaturan horizontal terdiri dari 6 lantai memiliki denah berbentuk L dengan ukuran seperti gambar dibawah. Ketinggian antar lantai sebesar 3.5 meter.

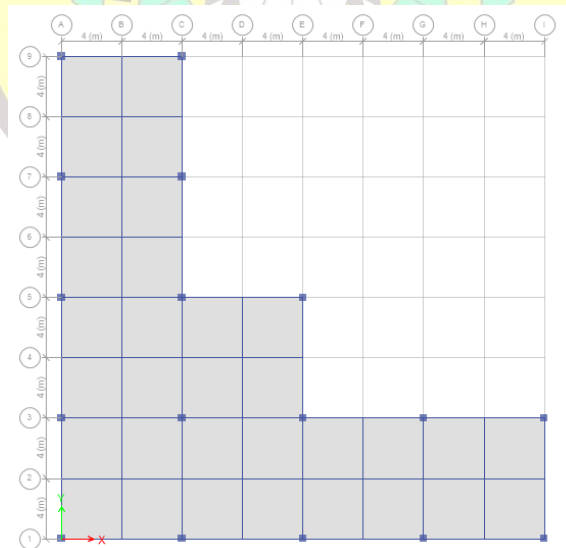


Gambar 1-1 Denah Struktur Bangunan A

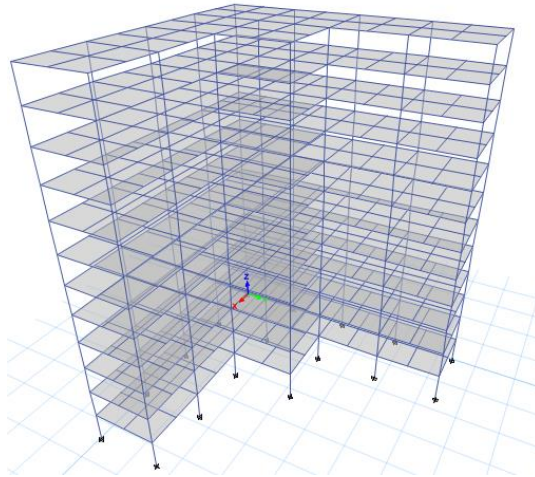


Gambar 1-2 Pemodelan 3D Struktur Bangunan A

- b. Bangunan B dengan ketidakberaturan horizontal terdiri dari 12 lantai memiliki denah berbentuk L dengan ukuran seperti gambar dibawah. Ketinggian antar lantai sebesar 3.5 meter.

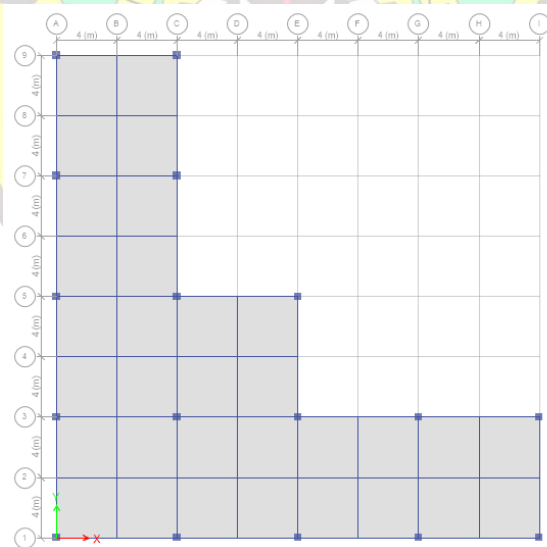


Gambar 1-3 Denah Struktur Bangunan B

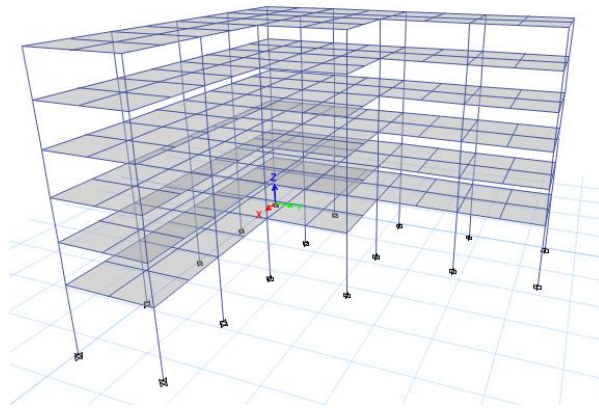


Gambar 1-4 Pemodelan 3D Struktur Bangunan B

- c. Bangunan C dengan ketidakberaturan horizontal vertikal terdiri dari 6 lantai memiliki denah berbentuk L dengan ukuran seperti gambar dibawah. Ketinggian tipikal antar lantai sebesar 3,5 m. Ketinggian Lantai 1 sebesar 6 m.

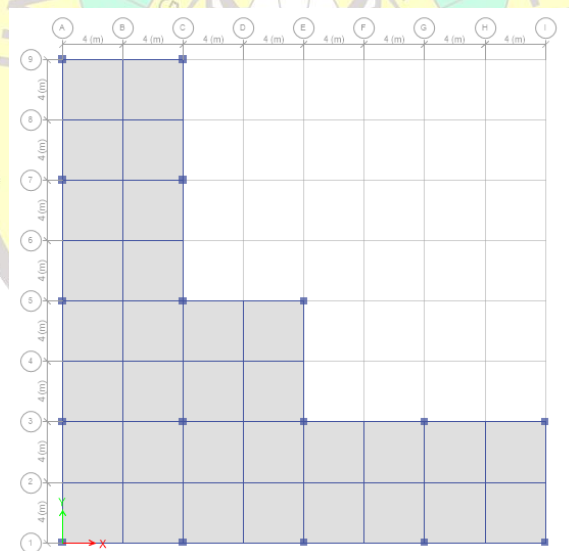


Gambar 1-5 Denah Struktur Bangunan C

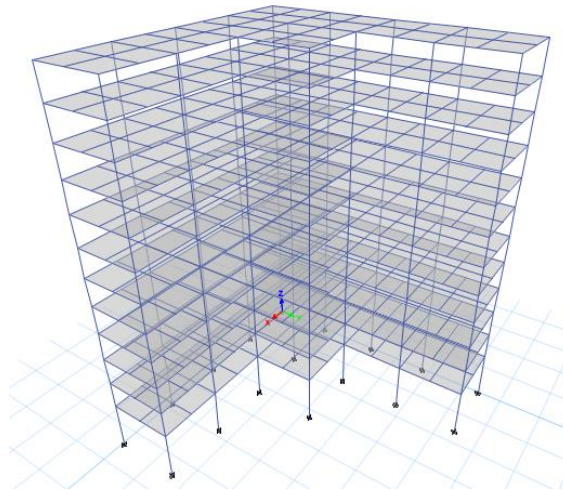


Gambar 1-6 Pemodelan 3D Struktur Bangunan C

- d. Bangunan D dengan ketidakberaturan vertikal terdiri dari 12 lantai memiliki denah berbentuk L dengan ukuran seperti gambar dibawah. Ketinggian tipikal antar lantai sebesar 3,5 m. Ketinggian Lantai 1 sebesar 8 m.



Gambar 1-7 Denah Struktur Bangunan D



Gambar 1-8 Pemodelan 3D Struktur Bangunan D

7. Peraturan yang digunakan antara lain:
 - a. Peraturan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
 - b. Peraturan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain
8. Percepatan tanah dasar akibat gempa yang digunakan antara lain gempa El-Centro N-S tahun 1940, gempa Denpasar B-T tahun 1979, gempa Flores tahun 1992, gempa Parkfield N65E tahun 1966, dan gempa Bucharest N-S tahun 1977. Percepatan tanah dasar tersebut diskalakan dengan metode *Matched Respons Spektrum*
9. Percepatan tanah dasar akibat gempa susulan diambil sebesar 0,9 kali gempa utama.

1.5 Metode Penelitian

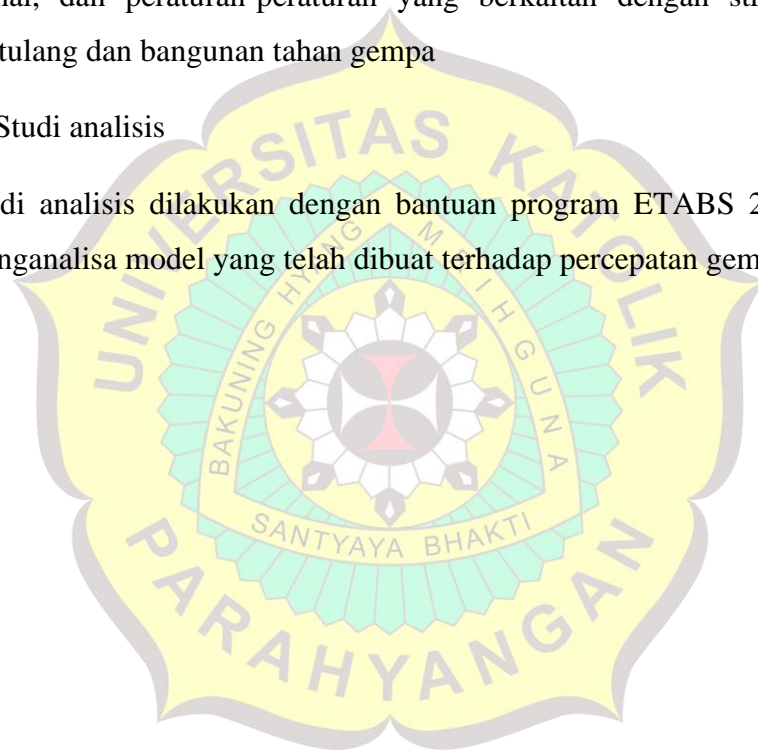
Dalam penulisan skripsi ini digunakan metode penelitian sebagai berikut:

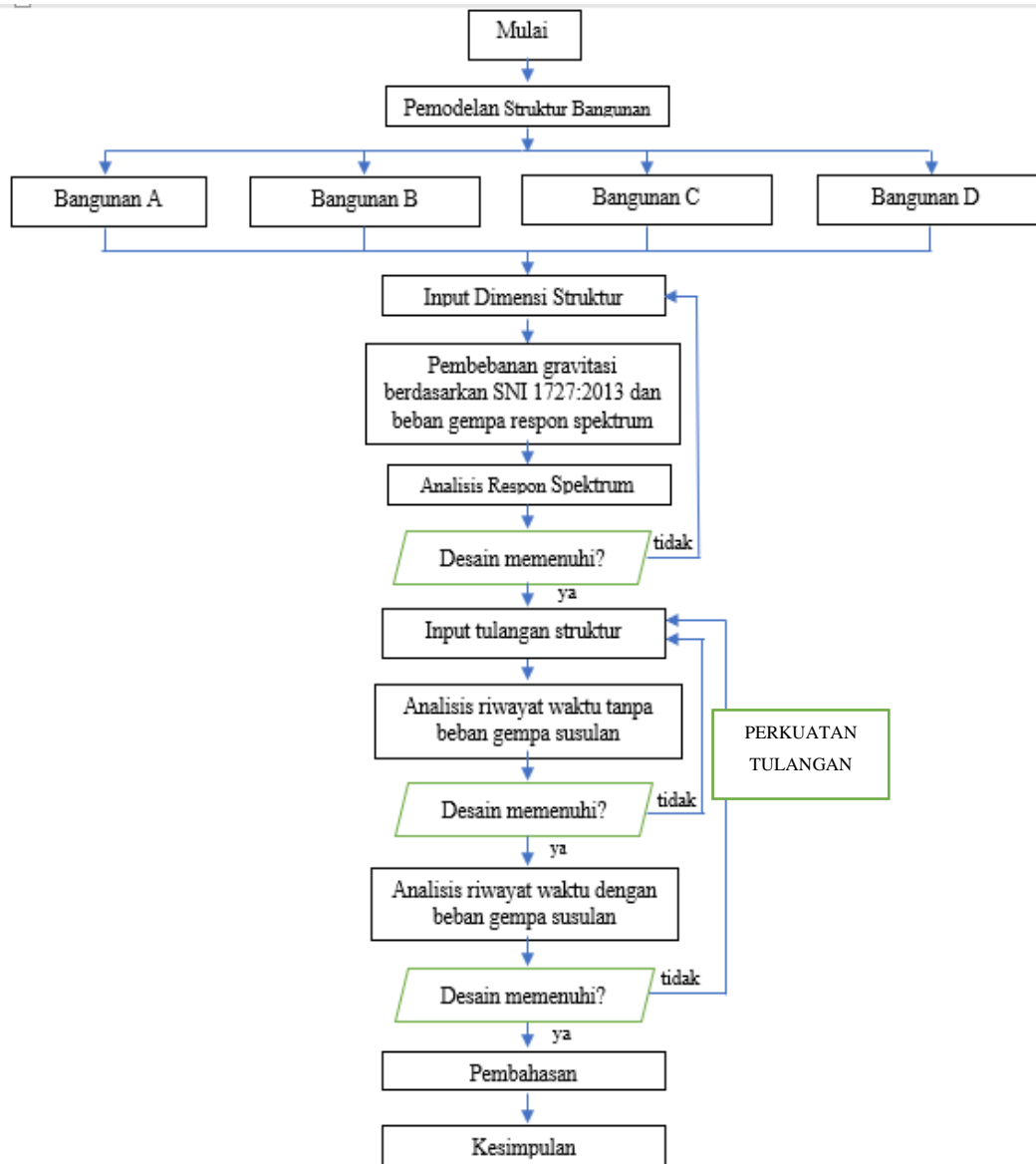
1. Studi Literatur

Bahan untuk studi literatur diambil dari buku teks, skripsi pembandingan, jurnal, dan peraturan-peraturan yang berkaitan dengan struktur beton bertulang dan bangunan tahan gempa

2. Studi analisis

Studi analisis dilakukan dengan bantuan program ETABS 2016 dengan menganalisa model yang telah dibuat terhadap percepatan gempa.





1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini antara lain:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Studi pustaka memuat teori dan peraturan tentang desain dan cara analisis terhadap beban gempa yang digunakan dalam penelitian

BAB 3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian memuat tentang permodelan struktur bangunan dengan simulasi beban gempa berupa percepatan tanah dasar dengan bantuan program ETABS 2016

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Analisa data memuat hasil dan pembahasan dari perilaku bangunan dan respon dinamik pada elemen struktur seperti simpangan antar lantai, penyebaran sendi plastis, faktor perbesaran defleksi, faktor kuat lebih dan kinerja bangunan dengan bantuan program ETABS 2016

BAB 5 KESIMPULAN

Kesimpulan memuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.