

SKRIPSI

**STUDI RESPONS INELASTIS STRUKTUR RANGKA
BETON BERTULANG DENGAN
KETIDAKBERATURAN MASSA**



**ARDI SUSANTO
NPM: 2013410019**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017**

SKRIPSI

**STUDI RESPONS INELASTIS STRUKTUR RANGKA
BETON BERTULANG DENGAN
KETIDAKBERATURAN MASSA**



**ARDI SUSANTO
NPM: 2013410019**

**BANDUNG, 11 JANUARI 2017
PEMBIMBING:**

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017**

STUDI RESPONS INELASTIS STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DENGAN KETIDAKBERATURAN MASSA

Ardi Susanto
NPM: 2013410024

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017**

ABSTRAK

Kota-kota di Indonesia merupakan kota yang rawan terkena gempa bumi. Peristiwa gempa bumi tersebut akan menyebabkan kerusakan pada bangunan gedung. Gaya lateral gempa bumi yang sifatnya dinamis dan siklis dapat mengakibatkan perilaku struktur menjadi tidak elastis lagi. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis inelastis struktur dengan metode analisis riwayat waktu. Studi ini meneliti suatu model struktur rangka beton bertulang dengan sistem SRPMK berjumlah 13 lantai yang memiliki ketidakberaturan massa, dimana massa efektif lantai 6, 9, dan 12 lebih besar dibandingkan dengan massa efektif lantai didekatnya. Model struktur tersebut berfungsi sebagai gedung perpustakaan. Analisis riwayat waktu dilakukan pada tiga kondisi massa efektif yang berbeda, massa efektif kondisi 1 adalah beban mati dan 0,25 semua beban hidup, kondisi 2 beban mati dan 0,25 beban ruang penyimpanan, serta kondisi 3 beban mati dan 0,50 beban ruang penyimpanan. Analisis riwayat waktu menggunakan rekaman percepatan gempa El-Centro, Flores, dan Denpasar dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.0.2. Dari hasil analisis riwayat waktu diketahui bahwa simpangan antar lantai model struktur melampaui simpangan ijin akibat percepatan gempa Flores dan Denpasar untuk semua kondisi. Akan tetapi tingkat kinerja struktur yang didapatkan masih dalam tingkat *immediate occupancy* (IO) dan *life safety* (LS). Tidak terjadi sendi plastis pada kolom dalam model struktur tersebut. Faktor kuat lebih (Ω_0) yang didapatkan lebih kecil dari pada nilai faktor kuat lebih pada SNI 1726:2012, yaitu lebih kecil dari pada 3.

Kata kunci: analisis riwayat waktu, ketidakberaturan massa, simpangan antar lantai, sendi plastis

INELASTIC RESPONSE STUDY OF REINFORCED CONCRETE FRAME WITH MASS IRREGULARITY

Ardi Susanto
NPM: 2013410019

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARY 2017

ABSTRACT

Indonesian cities are cities that are prone to earthquakes. The quake will cause damage to the buildings. Lateral force of earthquake is dynamic and cyclic that may causing inelastic behavior. Therefore, it is necessary to analyze the structure using time history analysis. This study observes a 13 stories library building of reinforced concrete frame with SMRF system that has mass irregularity, where the effective mass of the 6th, 9th, and 12th floor is greater than the effective mass of the nearby floor. Time history analysis performed on three different effective mass conditions, condition 1 is the effective mass contain of the dead load and 0.25 of all the live loads, condition 2 is dead load and 0.25 load of storage space, conditions 3 is dead load and 0.50 load of storage space. El-Centro, Flores, and Denpasar earthquake acclerograms are used for time history analysis using software ETABS 16.0.2. From the result of time history analysis due to Flores and Denpasar earthquake acclerograms for all conditions the drift beyond the limit, but the performance level still immediate occupancy (IO) and life safety (LS). There is no plastic hinge on column. Overstrength factor of this structure is less than 3 which is specified in SNI 1726:2012.

Keywords: time history analysis, mass irregularity, floors drift, plastic hinge

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Respons Inelastis Struktur Rangka Beton Bertulang Dengan Ketidakberaturan Massa*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, tetapi berkat saran serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;
2. Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T. dan Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan;
3. Seluruh dosen karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan bagi penulis;
4. Seluruh staf dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung penulis dalam proses perkuliahan;
5. Keluarga yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
6. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Bobby dan Alvianti atas kebersamaannya dalam penyusunan skripsi;
7. Seluruh mahasiswa angkatan 2013 Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini;
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, tetapi penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan menambah pengetahuan bagi pihak yang membacanya.

Bandung, 11 Januari 2017

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Ardi Susanto', written over a faint rectangular stamp.

Ardi Susanto

NPM: 2013410019

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Ardi Susanto

NPM : 2013410019

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Respons Inelastis Struktur Rangka Beton Bertulang Dengan Ketidakberaturan Massa* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 11 Januari 2017



Ardi Susanto

NPM: 2013410019

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
PERNYATAAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKAT	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metode Penulisan	7
1.6 Diagram Alir	8
1.7 Sistematika Penulisan	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung	10
2.1.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	10
2.1.2 Klasifikasi Situs	12
2.1.3 Spektrum Respons	13
2.1.4 Kategori Desain Seismik	17

2.1.5	Sistem Struktur Penahan Beban Gempa	18
2.1.6	Struktur Bangunan Tidak Beraturan	19
2.1.7	Prosedur Analisis	20
2.1.8	Kombinasi Pembebanan	21
2.1.9	Berat Seismik Efektif	23
2.1.10	Gaya Lateral Ekuivalen	23
2.1.11	Skala Gempa	25
2.1.12	Simpangan Antar Lantai	25
2.2	SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain	27
2.2.1	Beban Mati	27
2.2.2	Beban Hidup	27
2.3	SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung	28
2.3.1	Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus	28
2.3.2	Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial	31
2.4	Analisis Riwayat Waktu	34
2.5	Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar	37
2.6	Perilaku Inelastis Struktur	38
2.7	Desain Struktur Berbasis Kinerja (Performance Based Design)	40
2.8	Tingkat Kinerja Struktur	42
2.9	Acceptance Criteria untuk Desain Struktur Berbasis Kinerja	43
2.9.1	Rasio Peralihan Lantai Paling Atas	43
2.9.2	Rasio Simpangan Antar Lantai	44
2.9.3	Rotasi Sendi Plastis Pada Balok	44
2.9.4	Rotasi Sendi Plastis Pada Kolom	44

2.10	Metode Integrasi Newmark	45
2.11	Model Redaman Rayleigh	47
BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR		48
3.1	Data Bangunan Gedung	48
3.1.1	Data Struktur	48
3.1.2	Data Material	49
3.1.3	Dimensi Balok, Kolom, dan Pelat	49
3.2	Pembebanan	49
3.2.1	Berat Sendiri Struktur	50
3.2.2	Beban Mati Tambahan	50
3.2.3	Beban Hidup	50
3.2.4	Beban Gempa	51
3.2.5	Kombinasi Pembebanan	51
3.3	Hasil Analisis dan Desain	52
3.4	Respons Struktur Hasil Dari Analisis Modal	63
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		66
4.1	Analisis Riwayat Waktu	66
4.1.1	Kondisi Model Saat Analisis Riwayat Waktu	67
4.1.2	Penskalaan Percepatan Gempa untuk Analisis Riwayat Waktu	69
4.2	Hasil Analisis Riwayat Waktu	70
4.2.1	Peralihan Maksimum Tiap Lantai	70
4.2.2	Rasio Simpangan Antar Lantai	75
4.2.3	Sendi Plastis	81
4.2.4	Gaya Geser Dasar	91
4.2.5	Tingkat Kinerja Struktur	96

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN 1	100
LAMPIRAN 2	105
LAMPIRAN 3	108

DAFTAR NOTASI DAN SINGKAT

A_{ch}	= Luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi tulangan transversal
A_g	= Luas penampang kolom yang menerima beban
A_j	= Luas efektif hubungan balok-kolom
A_{sh}	= Luas penampang total tulangan transversal
A_{Smin}	= Luas tulangan minimum
A_{st}	= Luas tulangan longitudinal
A_v	= Luas tulangan geser berspasi s
b_w	= Lebar komponen struktur
c_1	= Lebar penampang kolom pada arah sumbu 1
c_2	= Lebar penampang kolom pada arah sumbu 2
C_d	= Faktor pembesaran defleksi
C_t	= Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik
F_a	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
F_v	= Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
f'_c	= Kuat tekan beton
f_y	= Kuat leleh tulangan
g	= Percepatan gravitasi
γ_c	= Berat isi beton
h_{sx}	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x
h	= Tinggi komponen struktur
h_n	= Ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur
h_x	= Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi
I_e	= Faktor keutamaan
l_n	= Bentang bersih untuk komponen struktur
M_n	= Momen nominal penampang
P_u	= Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur

Q_{EL}	= Nilai maksimum gaya-gaya elemen individu
R	= Faktor modifikasi respons
s	= Jarak antar tulangan
S_{D1}	= Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik
S_{DS}	= Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek
S_{M1}	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
S_{MS}	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
S_1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
S_s	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
S_u	= Kuat geser niralir rata-rata
T_a	= Periode fundamental pendekatan
N	= Tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata
V_s	= Kecepatan rata-rata gelombang geser
Δ	= Simpangan antar lantai tingkat desain
ASCE	= <i>American Society of Civil Engineers</i>
CP	= <i>Collapse Prevention</i>
FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency</i>
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
LS	= <i>Life Safety</i>
MCE_R	= <i>Risk Targeted Maximum Considered Earthquake</i>
m	= meter
mm	= milimeter
MPa	= Mega Pascal
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SRPMB	= Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
SRPMK	= Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
SRPMM	= Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Denah Model Struktur	4
Gambar 1.2 Potongan Model Struktur	5
Gambar 1.3 Tampak 3 Dimensi Model Struktur	6
Gambar 1.4 Diagram Alir	8
Gambar 2.1 S_s , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek (MCE_R), SNI 1726:2012	14
Gambar 2.2 S_1 , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik (MCE_R), SNI 1726:2012	14
Gambar 2.3 Spektrum Respons Desain, SNI 1726:2012	17
Gambar 2.4 Penentuan Simpangan Antar Lantai, SNI 1726:2012	26
Gambar 2.5 Persyaratan Tulangan Transversal Pada Komponen Struktur Lentur, SNI 2847:2013	31
Gambar 2.6 Persyaratan Tulangan Transversal Pada Komponen Struktur yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial, SNI 2847:2013	33
Gambar 2.7 Matched to Respose Spectrum pada ETABS 16.0.2	36
Gambar 2.8 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S	37
Gambar 2.9 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Flores 1992	38
Gambar 2.10 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979	38
Gambar 2.11 (a) <i>Beam Mechanism</i> dan (b) <i>Story Mechanism</i> , NIST GCR 8-917-1	39
Gambar 2.12 Macam-Macam Model Struktur Inelastis, NEHRP	40
Gambar 2.13 Rasio Peralihan Lantai Paling Atas	43
Gambar 2.14 Contoh Model Redaman Rayleigh, FEMA P-750	47
Gambar 3.1 Spektrum Respons Desain	51
Gambar 3.2 Denah Model Struktur	56
Gambar 3.3 Potongan A, E, 1, dan 5	57
Gambar 3.4 Potongan B, D, 2, dan 4	58
Gambar 3.5 Potongan C dan 3	59
Gambar 3.6 Konfigurasi Tulangan Balok Potongan A, E, 1, dan 5	60

Gambar 3.7 Konfigurasi Tulangan Balok Potongan B, D, 2, dan 4	61
Gambar 3.8 Konfigurasi Tulangan Balok Potongan C dan 3	62
Gambar 3.9 Peralihan Lantai Maksimum	64
Gambar 3.10 Simpangan Antar Lantai Maksimum	65
Gambar 4.1 Model Hysteresis Isotropic	66
Gambar 4.2 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S Terskala	69
Gambar 4.3 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Flores 1992 Terskala	69
Gambar 4.4 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979 Terskala	70
Gambar 4.5 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Pada Kondisi 1	72
Gambar 4.6 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Pada Kondisi 2	72
Gambar 4.7 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Pada Kondisi 3	73
Gambar 4.8 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Akibat Gempa El-Centro	73
Gambar 4.9 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Akibat Gempa Flores	74
Gambar 4.10 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Akibat Gempa Denpasar	74
Gambar 4.11 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Hasil Analisis Riwayat Waktu dan Analisis Modal Pada Kondisi 1	75
Gambar 4.12 Rasio Simpangan Antar Lantai Pada Kondisi 1	77
Gambar 4.13 Rasio Simpangan Antar Lantai Pada Kondisi 2	78
Gambar 4.14 Rasio Simpangan Antar Lantai Pada Kondisi 3	78
Gambar 4.15 Rasio Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa El-Centro	79
Gambar 4.16 Rasio Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Flores	79
Gambar 4.17 Rasio Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Denpasar	80
Gambar 4.18 Rasio Simpangan Antar Lantai Hasil Analisis Riwayat Waktu dan Analisis Modal Pada Kondisi 1	81
Gambar 4.19 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 1 Akibat Gempa El- Centro Saat Detik ke-2,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	82
Gambar 4.20 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 1 Akibat Gempa El- Centro Saat Detik ke-14	82
Gambar 4.21 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 1 Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-21,1 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	83

Gambar 4.22 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 1 Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-40	83
Gambar 4.23 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 1 Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-8,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	84
Gambar 4.24 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 1 Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-30	84
Gambar 4.25 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 2 Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-2,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	85
Gambar 4.26 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 2 Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-14	85
Gambar 4.27 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 2 Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-21,3 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	86
Gambar 4.28 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 2 Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-40	86
Gambar 4.29 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 2 Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-8,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	87
Gambar 4.30 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 2 Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-30	87
Gambar 4.31 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 3 Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-2,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	88
Gambar 4.32 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 3 Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-14	88
Gambar 4.33 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 3 Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-21,2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	89
Gambar 4.34 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 3 Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-40	89
Gambar 4.35 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 3 Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-8,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	90
Gambar 4.36 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Kondisi 3 Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-30	90
Gambar 4.37 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 1 Akibat Gempa El-Centro	91

Gambar 4.38 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 1 Akibat Gempa Flores	92
Gambar 4.39 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 1 Akibat Gempa Denpasar	92
Gambar 4.40 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 2 Akibat Gempa El-Centro	93
Gambar 4.41 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 2 Akibat Gempa Flores	93
Gambar 4.42 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 2 Akibat Gempa Denpasar	94
Gambar 4.43 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 3 Akibat Gempa El-Centro	94
Gambar 4.44 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 3 Akibat Gempa Flores	95
Gambar 4.45 Kurva Gaya Geser Dasar dan Peralihan Lantai Atap Tiap Waktu Pada Kondisi 3 Akibat Gempa Denpasar	95

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa, SNI 1726:2012	11
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa, SNI 1726:2012	12
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs, SNI 1726:2012	12
Tabel 2.4 Koefisien Situs Fa, SNI 1726:2012	15
Tabel 2.5 Koefisien Situs Fv, SNI 1726:2012	15
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek, SNI 1726:2012	17
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik, SNI 1726:2012	18
Tabel 2.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa, SNI 1726:2012	18
Tabel 2.9 Ketidakberaturan Horisontal Pada Struktur, SNI 1726:2012	19
Tabel 2.10 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur, SNI 1726:2012	20
Tabel 2.11 Prosedur Analisis, SNI 1726:2012	21
Tabel 2.12 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung, SNI 1726:2012	25
Tabel 2.13 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t Dan α , SNI 1726:2012	25
Tabel 2.14 Simpangan Antar Lantai Ijin, SNI 1726:2012	26
Tabel 2.15 Beban Hidup Minimum, SNI 1727:2013	27
Tabel 2.16 <i>Acceptance Criteria</i> untuk Rasio Peralihan Lantai Paling Atas, FEMA 356	43
Tabel 2.17 <i>Acceptance Criteria</i> untuk Rotasi Sendi Plastis Pada Balok, ASCE 41-13	44
Tabel 2.18 <i>Acceptance Criteria</i> untuk Rotasi Sendi Plastis Pada Kolom, ASCE 41-13	45
Tabel 3.1 Dimensi Balok, Kolom, dan Pelat	49
Tabel 3.2 Beban Mati Tambahan	50
Tabel 3.3 Hasil Desain Kolom	52
Tabel 3.4 Hasil Desain Balok	53

Tabel 3.5 Peralihan Lantai Maksimum	63
Tabel 3.6 Simpangan Antar Lantai Maksimum	64
Tabel 4.1 Massa Efektif Tiap Lantai	67
Tabel 4.3 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Kondisi 1	70
Tabel 4.4 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Kondisi 2	71
Tabel 4.5 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Kondisi 3	71
Tabel 4.6 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Kondisi 1	75
Tabel 4.7 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Kondisi 2	76
Tabel 4.8 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Kondisi 3	76
Tabel 4.9 Rotasi Sendi Plastis Terbesar	91
Tabel 4.10 Perbandingan Gaya Geser Dasar Analisis Modal dan Analisis Riwayat Waktu	96
Tabel 4.11 Tingkat Kinerja Struktur	96

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1 Penentuan Dimensi Balok, Kolom, dan Pelat	99
LAMPIRAN 2 Perhitungan yang Diperlukan Dalam Proses Analisis Menggunakan ETABS	104
LAMPIRAN 3 <i>Demand/Capacity</i> Sendi Plastis Pada Potongan 3	108

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk perkotaan yang semakin meningkat menimbulkan masalah kelangkaan lahan. Masalah ini sering ditemukan di kota-kota besar di Indonesia, hal tersebut terjadi karena penyebaran penduduk yang tidak merata. Pada kota-kota besar jumlah penduduk jauh lebih banyak. Bangunan gedung bertingkat merupakan salah satu solusi dari masalah ini. Lahan yang kecil dapat memiliki daya tampung yang lebih besar dengan adanya bangunan gedung bertingkat.

Dalam proses perencanaan bangunan gedung bertingkat ada sebuah hal yang harus diperhatikan, yaitu gempa bumi. Peristiwa gempa bumi ini akan menyebabkan kerusakan pada bangunan gedung yang ada disekitarnya. Kerusakan itu dapat mengakibatkan bangunan gedung tersebut runtuh dan menimpa manusia yang berada didalamnya maupun disekitarnya hingga menimbulkan banyak korban jiwa. Faktor gempa bumi ini menjadi sangat penting karena kota-kota di Indonesia merupakan kota yang rawan terkena gempa bumi. Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Lempeng-lempeng tersebut bergerak dan saling bertumbukan. Dengan adanya tumbukan tersebut maka akan timbul energi yang besar dan jika lempeng-lempeng tersebut tidak mampu menahan energi tersebut, maka energi tersebut akan dikeluarkan. Energi itulah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi.

Proses perencanaan bangunan biasanya dilakukan dengan analisis elastis saja. Akan tetapi gaya lateral gempa bumi yang sifatnya dinamis dan siklis dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan pada elemen struktur bangunan, hal ini menyebabkan perilaku struktur menjadi tidak elastis lagi. Sehingga deformasi yang dihasilkan akan menjadi lebih besar dari pada yang diperkirakan. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis inelastis struktur agar dapat diketahui perilaku struktur saat terkena gaya lateral gempa bumi dimana elemen strukturnya sudah bersifat inelastis. Analisis inelastis yang akan digunakan dalam skripsi ini adalah analisis riwayat waktu.

Saat ini banyak bangunan gedung didesain secara tidak beraturan. Desain yang tidak beraturan tersebut dapat diakibatkan oleh fungsi bangunan itu sendiri maupun pertimbangan dari segi estetika. Ketidakberaturan tersebut dapat dikategorikan menjadi ketidakberaturan vertikal dan ketidakberaturan horisontal. Suatu bangunan dapat dikatakan tidak beraturan jika memenuhi syarat yang terdapat dalam Standar Nasional Indonesia 1726:2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Dalam skripsi ini akan dievaluasi model bangunan gedung yang memiliki ketidakberaturan vertikal. Ketidakberaturan vertikal yang ada dalam model ini adalah ketidakberaturan massa, dimana massa efektif suatu tingkat jauh lebih besar dari pada massa efektif tingkat didekatnya. Dalam kenyataannya hal ini dapat terjadi jika dalam suatu lantai terdapat beban yang sangat besar dibandingkan dengan lantai lainnya. Sebagai contoh dalam suatu lantai tersebut terdapat kolam renang atau perpustakaan yang didalamnya terdapat ruang penyimpanan buku. Untuk skripsi ini model yang digunakan adalah model bangunan gedung perpustakaan. Ketidakberaturan ini mengakibatkan perbedaan perilaku dinamis struktur dibandingkan dengan model bangunan gedung yang beraturan. Oleh karena itu diperlukan studi lebih lanjut mengenai bangunan gedung ini.

1.2 Inti Permasalahan

Bangunan gedung yang berada pada wilayah gempa selain dilakukan analisis elastis juga harus dilakukan analisis inelastis. Hal ini dikarenakan saat terjadi gempa, elemen struktur dari bangunan tersebut tidak hanya mengalami perilaku yang elastis namun juga akan mengalami perilaku yang inelastis. Selain itu, bangunan gedung yang memiliki massa tidak beraturan akan memiliki perilaku dinamis struktur yang berbeda. Dengan demikian, perlu dilakukan studi mengenai perilaku bangunan gedung yang memiliki massa tidak beraturan dan dievaluasi tidak hanya sebatas perilaku elastisnya saja, namun perilaku inelastisnya juga.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketidakberaturan massa dalam bangunan gedung terhadap perilaku dinamis strukturnya dengan tidak hanya mengevaluasi respons elastisnya saja, namun perilaku inelastisnya juga dievaluasi dengan menggunakan analisis riwayat waktu.

1.4 Pembatasan Masalah

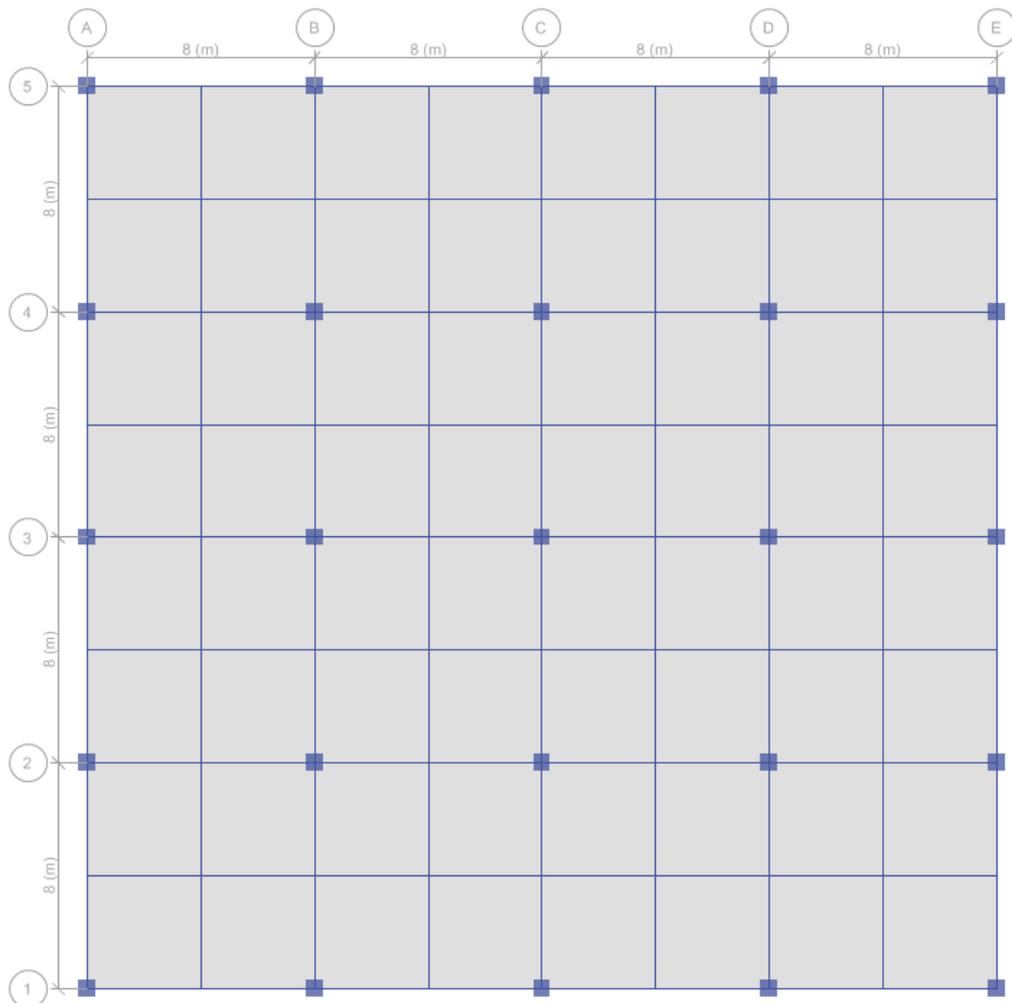
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Model struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang rangka pemikul momen khusus (SRPMK) tiga dimensi.
2. Fungsi bangunan adalah perpustakaan / fasilitas pendidikan.
3. Bangunan terletak di atas tanah sedang Kota Bandung.
4. Bangunan gedung 13 lantai dengan tinggi antar lantai 3,6 m. Model struktur bangunan gedung dapat dilihat pada **Gambar 1.1**, **Gambar 1.2**, dan **Gambar 1.3**.
5. Lantai 6, 9, dan 12 merupakan lantai-lantai yang memiliki massa efektif berlebih dibandingkan dengan lantai lainnya. Hal ini diakibatkan karena adanya perbedaan beban hidup pada lantai-lantai tersebut. Beban hidup yang bekerja pada setiap lantai dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

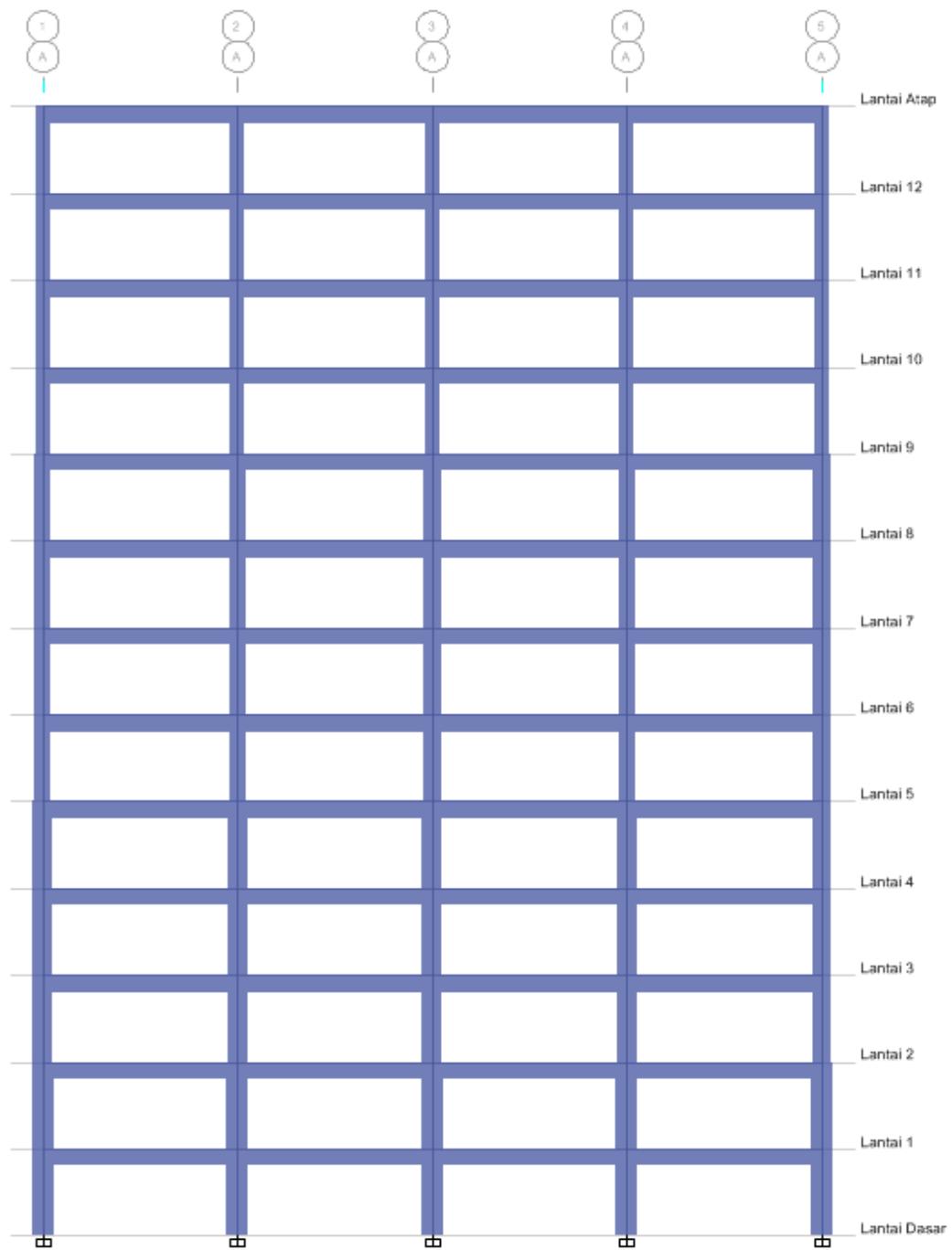
Tabel 1.1 Beban Hidup

Lantai	Beban Hidup (kN/m ²)
Atap	0,96
12	7,18
11	2,87
10	2,87
9	7,18
8	2,87
7	2,87
6	7,18
5	2,87
4	2,87
3	2,87
2	2,87
1	2,87

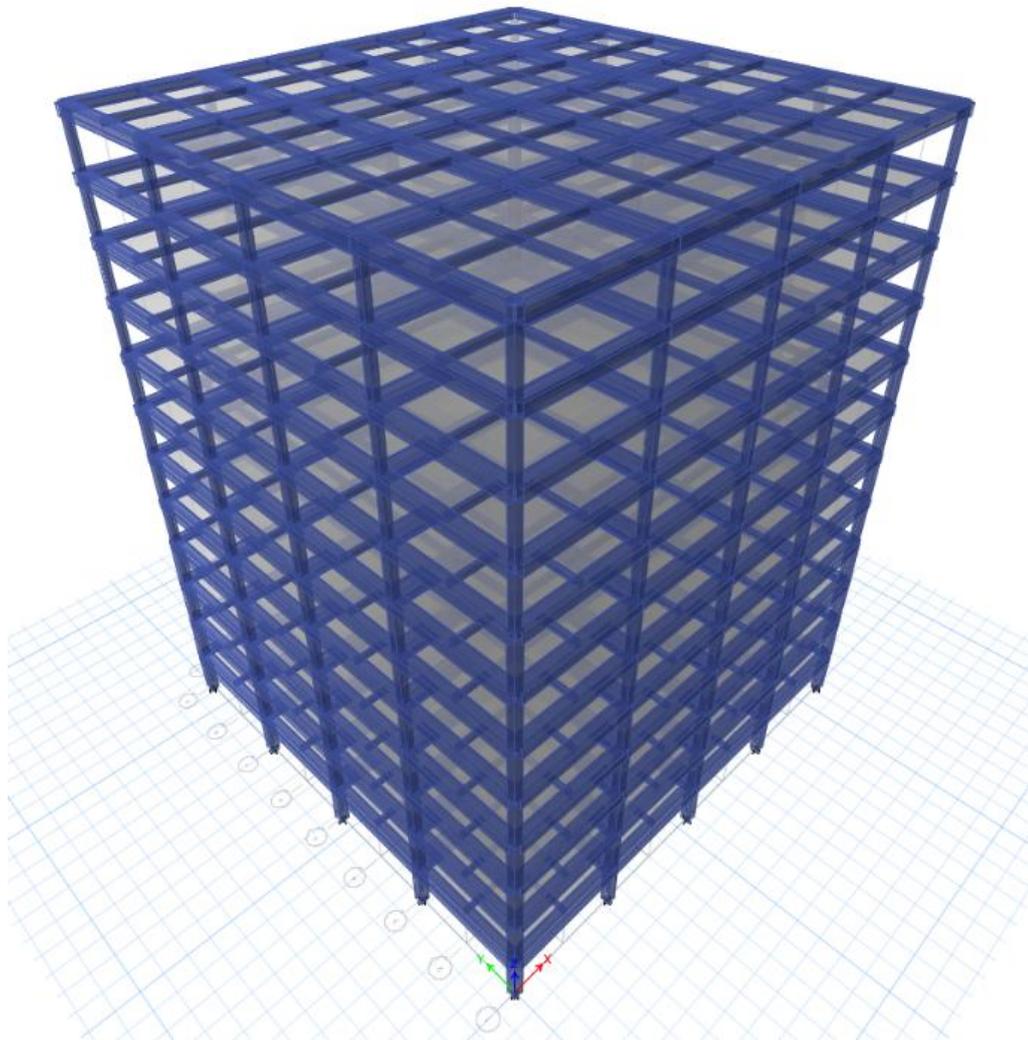
6. Mutu beton yang digunakan $f'_c = 35$ MPa dan mutu baja tulangan yang digunakan $f_y = 400$ MPa.
7. Perencanaan bangunan gedung menggunakan satandar Indonesia yaitu SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
8. Perencanaan terhadap gempa menggunakan standar Indonesia yaitu SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
9. Tahap perencanaan tersebut dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.0.2.



Gambar 1.1 Denah Model Struktur



Gambar 1.2 Potongan Model Struktur



Gambar 1.3 Tampak 3 Dimensi Model Struktur

10. Analisis riwayat waktu menggunakan rekaman gempa El-Centro 1940 N-S, Flores 1992, dan Denpasar 1979 dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.0.2.
11. Hasil analisis yang ditinjau adalah kinerja struktur secara global yang meliputi simpangan antar lantai maksimum, peralihan lantai paling atas maksimum, serta kurva hubungan gaya geser dasar dan peralihan lantai paling atas. Selain itu juga ditinjau dari rotasi sendi plastis yang terjadi.

1.5 Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

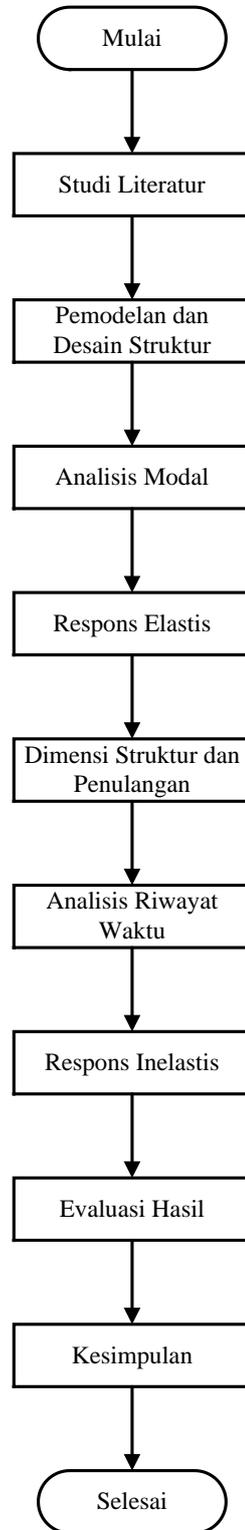
Dalam skripsi ini digunakan landasan teori yang bersumber dari buku-buku pustaka, *paper-paper*, dan standar ataupun *code* yang berkaitan dengan bangunan gedung beton bertulang, gempa bumi, dan respons inelastis struktur.

2. Studi Analisis

Bangunan gedung dalam skripsi ini didesain dan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.0.2.

1.6 Diagram Alir

Diagram alir dalam studi ini dapat dilihat pada **Gambar 1.4**.



Gambar 1.4 Diagram Alir

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dipaparkan teori-teori yang akan dijadikan acuan dalam proses desain dan analisis.

BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang tahapan desain dan pemodelan struktur bangunan gedung beton bertulang dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.0.2.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditinjau respons inelastis struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.0.2.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan akhir dari skripsi ini dan saran-saran berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh.