

SKRIPSI

**STUDI PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG BETON
BERTULANG IREGULAR DENGAN RANGKA BAJA
EKSTERNAL TERBREIS KONSENTRIS DAN
EKSENTRIS**



**ASTRID MARION INDIANI
NPM : 2014410159**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

**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
JUNI 2018**

SKRIPSI

**STUDI PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG BETON
BERTULANG IREGULAR DENGAN RANGKA BAJA
EKSTERNAL TERBREIS KONSENTRIS DAN
EKSENTRIS**



**ASTRID MARION INDIANI
NPM : 2014410159**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

**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
JUNI 2018**

SKRIPSI

**STUDI PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG BETON
BERTULANG IREGULAR DENGAN RANGKA BAJA
EKSTERNAL TERBREIS KONSENTRIS DAN
EKSENTRIS**



**ASTRID MARION INDIANI
NPM : 2014410159**

BANDUNG, 8 JUNI 2018

KO-PEMBIMBING:

Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

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
JUNI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Astrid Marion Indiani

NPM : 2014410159

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Rangka Baja Eksternal Terbreis Konsentris dan Eksentris* 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, Juni 2018



Astrid Marion Indiani

NPM: 2014410159

STUDI PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG IREGULAR DENGAN RANGKA BAJA EKSTERNAL TERBREIS KONSENTRIS DAN EKSENTRIS

Astrid Marion Indiani
NPM: 2014410159

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

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
JUNI 2018

ABSTRAK

Bentuk gedung tidak simetris memiliki ketidakberaturan yang harus diperhitungkan. Selain ketidakberaturan, bangunan eksisting yang didesain dengan peraturan gempa lama SNI 03-1726:1989 harus dievaluasi karena peraturan gempa dan pembebanan untuk desain struktur pada bangunan mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Bangunan lama yang dievaluasi dengan peraturan gempa baru SNI 03-1726:2012 mengalami kenaikan gaya geser dasar berdasarkan koefisien maksimum gempa sebesar 2,8 kali dari gempa lama. Bangunan existing yang tidak kuat menerima beban gempa dari peraturan baru harus diperbaiki dengan melakukan *retrofitting* untuk menambah kekuatan dan kekakuannya. Struktur bangunan eksisting pada studi ini adalah rangka beton bertulang 6 lantai dengan daktilitas penuh. *Retrofitting* struktur dilakukan dengan penambahan struktur rangka breising eksternal tanpa melakukan perubahan dimensi dan tulangan pada struktur eksisting. *Retrofitting* dilakukan dengan 2 model, yaitu dengan pemasangan sistem breising konsentris dan sistem breising eksentris. Struktur *diretrofit* dengan analisis dinamik elastis spektrum respons dan inelastis riwayat waktu

Kedua model *retrofit* didesain dengan analisis dinamik elastis spektrum respons agar luas tulangan perlu mendekati luas tulangan eksisting dan simpangan antar lantai memenuhi syarat. Kedua model *retrofit* kemudian dianalisis inelastis riwayat waktu menggunakan tiga rekaman percepatan tanah dasar gempa El-Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 B-T dan Flores 1992 yang diskalakan terhadap respon spektrum desain. Dari analisis inelastis tersebut, didapat bahwa pada kedua model, sendi plastis terjadi hanya pada balok eksisting sedangkan breising eksternal tidak mengalami sendi plastis. Kedua model mempunyai faktor kuat lebih maksimum (Ω_0) sebesar 1,35 dan faktor pembesaran defleksi maksimum (C_d) sebesar 1,89. Taraf kinerja dari kedua model akibat tiga rekaman percepatan tanah dasar gempa adalah *Immediate Occupancy*.

Kata Kunci: *retrofitting*, breising konsentris, breising eksentris, analisis riwayat waktu, sendi plastis, kinerja

STUDY OF RETROFITTING ON THE IRREGULAR REINFORCED CONCRETE BUILDING STRUCTURES WITH AN EXTERNAL CONCENTRICALLY BRACED AND ECCENTRICALLY BRACED STEEL FRAME

Astrid Marion Indiani
NPM: 2014410159

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018

ABSTRACT

The shape of the building which have an irregularities must be considered. In addition to irregularities, the old building that was designed with the previous earthquake code SNI 03-1726:1989 must be evaluated because of the change in the earthquake load. The old building that evaluated with new code SNI 03-1726:2012 shows that the base shear has increased 2.8 times based on maximum seismic coefficient. Buildings which is not able to resist stronger earthquake load of new code should be retrofitted to provide additional strength and rigidity on the existing structure. The existing structure in this study is a 6-story fully ductile reinforced concrete frames. The structure was retrofitted with external braced steel frames without changing the dimension and reinforcement in the existing structures. Retrofitting is carried out with two models of frame bracings, concentric and eccentric and time history analyses.

Both models was designed using response spectrum analyses to fulfill the acceptable drift limit and reinforcing bar area required closed to the existing reinforcement. Then inelastic time history analysis was done using three earthquake ground acceleration records namely El-Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 B-T, and Flores 1992 which was scaled matched to the design response spectrum. From the inelastic analysis, it is obtained that on both models plastic hinge only occurred on the beams, and none on the frame bracings. The maximum overstrength factor (Ω_0) of both model is 1.35 and the maximum deflection amplification factor (C_d) is 1.89. The performance level of both model under three ground acceleration records is Immediate Occupancy.

Keywords: retrofitting, concentrically braced frames, eccentrically braced frames, time history analysis, plastic hinge, performance.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya oleh kasih dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Iregular dengan Rangka Baja Terbreis Konsentris dan Eksentris*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam menyusun laporan skripsi ini banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun berkat bimbingan, saran, kritik, doa dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

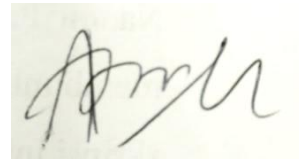
1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing dengan sabar dan memberi banyak ilmu pengetahuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
2. Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc. selaku dosen ko-pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak saran serta masukan dalam penulisan skripsi ini;
3. Dr. Paulus Karta Wijaya dan Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran;
4. Seluruh dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan bagi penulis;
5. Orangtua tercinta yaitu Miste Yuono dan Katharina Paripurnawati yang telah memberikan dukungan doa, semangat, motivasi serta dorongan;
6. Kakak penulis yaitu Miselia Sandhika Nayunda, Grahmada Ruci Batara, dan Geofrie Azarya yang senantiasa mendengar keluhan dan memberi nasihat serta doa kepada penulis;
7. Ressa Regina dan Laurentia Inez yang setia memberi tumpangan pergi dan pulang menuju kampus serta menemani disaat suka dan duka;
8. Sahabat karib yaitu Ressa, Inez, Hasna, Fenita, Janice, Gita, Mira, Annisa, Benny dan Beauty yang selalu memberi semangat kepada penulis;
9. Fenita, Andreas, dan Fernando yang telah memberi banyak saran dalam penulisan skripsi ini;

10. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Annisa, Fany, Mario, Jason, Ressa, Hans, dan Remy atas kebersamaan dalam penyusunan skripsi;
11. Semua teman-teman angkatan 2014 yang telah menemani dari awal perkuliahan hingga saat ini;
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu, memberi dukungan dan semangat selama penulisan selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, maka dari itu masukan dan saran bagi kebaikan skripsi ini sangat diperlukan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi para pembacanya.

Bandung, Juni 2018

Penulis,



Astrid Marion Indiani

2014410159

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR NOTASI	1-xix
DAFTAR GAMBAR.....	1-xxi
DAFTAR TABEL.....	1-xxix
DAFTAR LAMPIRAN	1-xxxii
1. BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penelitian.....	1-5
1.6 Sistematika Penulisan	1-7
2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 SNI 03-1726-1989	2-1
2.1.1 Daktilitas	2-1
2.1.2 Simetri.....	2-1
2.1.3 Analisis Beban Statik Ekuivalen	2-2
2.1.4 Momen Puntir Tingkat.....	2-6
2.1.5 Pengaruh Momen Puntir Tingkat.....	2-7

2.1.6 Pusat Kekakuan dan Pusat Massa	2-7
2.1.7 Eksentrisitas Rencana	2-7
2.1.7 Analisis Dinamik.....	2-8
2.1.8 Faktor Skala	2-9
2.1.9 Simpangan Antar Tingkat	2-9
2.2 SNI 03-1727-1989 Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung	2-9
2.2.1 Beban Mati	2-9
2.2.2 Beban Hidup	2-9
2.2.3 Beban Gempa.....	2-10
2.3 SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung	2-10
2.3.1 Kuat Perlu	2-10
2.3.2 Kuat Rencana	2-11
2.4 SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung	2-12
2.4.1 Gempa Rencana	2-12
2.4.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	2-13
2.4.3 Klasifikasi Situs	2-16
2.4.4 Kategori Desain Seismik.....	2-17
2.4.5 Kombinasi Sistem Perangkai dalam Arah yang Berbeda	2-18
2.4.6 Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	2-19
2.4.7 Kombinasi Pembebanan	2-23
2.4.8 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen	2-25
2.4.9 Simpangan Antar Lantai Tingkat.....	2-28

2.5	SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain	2-30
2.5.1	Beban Mati	2-30
2.5.2	Beban Hidup	2-30
2.6	SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung .	2-30
2.6.1	Desain balok	2-30
2.6.2	Desain kolom	2-32
2.7	<i>Retrofitting</i> Bangunan (FEMA 356)	2-33
2.8	Breising Konsentris (<i>AISC Design Module</i>)	2-33
2.9	Breising Eksentris (<i>AISC Design Module</i>).....	2-34
2.10	Analisis Riwayat Waktu	2-36
2.11	Metode Analisis Terhadap Beban Gempa.....	2-36
2.12	Tingkat Kinerja Struktur.....	2-38
2.13	Redaman Rayleigh	2-40
3.	BAB 3 PEMODELAN, DESAIN DAN ANALISIS BANGUNAN	3-1
3.1	Data Bangunan	3-1
3.1.1.	Data Struktur	3-2
3.1.2.	Data Material	3-3
3.2	Pembebanan	3-3
3.2.1	Berat Sendiri	3-4
3.2.2	Beban Mati Tambahan (<i>Superimposed Dead Load</i>)	3-4
3.2.3	Beban Hidup	3-4
3.2.4	Beban Gempa.....	3-4
3.3	Kombinasi Pembebanan.....	3-5

3.4	Hasil Desain Bangunan dengan SNI 03-1729-1989	3-6
3.5	Analisis Bangunan Lama dengan SNI 03-1729-1989	3-12
3.5.1	Analisis Ketidakberaturan Struktur.....	3-12
3.5.2	Simpangan Antar Lantai Bangunan	3-12
3.6	Analisis Bangunan Lama dengan SNI 1726-2012	3-13
3.6.1	Analisis Ketidakberaturan Struktur.....	3-13
3.6.2	Simpangan Antar Lantai Bangunan	3-17
3.7	<i>Retrofitting</i> Bangunan menggunakan Rangka Baja Eksternal Terbreis Konsentris	3-17
3.7.1	Pemodelan <i>Retrofitting</i>	3-18
3.7.2	Analisis <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris	3-21
3.8	<i>Retrofitting</i> Bangunan menggunakan Rangka Baja Eksternal Terbreis Eksentris	3-27
3.8.1	Pemodelan <i>Retrofitting</i>	3-27
3.8.2	Analisis <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris	3-30
4.	BAB 4 HASIL RETROFITTING DAN ANALISIS RIWAYAT WAKTU.....	4-1
4.1	Hasil <i>Retrofitting</i>	4-1
4.2	Analisis Riwayat Waktu.....	4-6
4.3	Hasil Analisis Riwayat Waktu.....	4-7
4.3.1	Peralihan Lantai Maksimum	4-7
4.3.2	Rasio Simpangan Antar Lantai.....	4-10
4.3.3	Gaya Geser Dasar.....	4-13
4.3.4	Faktor Pembesaran Defleksi.....	4-14
4.3.5	Tingkat Kinerja Struktur	4-15
5.	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1

5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xvii
LAMPIRAN 1.....		19
LAMPIRAN 2.....		1

DAFTAR NOTASI

- A = luas penampang
- A_g = luas penampang gross
- ASCE = *American Society of Civil Engineers*
- B = panjang seluruhnya dari denah struktur pada arah yang ditinjau
- b_w = lebar badan penampang persegi
- C = koefisien gempa dasar
- Cd = faktor pembesaran defleksi
- CP = *Collapse Prevention*
- Ct = parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
- d = tinggi efektif komponen struktur
- d_i = simpangan horisontal pusat massa pada tingkat i akibat beban gempa horisontal (mm)
- E = modulus elastisitas
- e_c = eksentrisitas teoritis
- e_d = eksentrisitas rencana
- F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
- f_c' = kuat tekan beton
- F_{cre} = tegangan kritis tekuk baja
- FEMA = *Federal Emergency Management Agency*
- F_i = beban gempa horisontal dalam arah yang ditinjau yang bekerja pada tingkat i (kg)
- F_v = faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
- f_y = Kuat leleh tulangan baja
- F_y = tegangan leleh baja
- g = percepatan gravitasi
- h = tinggi komponen struktur
- h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x
- I = faktor keutamaan
- I_e = faktor keutamaan

IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
I_x	= momen inersia penampang terhadap sumbu x
I_x	= momen inersia penampang terhadap sumbu x
K	= faktor jenis struktur
l_n	= bentang bersih untuk komponen struktur
LS	= <i>Life Safety</i>
m	= meter
mm	= milimeter
MPa	= mega Pascal
P_{uc}	= kapasitas tekan breis
P_{ut}	= kapasitas tarik breis
R	= faktor modifikasi respons
r_x	= radius girasi penampang terhadap sumbu x
r_y	= radius girasi penampang terhadap sumbu y
R_y	= rasio dari kuat leleh yang diinginkan terhadap kuat leleh minimum
SNI	= standar Nasional Indonesia
SRBK	= Sistem Rangka Breising Konsentris Khusus
T	= waktu getar alami struktur
T_a	= periode fundamental pendekatan
WF	= <i>Wide Flange</i>
W_i	= bagian dari seluruh beban vertikal yang disumbangkan oleh beban-beban vertikal yang bekerja pada tingkat i (kg) pada peninjauan gempa
W_t	= berat seismik efektif struktur
δ	= peralihan lantai
Δ	= simpangan antar lantai
δ_{xe}	= defleksi pada lokasi yang disyaratkan yang ditentukan dengan analisis elastis
Ω_0	= faktor kuat lebih

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pemodelan Gedung 3D	1-3
Gambar 1. 2 Pemodelan Gedung Tampak Atas	1-3
Gambar 2. 1 Bentuk Denah Struktur Gedung yang Mempunyai Sayap, dengan Bentuk U, H, dan L, SNI 03-1726-1989	2-1
Gambar 2. 2 Pembagian Wilayah Gempa untuk Indonesia, SNI 03-1726-1989.....	2-3
Gambar 2. 3 Koefisien Gempa Dasar untuk Berbagai Wilayah Gempa, SNI 03-1726-1989	2-4
Gambar 2. 4 Penentuan Simpangan Antar Lantai, SNI 1726-2012	2-29
Gambar 2. 5 Konfigurasi Breising Konsentris, ASCE 41-13	2-34
Gambar 2. 6 Konfigurasi Breising Eksentris, ASCE 41-13	2-35
Gambar 2. 7 Model Redaman Rayleigh.....	2-41
Gambar 3. 1 Pemodelan 3D Bangunan.....	3-1
Gambar 3. 2 Tampak Samping Model Bangunan	3-2
Gambar 3. 3 Denah Model Bangunan	3-2
Gambar 3. 4 Respon Spektrum Desain Kota Palembang untuk Tanah Lunak.....	3-5
Gambar 3. 5 Respons Spektrum Desain Kota Palembang dengan $R=8$ dan $I_e=1$...	3-5
Gambar 3. 6 Balok dan Kolom pada Elevasi A.....	3-7
Gambar 3. 7 Balok dan Kolom pada Elevasi B.....	3-8
Gambar 3. 8 Balok dan Kolom pada Elevasi C.....	3-8
Gambar 3. 9 Balok dan Kolom pada Elevasi D.....	3-9
Gambar 3. 10 Balok dan Kolom pada Elevasi E	3-9
Gambar 3. 11 Balok dan Kolom pada Elevasi 1.....	3-10
Gambar 3. 12 Balok dan Kolom pada Elevasi 2.....	3-10
Gambar 3. 13 Balok dan Kolom pada Elevasi 3.....	3-11
Gambar 3. 14 Balok dan Kolom pada Elevasi 4.....	3-11
Gambar 3. 15 Balok dan Kolom pada Elevasi 5.....	3-12
Gambar 3. 16 Tampak Atas Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris	3-19
Gambar 3. 17 Tampak 3D Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris	3-19
Gambar 3. 18 Konfigurasi Breising Konsentris pada Elevasi F	3-20

Gambar 3. 19 Spesifikasi Profil IWF (Consteel, 2006)	3-20
Gambar 3. 20 Spesifikasi Profil SHS	3-21
Gambar 3. 21 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi 1	3-22
Gambar 3. 22 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi 2	3-22
Gambar 3. 23 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi 3	3-23
Gambar 3. 24 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi 4	3-23
Gambar 3. 25 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi 5	3-24
Gambar 3. 26 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi A	3-24
Gambar 3. 27 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi B	3-25
Gambar 3. 28 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi C	3-25
Gambar 3. 29 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi D	3-26
Gambar 3. 30 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris Elevasi E.....	3-26
Gambar 3. 31 Tampak Atas Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris	3-28
Gambar 3. 32 Tampak 3D Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris.....	3-28
Gambar 3. 33 Konfigurasi Breising Eksentris pada Elevasi F.....	3-29
Gambar 3. 34 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris Elevasi 1	3-30
Gambar 3. 35 Luas Tulangan Perlu setelah <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris Elevasi 2	3-31

Gambar 3. 36 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi 3	3-31
Gambar 3. 37 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi 4	3-32
Gambar 3. 38 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi 5	3-32
Gambar 3. 39 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi A	3-33
Gambar 3. 40 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi B	3-33
Gambar 3. 41 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi C	3-34
Gambar 3. 42 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi D	3-34
Gambar 3. 43 Luas Tulangan Perlu setelah Retrofitting dengan Breising Eksentris Elevasi E.....	3-35
Gambar 4. 1 Prediksi Peralihan Inelastis Arah X, Model Breising Konsentris.....	4-2
Gambar 4. 2 Prediksi Peralihan Inelastis Arah Y, Model Breising Konsentris.....	4-2
Gambar 4. 3 Simpangan antar Lantai Arah X, Model Breising Konsentris.....	4-3
Gambar 4. 4 Simpangan antar Lantai Arah Y, Model Breising Konsentris.....	4-4
Gambar 4. 5 Prediksi Peralihan Inelastis Arah X, Model Breising Eksentris.....	4-5
Gambar 4. 6 Prediksi Peralihan Inelastis Arah Y, Model Breising Eksentris	4-5
Gambar 4. 7 Simpangan antar Lantai Arah X, Model Breising Eksentris	4-6
Gambar 4. 8 Simpangan antar Lantai Arah Y, Model Breising Eksentris	4-6
Gambar 4. 9 Peralihan Lantai Maksimum Arah-X Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris.....	4-8
Gambar 4. 10 Peralihan Lantai Maksimum Arah-Y Model Retrofitting dengan Breising Konsentris	4-8
Gambar 4. 11 Peralihan Lantai Maksimum Arah-X Model Retrofitting dengan Breising Eksentris	4-9

Gambar 4. 12 Peralihan Lantai Maksimum Arah-Y Model Retrofitting dengan Breising Eksentris	4-10
Gambar 4. 13 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X, Model Breising Konsentris .4-11	
Gambar 4. 14 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y, Model Breising Konsentris .4-11	
Gambar 4. 15 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X, Model Breising Eksentris	4-12
Gambar 4. 16 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y, Model Breising Eksentris	4-13
Gambar 4. 17 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 1, Model Breising Konsentris	4-16
Gambar 4. 18 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 2, Model Breising Konsentris	4-17
Gambar 4. 19 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 3, Model Breising Konsentris	4-17
Gambar 4. 20 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 4, Model Breising Konsentris	4-18
Gambar 4. 21 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 5, Model Breising Konsentris	4-18
Gambar 4. 22 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi B, Model Breising Konsentris	4-19
Gambar 4. 23 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi C, Model Breising Konsentris	4-19
Gambar 4. 24 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi D, Model Breising Konsentris	4-20
Gambar 4. 25 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi E, Model Breising Konsentris	4-20
Gambar 4. 26 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 1, Model Breising Konsentris	4-21
Gambar 4. 27 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 2, Model Breising Konsentris	4-21

Gambar 4. 28 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 3, Model Breising Konsentris	4-22
Gambar 4. 29 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 4, Model Breising Konsentris	4-22
Gambar 4. 30 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 5, Model Breising Konsentris	4-23
Gambar 4. 31 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi B, Model Breising Konsentris	4-23
Gambar 4. 32 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi C, Model Breising Konsentris	4-24
Gambar 4. 33 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi D, Model Breising Konsentris	4-24
Gambar 4. 34 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi E, Model Breising Konsentris	4-25
Gambar 4. 35 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 1, Model Breising Konsentris	4-25
Gambar 4. 36 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 2, Model Breising Konsentris	4-26
Gambar 4. 37 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 3, Model Breising Konsentris	4-26
Gambar 4. 38 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 4, Model Breising Konsentris	4-27
Gambar 4. 39 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 5, Model Breising Konsentris	4-27
Gambar 4. 40 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah Y (IO) pada Elevasi D, Model Breising Konsentris	4-28
Gambar 4. 41 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah Y (IO) pada Elevasi E, Model Breising Konsentris	4-28
Gambar 4. 42 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 1, Model Breising Eksentris	4-29

Gambar 4. 43 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 2, Model Breising Eksentris	4-30
Gambar 4. 44 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 3, Model Breising Eksentris	4-30
Gambar 4. 45 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 4, Model Breising Eksentris	4-31
Gambar 4. 46 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah X (IO) pada Elevasi 5, Model Breising Eksentris	4-31
Gambar 4. 47 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi B, Model Breising Eksentris	4-32
Gambar 4. 48 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi C, Model Breising Eksentris	4-32
Gambar 4. 49 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi D, Model Breising Eksentris	4-33
Gambar 4. 50 D/C ratio Struktur Akibat El-Centro arah Y (IO) pada Elevasi E, Model Breising Eksentris	4-33
Gambar 4. 51 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 1, Model Breising Eksentris	4-34
Gambar 4. 52 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 2, Model Breising Eksentris	4-34
Gambar 4. 53 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 3, Model Breising Eksentris	4-35
Gambar 4. 54 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 4, Model Breising Eksentris	4-35
Gambar 4. 55 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah X (IO) pada Elevasi 5, Model Breising Eksentris	4-36
Gambar 4. 56 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi A, Model Breising Eksentris	4-36
Gambar 4. 57 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi B, Model Breising Eksentris	4-37

Gambar 4. 58 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi C, Model Breising Eksentris	4-37
Gambar 4. 59 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi D, Model Breising Eksentris	4-38
Gambar 4. 60 D/C ratio Struktur Akibat Denpasar arah Y (IO) pada Elevasi E, Model Breising Eksentris	4-38
Gambar 4. 61 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 1, Model Breising Eksentris	4-39
Gambar 4. 62 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 2, Model Breising Eksentris	4-39
Gambar 4. 63 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 3, Model Breising Eksentris	4-40
Gambar 4. 64 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 4, Model Breising Eksentris	4-40
Gambar 4. 65 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah X (IO) pada Elevasi 5, Model Breising Eksentris	4-41
Gambar 4. 66 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah Y (IO) pada Elevasi B, Model Breising Eksentris	4-41
Gambar 4. 67 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah Y (IO) pada Elevasi C, Model Breising Eksentris	4-42
Gambar 4. 68 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah Y (IO) pada Elevasi D, Model Breising Eksentris	4-42
Gambar 4. 69 D/C ratio Struktur Akibat Flores arah Y (IO) pada Elevasi E, Model Breising Eksentris	4-43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Keutamaan I Berbagai Jenis Gedung, SNI 03-1726-1989.....	2-5
Tabel 2. 2 Faktor Jenis Struktur, SNI 03-1726-1989.....	2-6
Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa, SNI 1726-2012.....	2-13
Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa, SNI 1726-2012.....	2-16
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs, SNI 1726-2012	2-17
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek, SNI 1726-2012	2-18
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik, SNI 1726-2012	2-18
Tabel 2. 8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa, SNI 1726-2012	2-19
Tabel 2. 9 Ketidakberaturan Horisontal pada Struktur, SNI 1726-2012	2-20
Tabel 2. 10 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur, SNI 1726-2012.....	2-21
Tabel 2. 11 Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan, SNI 1726-2012	2-23
Tabel 2. 12 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung	2-27
Tabel 2. 13 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct Dan α	2-27
Tabel 2. 14 Simpangan Antar Lantai Ijin Δ_a , SNI 1726-2012	2-29
Tabel 2. 15 Tabel Kontrol Kerusakan dan Level Kinerja Bangunan, FEMA 356 .	2-39
Tabel 3. 1 Dimensi Kolom	3-1
Tabel 3. 2 Penulangan Kolom	3-7
Tabel 3. 3 Penulangan Balok.....	3-7
Tabel 3. 4 Simpangan Antar Tingkat Bangunan Lama.....	3-13
Tabel 3. 5 Pengecekan Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1A dan 1B.....	3-14
Tabel 3. 6 Pengecekan Ketidakberaturan Horisontal Tipe 2	3-14
Tabel 3. 7 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A dan 1B	3-15
Tabel 3. 8 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2.....	3-16
Tabel 3. 9 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3.....	3-16

Tabel 3. 10 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5.....	3-16
Tabel 3. 11 Pengecekan Simpangan Antar Lantai dengan Gempa Baru	3-17
Tabel 3. 12 Profil Kolom dan Balok Baja yang Digunakan.....	3-20
Tabel 3. 13 Profil Breising Baja yang Digunakan.....	3-21
Tabel 3. 14 Profil Balok dan Kolom pada <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris	3-29
Tabel 3. 15 Profil Breising Baja pada <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris	3-29
Tabel 4.1 Peralihan Elastis dan Prediksi Peralihan Inelastis, Model Breising Konsentris	4-1
Tabel 4. 2 Simpangan Antar Lantai Maksimum, Model Breising Konsentris	4-2
Tabel 4. 3 Peralihan Elastis dan Prediksi Peralihan Inelastis, Model Breising Eksentris	4-4
Tabel 4. 4 Simpangan Antar Lantai Maksimum, Model Breising Eksentris	4-5
Tabel 4. 5 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Konsentris.....	4-8
Tabel 4. 6 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Model <i>Retrofitting</i> dengan Breising Eksentris	4-9
Tabel 4. 7 Rasio Simpangan Antar Lantai Model Breising Konsentris	4-10
Tabel 4. 8 Rasio Simpangan Antar Lantai Model Breising Eksentris.....	4-12
Tabel 4. 9 Perbandingan Gaya Geser Dasar Analisis Modal dan Analisis Riwayat Waktu , Model Breising Konsentris.....	4-13
Tabel 4. 10 Perbandingan Gaya Geser Dasar Analisis Modal dan Analisis Riwayat Waktu , Model Breising Eksentris.....	4-14
Tabel 4. 11 Faktor Pembesaran Defleksi, Model Konsentris	4-14
Tabel 4. 12 Faktor Pembesaran Defleksi, Model Eksentris	4-15
Tabel 4. 11 Taraf Kinerja Model Breising Konsentris.....	4-29
Tabel 4. 12 Taraf Kinerja Model Breising Eksentris	4-43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Faktor Skala.....	L1-1
Lampiran 2	Momen Nominal dan Momen Plastis.....	L2-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia sangat pesat. Pertumbuhan penduduk yang pesat mendorong penggunaan lahan yang tinggi. Daerah di perkotaan merupakan daerah yang rentan didiami penduduk serta memiliki keterbatasan lahan dengan persebaran penduduk yang tidak merata. Keterbatasan lahan menjadi pemicu dibutuhkan gedung bertingkat untuk meningkatkan pemanfaatan lahan terutama untuk perumahan.

Bentuk bangunan di era modern sangat beragam seiring berkembangnya jaman dan teknologi. Seringkali untuk memenuhi fungsi bangunan dan kebutuhan estetika banyak bangunan didesain dengan bentuk asimetris. Bentuk asimetris pada bangunan diklasifikasikan memiliki ketidakberaturan. Ketidakberaturan dapat diklasifikasikan menjadi ketidakberaturan vertikal dan horizontal. Ketidakberaturan pada struktur bangunan diatur dalam Standar Nasional Indonesia 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Dalam skripsi ini akan dievaluasi struktur bangunan dengan ketidakberaturan horizontal pada bangunan berbentuk L.

Faktor gempa sangat penting dalam mendesain gedung bertingkat. Hal ini disebabkan oleh letak Indonesia yang menjadi pertemuan antara lempeng Eurasia, lempeng Indo-Austria, dan lempeng Pasifik. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut menyebabkan terjadinya gempa bumi. Maka dari itu, Indonesia merupakan daerah yang rawan gempa bumi. Gempa yang tidak diperhitungkan dengan baik saat mendesain struktur gedung dapat menyebabkan keruntuhan pada bangunan yang dapat menelan korban jiwa.

Dalam mendesain struktur gedung beton bertulang harus mengikuti kaidah-kaidah yang terdapat pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Peraturan ini terus diperbaharui seiring berkembangnya peta gempa yang ada di Indonesia. Perubahan peta gempa dipengaruhi oleh penemuan data dan sumber gempa baru di sejumlah wilayah Indonesia dengan potensi kekuatan lebih besar daripada perhitungan sebelumnya.

Maka dari itu bangunan lama yang didesain menggunakan peraturan lama harus ditinjau ulang menggunakan peraturan yang baru.

Bangunan lama dapat diperkuat dengan cara retrofitting. Retrofitting adalah usaha memperbaiki struktur bangunan eksisting baik secara lokal maupun global. Retrofitting lokal adalah perkuatan pada elemen struktur yang dapat dilakukan salah satunya dengan Fiber Reinforced Polymer dan steel jacket untuk perkuatan pada balok dan kolom, sedangkan retrofitting global adalah perkuatan yang dilakukan pada seluruh struktur bangunan yang berdiri. Pada studi analisis ini akan dilakukan retrofitting global pada bangunan eksisting yang telah ditinjau dengan peraturan baru.

1.2 Inti Permasalahan

Bangunan-bangunan di Indonesia yang berada di daerah rawan gempa banyak yang tidak memenuhi persyaratan gempa yang berlaku saat ini. Hal ini dikarenakan perubahan peta gempa yang telah diperbaharui mengubah beban gempa yang harus dihitung pada bangunan. Oleh karena itu, gedung yang didesain dengan SNI 03-1726-1989 harus dievaluasi menggunakan SNI 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk menentukan apakah perlu dilakukan perkuatan pada struktur gedung tersebut. Penelitian ini akan menganalisis kinerja sistem *retrofitting* global sebagai pilihan perkuatan untuk gedung tersebut dengan menggunakan breising baja konsentris dan eksentris.

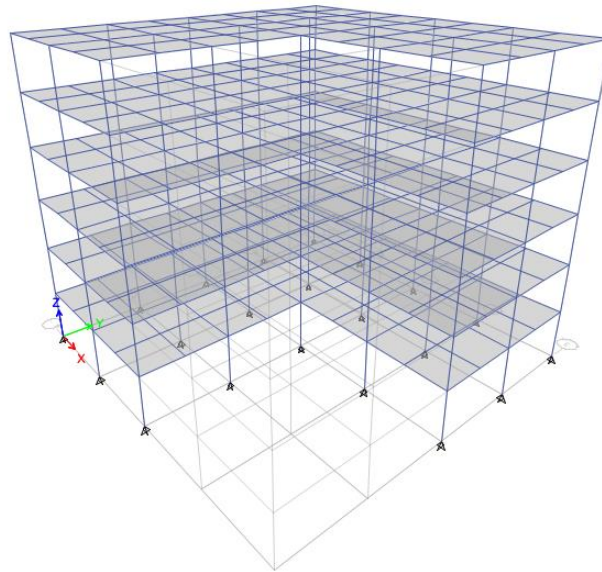
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengevaluasi bangunan terhadap peraturan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan melakukan penelitian tentang sistem *retrofitting* global mana yang cocok antara penggunaan breising konsentris atau eksentris.

1.4 Pembatasan Masalah

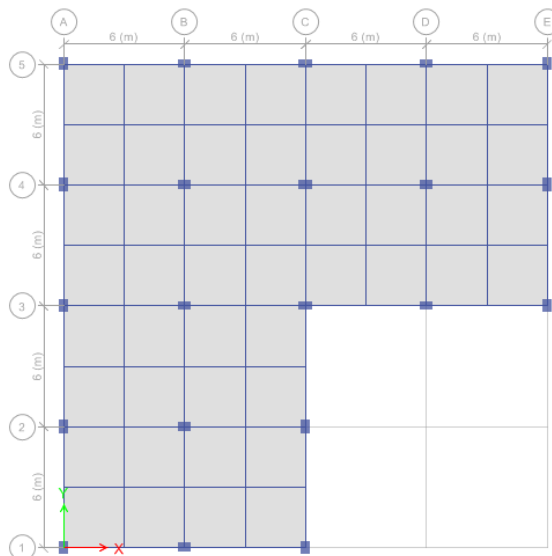
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan gedung struktur beton bertulang 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai, ketinggian masing-masing tingkat 3.5 m, dan terdiri atas 4 bentang dengan panjang masing-masing bentang 6 meter (seperti Gambar 1.1).



Gambar 1. 1 Pemodelan Gedung 3D

2. Geometri gedung asimetris dengan bentuk L (seperti Gambar 1.2).



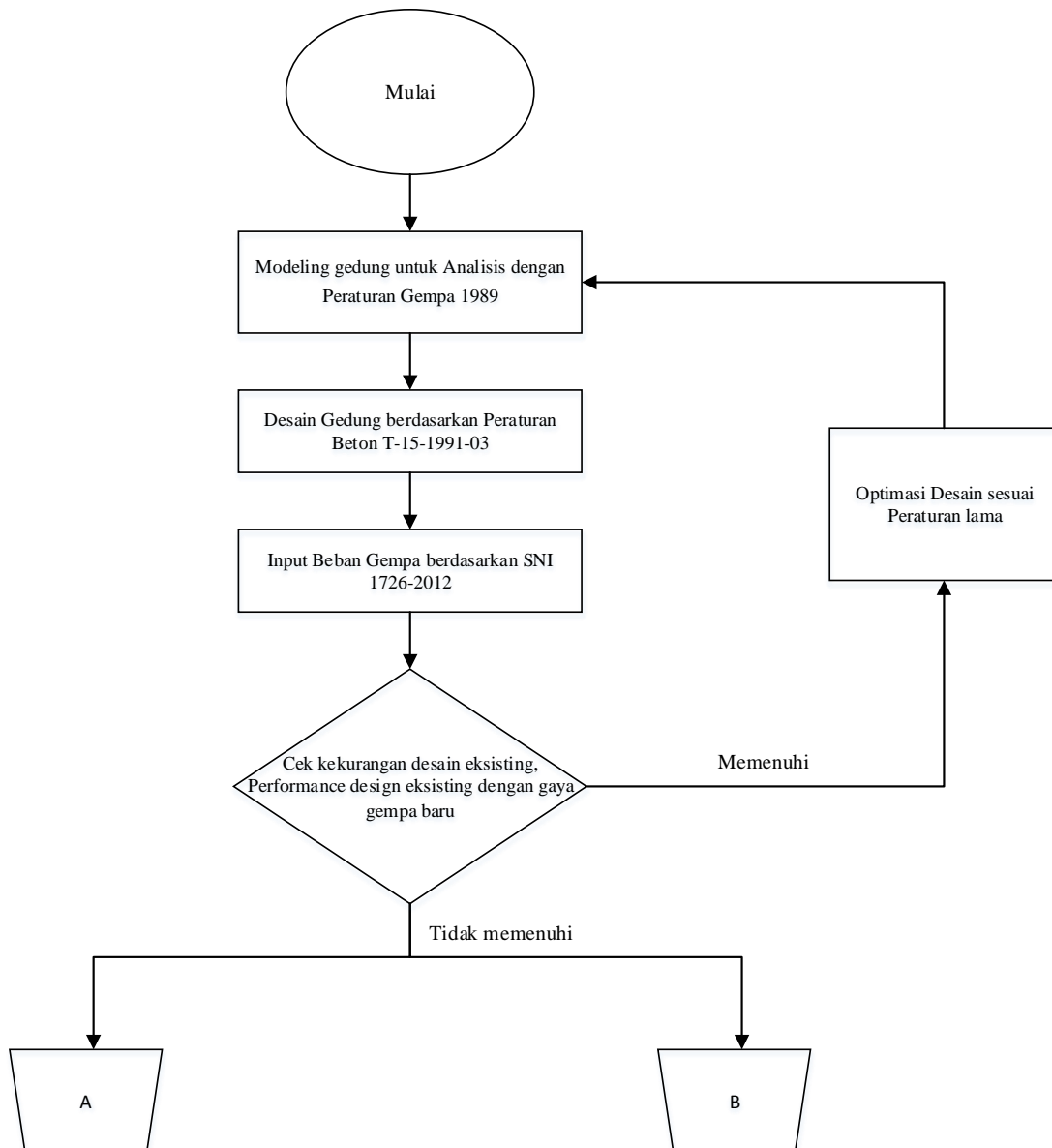
Gambar 1. 2 Pemodelan Gedung Tampak Atas

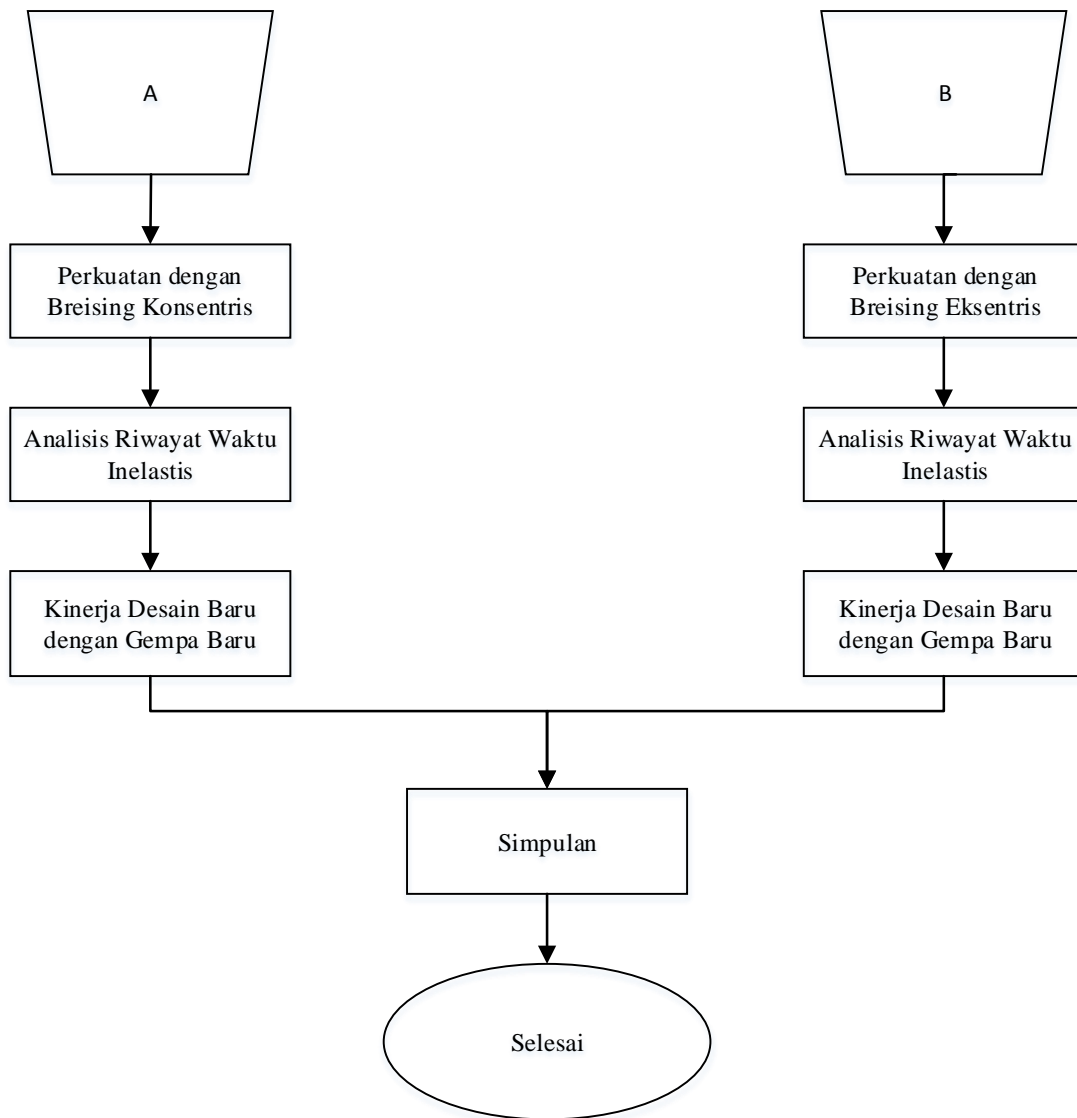
3. Bangunan adalah bangunan lama yang didesain menggunakan peraturan SNI 03-1726-1989.
4. Pemodelan dan analisis desain struktur bangunan lama menggunakan bantuan program ETABS v 9.74 dan perbaikan struktur dianalisis dengan program ETABS v 16.2.0.
5. Evaluasi terhadap bangunan lama menggunakan metode static ekuivalen, modal analisis, dan analisis riwayat waktu.
6. Fungsi bangunan adalah untuk apartemen.
7. Rekaman gempa yang digunakan dalam analisis dinamik riwayat waktu adalah:
 - a. Gempa El Centro tahun 1940
 - b. Gempa Denpasar tahun 1979, dan
 - c. Gempa Flores tahun 1990.
8. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:
 - a. SNI 03-1726-1989 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung
 - b. SNI 03-1727-1989 Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung
 - c. SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
 - d. Peta Gempa Indonesia 1989
 - e. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
 - f. SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung
 - g. SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
 - h. Peta Gempa Indonesia 2010.
9. *Retrofitting* menggunakan breising baja konvensional dengan konfigurasi *inverted-v*. Penambahan rangka baja terbreis dilakukan di luar struktur eksisting dengan Model 1 rangka baja terbreis konsentris, sedangkan Model 2 rangka baja terbreis eksentris.
10. Mutu beton yang digunakan $f_c' = 35$ MPa

11. Mutu baja tulangan yang digunakan $f_y = 420$ MPa

12. Dalam studi ini tidak dibahas mengenai sambungan antara struktur beton dan breising baja

1.5 Metode Penelitian





1. Studi Pustaka

Bahan-bahan yang digunakan sebagai referensi berasal dari buku-buku, paper, maupun peraturan yang berlaku mengenai pembebanan, bangunan beton, serta peraturan gempa.

2. Studi Numerikal

Analisis linier dan non-linier menggunakan bantuan program ETABS v 9.74. dan ETABS v 16.2.0. Sedangkan proses perhitungan menggunakan bantuan program Mathcad 14 dan Microsoft Excel.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan skripsi ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang akan digunakan dalam desain dan perhitungan struktur bangunan beton serta analisis retrofitting.

BAB 3 PEMODELAN, DESAIN DAN ANALISIS BANGUNAN

Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan beton bertulang menggunakan program ETABS 9.7.3 dan ETABS 16.2.0, serta pengecekan syarat struktur bangunan tahan gempa.

BAB 4 HASIL RETROFITTING DAN ANALISIS RIWAYAT WAKTU

Bab ini berisi hasil eksperimen jenis breising yang paling efektif, serta ukurannya. Juga berisi analisis berdasarkan transfer gaya pada breising.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan, serta saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.