

SKRIPSI

**ANALISIS INELASTIS STRUKTUR GEDUNG BAJA
ASIMETRIS NONPARALEL DENGAN BREISING
KONSENTRIS KHUSUS SEBAGAI SISTEM
PENGEKANG TORSI**



**KARMELIA CYNTHIA
NPM : 2016410059**

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
DESEMBER 2019**

SKRIPSI

**ANALISIS INELASTIS STRUKTUR GEDUNG BAJA
ASIMETRIS NONPARALEL DENGAN BREISING
KONSENTRIS KHUSUS SEBAGAI SISTEM
PENGEKANG TORSI**



**KARMELIA CYNTHIA
NPM : 2016410059**

**BANDUNG, DESEMBER 2019
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
DESEMBER 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Karmelia Cynthia

NPM : 2016410059

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul: **Analisa Inelastis Struktur Rangka Baja Asimetris Nonparalel dengan Breising Konsentris Khusus sebagai Sistem Pengekang Torsi** adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku.

Bandung, Desember 2019



Karmelia Cynthia

2016410059

ANALISIS INELASTIS STRUKTUR GEDUNG BAJA ASIMETRIS NONPARALEL DENGAN BREISING KONSENTRIS KHUSUS SEBAGAI SISTEM PENGEKANG TORSI

**Karmelia Cynthia
NPM: 2016410059**

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2019**

ABSTRAK

Bangunan semakin beraneka ragam, dikarenakan pemanfaatan denah lahan maupun untuk nilai estetika. Semakin beraneka ragamnya suatu bangunan, efek ketidakberaturan torsi sering ditemukan pada bangunan. Gedung yang memiliki ketidakberaturan jenis ini perlu didesain mengikuti peraturan yang ada. Pada penelitian ini, bangunan yang dianalisa mempunyai denah asimetris dengan sisi nonparalel. Bangunan dengan denah seperti ini memiliki ketidakberaturan torsi pada satu sisi bangunan. Dengan memahami perilaku eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan bangunan yang menimbulkan torsi, efek torsi bangunan akan dihilangkan dengan memperkaku sisi bangunan menggunakan breising konsentris khusus. Terdapat 2 model sistem struktur yang diuji berdasarkan sistem pengekangan torsinya, yaitu sistem *torsionally unrestrained* (model 1) dan *torsionally restrained* (model 2). Model 1 didesain dengan sistem pengekangan torsi hanya pada satu arah gempa yang menimbulkan terjadinya torsi. Sedangkan model 2 didesain dengan sistem pengekangan pada dua arah gempa yang saling tegaklurus, dimana pada arah tegaklurus gempa berfungsi sebagai “cadangan” pengekang torsi sehingga bangunan masih memiliki sistem pengekangan ketika pada arah yang menimbulkan terjadinya torsi mengalami plastifikasi. Kedua sistem struktur didesain berdasarkan perilaku elastisnya menggunakan analisis respon spektrum, respon inelastis diprediksi dengan perbesaran respon elastis berdasarkan SNI 1726:2012. Hasil prediksi ini dibandingkan dengan respon inelastis hasil analisis riwayat waktu. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* ETABS versi 2016.

Hasil respon inelastis menunjukkan bahwa model 1 memberikan hasil kurang baik dibanding model 2. Peralihan lantai maksimum pada model 1 melebihi prediksi 11-100% pada hampir seluruh lantai, sedangkan pada model 2 melebihi 11-85% pada lantai 1 sampai 3. Nilai rata – rata faktor pembesaran defleksi (C_d) pada model 1 yaitu 4,37 untuk arah X dan 5,03 untuk arah Y. Pada model 2 yaitu 3,79 untuk arah X dan 3,97 untuk arah Y, dengan C_d desain yaitu 5,5 untuk kedua model.

Nilai rata – rata faktor kuat lebih (Ω_o) pada model 1 yaitu 2,75 untuk arah X dan 4,19 untuk arah Y. Pada model 2 yaitu 2,60 untuk arah X dan 2,46 untuk arah Y, dengan Ω_o desain yaitu 3 untuk kedua model. Ketidakberaturan torsi terjadi pada kedua model setelah gempa terjadi, namun pada model 1 terjadi ketidakberaturan berlebihan. Hasil tingkat kinerja struktur kedua model adalah *collapse prevention*.

Kata kunci: breising konsentris khusus, ketidakberaturan torsi horizontal, sistem nonparalel, analisis riwayat waktu, kinerja struktur

INELASTIC ANALYSIS OF NON PARALLEL ASYMMETRICALLY STEEL BUILDING WITH SPECIAL CONCENTRICALLY BRACED FRAME AS TORSIONAL RESTRAINING SYSTEM

Karmelia Cynthia
NPM: 2016410059

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DECEMBER 2019

ABSTRACT

Buildings are built with many various designs to fulfilled aesthetic needs or to maximize the used of lands plan. As more various building designs, the effect of torque irregularity is easily found in a building. Buildings with this type of irregularity must be designed with a penalty following codes. This study analyzes building with asymmetrically plan with non-parallel system which torque irregularity exists in one axis. By understanding the eccentricity between the center of mass and the center of the stiffness of the building that causes torque, the effect of torque irregularity will be eliminated by designing the building with a more rigid element. For this study, a special concentrically braced frame is chosen.

Two types of structural designs are based on the torque restraining system will be analyzed in this study, which are torsionally unrestrained (model 1) and torsionally restrained (model 2). Model 1 is designed with a restraining system in only one axis, which causes torque. While model 2 is designed with a restraining system in two perpendicular axes of the building, with in perpendicular earthquake direction as torque control reserved when the other side which is caused torque is fully plasticized, so that the building still has a restraining system. Both of structural systems are designed based on their elastic response using spectrum response analysis, and the inelastic response will be predicted by magnifying the elastic response based on the value in SNI 1726:2012. The results of this prediction are compared with the actual inelastic response, which is analyzed by the time history analysis. The analysis is done using the ETABS software version 2016.

The results of inelastic responses show that model 1 gives unsatisfied results than model 2. The maximum displacement for model 1 exceeds the predicted value of 11%-100% on almost all stories, while for model 2 exceeds 11%-85% on the first to the third story. The deflection amplification factor (C_d) for model 1 is 4,37 (X-Axis) and 5,03 (Y-Axis). For model 2 is 3,79 (X-Axis) and 3,97 (Y-Axis), while C_d design is 5,5 for both model. The overstrength factor (Ω_o) for model 1 is 2,75 (X-Axis) and 4,19 (Y-Axis). For model 2 is 2,60 (X-Axis) and 2,46 (Y-Axis), while Ω_o design is 3 for both model. Torque irregularity occurs in both models after the earthquake happens; however, excessive torque occurs in model 1. The structure performance level for both models are collapse prevention.

Key words: special concentrically braced, horizontal torsional irregularity, nonparallel system, time history analysis

PRAKATA

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya dalam penulisan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini berjudul “Analisa Inelastis Struktur Rangka Baja Asimetris Nonparalel dengan Breising Konsentris Khusus sebagai Sistem Pengekang Torsi”, diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini pastinya penulis tidak terlepas dari berbagai hambatan dan tantangan. Namun berkat bimbingan, doa, kritik, saran, serta dukungan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis, Papa dan Mama selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik secara moral, materiil, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih juga kepada Pamela, selaku kakak kandung penulis yang selalu menemani, menghibur, dan senantiasa memberi dukungan agar skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik;
2. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu, arahan, dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Paulus Karta Wijaya dan Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan serta saran.
4. Herry Suryadi Djayaprabha, Ph.D., Buen Sian, Ir., MT., Lidya Fransisca Tjong, Ir., MT., Altho Sagara, ST., MT., Wisena Perceka, Ph.D., Liyanto Eddy, Ph.D. selaku dosen – dosen yang telah menghadiri serta memberikan masukan dan saran pada seminar judul dan seminar isi;
5. Dosen – dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama proses perkuliahan;
6. Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung penulis selama proses perkuliahan;
7. Lizette, Agatha, dan Rendy selaku teman karib dari awal perkuliahan yang selalu setia kapan pun, dimana pun, dan saat penulis dalam keadaan apa pun;

8. Teman – teman jawa yaitu Nicholas, Andreas, Soni, Kristian, Roy, Lizette, dan Agatha atas kebersamaannya yang selalu setia menghibur disaat banyak sekali rintangan dalam perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
9. Teman – teman dekat penyusun yang telah banyak menemani penulis saat masa perkuliahan yaitu Gilberta, Flavia, Gisella, Billey, dan Aldy;
10. Teman – teman seperjuangan skripsi yaitu Rendy, Wilson, Gabel, Glenn, Laurentius, Phine, dan Iola atas kebersamaannya dalam penyusunan skripsi;
11. Clarissa Jasinda selaku kakak angkatan yang telah memberikan banyak waktunya untuk bertukar pikiran dengan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
12. Teman – teman Sipil Unpar 2016 atas kebersamaannya selama ini;
13. Pihak lain yang tidak dapat ditulis satu persatu yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis memohon maaf apabila ada kesalahan yang kurang berkenan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan maupun untuk studi lebih lanjut dimasa depan.

Bandung, Desember 2019



Karmelia Cynthia

2016410059

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	v
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
TABEL GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Tujuan Penulisan	1-4
1.4 Pembatasan Masalah	1-4
1.5 Metodologi Penelitian	1-6
1.6 Sistematika Penulisan	1-8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Breising Konsentris	2-1
2.2 Sistem Torsionally unrestrained (TU) dan Torsionally Restrained (TR)...	2-3
2.3 SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain	2-4
2.3.1 Beban Mati	2-4
2.3.2 Beban Hidup	2-4

2.4 SNI 7860:2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung	2-5
2.4.1 Persyaratan Komponen Struktur	2-5
2.5 Analisis Bangunan Tahan Gempa	2-7
2.6. Analisis Respon Spektrum berdasarkan SNI 1726:2012	2-7
2.6.1 Gempa Rencana	2-7
2.6.2 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan ..	2-7
2.6.3 Klasifikasi situs	2-8
2.6.4 Wilayah Gempa dan Respons Spektrum.....	2-9
2.6.5 Kategori Desain Seismik.....	2-11
2.6.6. Sistem Struktur Penahan Gempa.....	2-12
2.6.7 Kombinasi Pembebanan.....	2-13
2.6.8 Strktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	2-16
2.6.9 Arah Pemebebanan.....	2-18
2.6.10 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-19
2.6.11 Skala Gaya	2-21
2.6.12 Batas Simpangan Antar Lantai.....	2-21
2.6.13 Analisis Spektrum Respons Ragam	2-22
2.7 Analisis Riwayat Waktu Nonlinier	2-23
2.7.1 Matched to Response Spectrum	2-24
2.7.2 Model Histeresis	2-24
2.7.3 Rotasi Sendi Plastis pada Komponen Baja Struktural	2-25
2.7.4 Tingkat Kinerja Struktur	2-25
BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR	3-1
3.1 Data Bangunan	3-1
3.1.1 Data Struktur	3-2
3.1.2 Data Material.....	3-2
3.1.3 Pembebanan Struktur	3-2
3.1.4 Kombinasi Pembebanan.....	3-4

3.2. Desain Bangunan dengan Breising	3-5
3.3 Hasil Analisis Respon Spektrum.....	3-11
3.2.1 Peralihan Lantai Maksimum	3-11
3.2.2 Pengecekan Simpangan Antar Lantai	3-13
3.2.3 Pemeriksaan ketidakberaturan	3-15
3.2.3 Pemeriksaan Kapasitas.....	3-16
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1 Analisis Riwayat Waktu Inelastis	4-1
4.2.1 Peralihan Maksimum Tiap Lantai	4-5
4.2.3 Simpangan Antar Lantai	4-9
4.2.4 Faktor Pembesaran Defleksi	4-13
2. Model 2	4-14
4.2.5 Gaya Geser Dasar.....	4-15
4.2.6 Distribusi Sendi Plastis	4-17
4.2.7 Ketidakberaturan Torsi.....	4-24
4.2.7 Tingkat Kinerja Struktur	4-27
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran.....	5-3
DAFTAR PUSTAKA	xix

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

B	: Lebar flens profil WF
C	: Matriks redaman
C_d	: faktor pembesaran defleksi
C_u	: Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung
C_t	: Parameter untuk periode fundamental pendekatan
C_s	: Koefisien respons seismik
D	: Beban mati
E	: Beban gempa
E_v	: Beban gempa vertikal
E_h	: Beban gempa horizontal
E_c	: Modulus elastisitas beton
E_s	: Modulus elastisitas baja
F_a	: Koefisien situs untuk periode 0,2 detik
F_v	: Koefisien situs untuk periode 0,1 detik
f_c	: Kuat tekan
f_u	: Tegangan ultimate
f_y	: Kuat leleh
H	: tinggi profil WF
h_n	: Tinggi struktur
h_{sx}	: tinggi tingkat dibawah x
I_e	: Faktor Keutamaan Gempa
L	: Beban hidup
L_r	: Beban hiduap atap
MCE_R	: Risk Targeted Maximum Considered Earthquake
R	: Koefisien modifikasi respons
R	: Beban hujan
S_a	: Spektrum respons percepatan desain
S_{DS}	: Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0.2 detik

- S_{D1} : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
 S_{MS} : Parameter spektral respons percepatan pada periode 0,2 detik
 S_{M1} : Parameter spektral respons percepatan pada periode 1 detik
 S_s : Parameter percepatan gempa pada periode 0,2 detik
 S_1 : Parameter percepatan gempa pada periode 1 detik
 T : periode fundamental struktur
 T_a : Periode fundamental pendekatan
 t_f : Tebal flens profil WF
 t_w : Tebal web profil WF
 u : Peralihan struktur
 V : Gaya geser dasar seismik
 V_s : Gaya lateral statik
 V_t : Gaya geser dari kombinasi ragam yang disyaratkan
 W : Beban angin
 x : Parameter untuk periode fundamental pendekatan
 Z : Modulus penampang plastis
 Ω_0 : Faktor kuat lebih
 ρ : Faktor reduksi
 Δ : Simpangan antar lantai
 Δ_a : batas simpangan antar lantai tingkat ijin
 δ_{xe} : Defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastis
 ϕ : Faktor ketahanan
 Ω : Faktor keamanan
 Ω_0 : Faktor Kuat Lebih
 γ : Berat jenis baja
 γ_c : Berat jenis beton

TABEL GAMBAR

Gambar 1. 1 Sistem nonparalel	1-2
Gambar 1. 2 Model 3 Dimensi Bangunan: (a) <i>Torsionally Unrestrained</i> ; (b) <i>Torsionally Restrained</i>	1-6
Gambar 1. 3 Diagram Alir	1-7
Gambar 2. 1 Breising Konsentris Saat Menerima Gaya Lateral Gempa (sumber: Engelhardt, 2007)	2-1
Gambar 2. 2 Kurva Respon Breising saat Diberi Beban Aksial Siklik (sumber: Michael D. Engelhardt, 2007).....	2-2
Gambar 2. 3 (a) Kurva histeresis global struktur rangka breising; dan (b) Kurva histeresis elemen breising (sumber: Michael D. Engelhardt, 2007).....	2-3
Gambar 2. 4 Penentuan Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan Deformasi.....	2-26
Gambar 3. 1 Tampak 3 Dimensi Model Bangunan Tanpa Breising	3-1
Gambar 3. 2 Grafik Spektrum Respons Kota Bandung pada Kelas Situs D.....	3-4
Gambar 3. 3 Penempatan breising tampak atas model 1	3-5
Gambar 3. 4 Penempatan breising tampak atas model 2	3-6
Gambar 3. 5 Grid Bangunan	3-7
Gambar 3. 6 Elevasi 1 Model 1 dan Model 2	3-8
Gambar 3. 7 Elevasi 5 Model 1 dan Model 2	3-8
Gambar 3. 8 Elevasi 3 Model 1 dan Model 2 (Bagian Interior Bangunan)	3-8
Gambar 3. 9 Elevasi A dan B Model 1 (Sisi Nonparalel Bangunan Model 1)	3-9
Gambar 3. 10 Elevasi A dan B Model 2 (Sisi Nonparalel Bangunan Model 2) .	3-9
Gambar 3. 11 Denah Balok Tipikal tiap Lantai Model 1.....	3-10
Gambar 3. 12 Denah Balok Tipikal tiap Lantai Model 2.....	3-10
Gambar 3. 13 Hubungan Antar Elemen.....	3-11
Gambar 3. 14 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Respon Elastis Model 1.....	3-12
Gambar 3. 15 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Respon Elastis Model 2.....	3-13
Gambar 3. 16 Simpangan Antar Lantai Model 1	3-14

Gambar 3. 17 Simpangan Antar Lantai Model 2	3-15
Gambar 3. 18 D/C Rasio Elevasi 1 Model 1	3-16
Gambar 3. 19 D/C Rasio Elevasi 5 Model 1	3-16
Gambar 3. 20 D/C Rasio Elevasi A dan B Model 1	3-17
Gambar 3. 21 D/C Rasio Elevasi 4 Model 1	3-17
Gambar 3. 22 D/C Rasio Elevasi 1 Model 1	3-18
Gambar 3. 23 D/C Rasio Elevasi 5 Model 2	3-18
Gambar 3. 24 D/C Rasio Elevasi A dan B Model 2	3-19
Gambar 3. 25 D/C Rasio Elevasi 4 Model 2	3-19
Gambar 4. 1 Penempatan Sendi Plastis Elevasi 1 pada Model 1 dan Model 2....	4-2
Gambar 4. 2 Penempatan Sendi Plastis Elevasi 5 pada Model 1 dan Model 2....	4-2
Gambar 4. 3 Penempatan Sendi Plastis Elevasi A dan B pada Model 1	4-3
Gambar 4. 4 Penempatan Sendi Plastis Elevasi A dan B pada Model 2.....	4-3
Gambar 4. 5 Target/Matched Response Spectrum El Centro 1940 N-S – Bandung	4-4
Gambar 4. 6 Reference/Spectrally Matched Acceleration Time History El Centro 1940 N-S – Bandung.....	4-4
Gambar 4. 7 Target /Matched Response Spectrum Denpasar 1797 B-T – Bandung	4-4
Gambar 4. 8 Reference/Spectrally Matched Acceleration Time History Denpasar 1797 B-T – Bandung.....	4-4
Gambar 4. 9 Target /Matched Response Spectrum Flores 1992 – Bandung	4-5
Gambar 4. 10 Reference/Spectrally Matched Acceleration Time History Flores 1992 – Bandung.....	4-5
Gambar 4. 11 Grafik Peralihan Lantai Maksimum Inelastis Arah X Model 1	4-6
Gambar 4. 12 Grafik Peralihan Lantai Maksimum Inelastis Arah Y Model 1	4-6
Gambar 4. 13 Grafik Peralihan Lantai Maksimum Inelastis Arah X Model 2	4-7
Gambar 4. 14 Grafik Peralihan Lantai Maksimum Inelastis Arah Y Model 2	4-8
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Peralihan Lantai Maksimum Inelastis Arah X	4-8

Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Peralihan Lantai Maksimum Inelastis Arah X	4-9
Gambar 4. 17 Grafik Simpangan Antar Lantai Inelastis Arah X Model 1	4-10
Gambar 4. 18 Grafik Simpangan Antar Lantai Inelastis Arah Y Model 1	4-11
Gambar 4. 19 Grafik Simpangan Antar Lantai Inelastis Arah X Model 2	4-12
Gambar 4. 20 Grafik Simpangan Antar Lantai Inelastis Arah Y Model 2	4-12
Gambar 4. 21 Faktor Pembesaran Defleksi, Cd A Model 1: (a) Arah X; dan (b) Arah Y.....	4-14
Gambar 4. 22 Faktor Pembesaran Defleksi, Cd A Model 2: (a) Arah X; dan (b) Arah Y.....	4-15

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beban hidup terdistribusi merata dan beban hidup terpusat minimum	2-4
Tabel 2. 2 Rasio Lebar terhadap Ketebalan Elemen Tekan untuk Komponen Struktur Daktail Sedang dan Daktail Tinggi	2-6
Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan	2-8
Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa	2-8
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs	2-9
Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_a	2-10
Tabel 2. 7 Koefisien Situs, F_v	2-11
Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek	2-12
Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik	2-12
Tabel 2. 10 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	2-13
Tabel 2. 11 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	2-21
Tabel 2. 12 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	2-21
Tabel 2. 13 Simapangan antar lantai ijin, Δ_a	2-22
Tabel 3. 1 Data Perencanaan Ketahanan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012... 3-3	
Tabel 3. 2 Dimensi Profil Kolom, Balok. Breising.....	3-7
Tabel 3. 3 Peralihan Lantai Maksimum Model 1.....	3-11
Tabel 3. 4 Peralihan Lantai Maksimum Model 2.....	3-12
Tabel 3. 5 Simpangan Antar Lantai Model 1	3-13
Tabel 3. 6 Simpangan Antar Lantai Model 2	3-14
Tabel 3. 7 Pemeriksaan Ketidakberaturan Horisontal dan Vertikal.....	3-15
Tabel 4. 1 Jarak Relatif dan Tipe Kegagalan Sendi Plastis pada Setiap Elemen Struktur.....	4-1
Tabel 4. 2 Simpangan Antar Lantai Inelastis Model 1.....	4-10

Tabel 4. 3 Simpangan Antar Lantai Inelastik Model 2	4-11
Tabel 4. 4 Faktor Pembesaran Defleksi, Cd Model 1	4-13
Tabel 4. 5 Faktor Pembesaran Defleksi, Cd Model 2	4-14
Tabel 4. 6 Faktor Kuat-Lebih, Ω_0 Model 1	4-16
Tabel 4. 7 Faktor Kuat-Lebih, Ω_0 Model 2	4-16
Tabel 4. 8 Waktu dan Lokasi Terjadinya Sendi Plastis	4-18
Tabel 4. 9 Ketidakberaturan Torsi akibat Gempa El Centro 1940 Model 1	4-24
Tabel 4. 10 Ketidakberaturan Torsi akibat Gempa Flores 1992 Model 1	4-25
Tabel 4. 11 Ketidakberaturan Torsi akibat Gempa Denpasar 1979 Model 1	4-25
Tabel 4. 12 Ketidakberaturan Torsi akibat Gempa EL Centro 1940 Model 2 ...	4-26
Tabel 4. 13 Ketidakberaturan Torsi akibat Gempa Flores 1992 Model 2	4-26
Tabel 4. 14 Ketidakberaturan Torsi akibat Gempa Denpasar 1979 Model 2	4-27
Tabel 4. 15 Tingkat Kinerja Struktur	4-27

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PEMODELAN DAN ANALISIS BANGUNAN TANPA BREISING	L1-1
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN FAKTOR SKALA MODEL 1 DAN 2	L2-1
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN KETIDAKBERATURAN	L3-1
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN KEKUATAN BREISING, BALOK, DAN KOLOM	L4-1
LAMPIRAN 5 KURVA HISTERESIS LOKAL ELEMEN STRUKTUR	L5-1

BAB 1

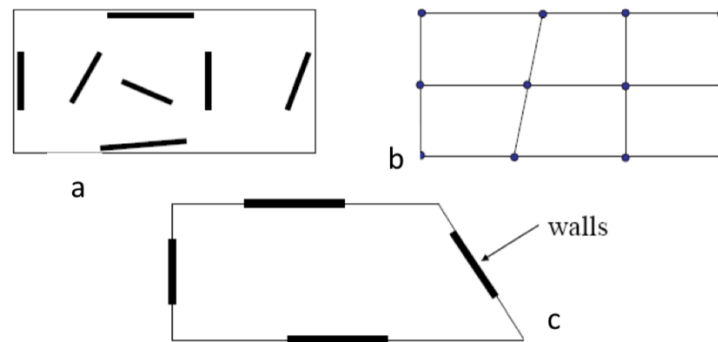
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki resiko tinggi terhadap gempa. Hal ini disebabkan karena Indonesia berada di antara pertemuan tiga lempeng tektonik aktif: Lempeng Pasifik; Lempeng Eurasia; dan Lempeng Indo-Australia. Oleh karena itu, beban gempa menjadi salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan pada pembangunan gedung tinggi di Indonesia. Gempa dapat mengakibatkan kerugian material, kerusakan gedung – gedung dan infrastruktur, maupun kematian. Melalui “kesiapsiagaan” berbagai dampak atau resiko yang ditimbulkan oleh gempa dapat diminimalkan. Untuk itu semua informasi mengenai sumber gempa, penguasaan ilmu pengetahuan, dan teknologi untuk penanganan pencegahan, penelitian, dan penyiapan standar pedoman manual mitigasi bencana harus disebarluaskan kepada seluruh masyarakat Indonesia. Pada penelitian ini akan difokuskan pada perancangan bangunan tahan gempa sebagai salah satu bentuk kontribusi meminimalkan dampak terjadinya gempa.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, masalah yang dihadapi adalah penentuan sistem struktur yang efektif dan efisien tanpa menyampingkan nilai – nilai arsitekturnya. Jika diamati, bangunan seringkali didesain dalam bentuk yang tidak teratur untuk menambah nilai estetika bangunan maupun untuk memaksimalkan pemanfaatan lahan. Bentuk yang tidak teratur ini menimbulkan masalah ketidakberaturan kinerja seismik bangunan. Salah satu bentuk bangunan yang tidak teratur adalah bangunan dengan sisi yang nonparalel. Sesuai pada SNI 1726:2012, ketidakberaturan nonparalel terjadi ketika penahan lateral vertikal tidak paralel dengan sumbu orthogonal utama dari sistem penahan gempa (Gambar 1.1). Sistem penahan yang tidak berada pada sumbu orthogonal akan cenderung kurang efektif dalam menahan beban lateral. Efek lebih lanjut dari ketidakberaturan nonparalel dapat mengakibatkan torsi hingga terjadi kerusakan lokal. Namun bukan berarti bahwa sistem nonparalel tidak dapat direncanakan.

Sistem nonparalel perlu ditinjau lebih lanjut akan konsekuensinya terhadap beban lateral.



Gambar 1. 1 Sistem nonparalel

Ketidakteraturan lainnya yang sering dijumpai adalah ketidakberaturan torsi. Berdasarkan SNI 1726:2012, ketidakberaturan torsi terjadi jika adanya torsi tak terduga yang ditinjau dari adanya simpangan antar lantai maksimum yang lebih besar dari 1,2 kali rata - rata simpangan antar lantai di kedua ujung struktur. Atau termasuk ketidakberaturan torsi berlebihan jika lebih besar dari 1,4 kali rata - rata simpangan antar lantai di kedua ujung struktur. Ketidakteraturan ini biasanya terjadi karena adanya efek bukaan pada diafragma, yang dibutuhkan untuk *void*, atau dikarenakan denah bangunan yang tidak simetris.

Untuk membangun gedung tahan gempa, struktur bangunan harus dapat mendisipasi energi gempa dan memiliki daktilitas agar bangunan dapat tetap bertahan ketika sudah melewati masa elastisnya sehingga bangunan tidak mengalami keruntuhan mendadak. Sifat daktil merupakan salah satu keunggulan material baja dibanding beton dan kayu sehingga baja sering digunakan dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa. Dalam perencanaan bangunan, baja menjadi pilihan juga karena berat struktur yang ringan dibanding material beton sehingga beban gempa dapat diminimalisir.

Seiring perkembangan teknologi, penggunaan breising baja telah menjadi metode yang populer untuk memperkaku dan memperkuat bangunan tahan gempa pada rangka beton bertulang dan rangka baja. Breising baja dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan, kekuatan, daktilitas, disipasi energi, serta

kombinasi keempatnya. Berbagai macam tipe bresing yang sering digunakan antara lain: Sistem Rangka Breising Konsentris/*Concentrically Braced Frame* (CBF), Sistem Rangka Breising Eksentris/*Eccentrically Braced Frame* (EBF), dan *Buckling – Restrained Braced Frame* (BRBF). Masing – masing sistem memiliki kelebihan masing – masing. Pada studi ini akan digunakan sistem rangka bresing konsentris khusus. Sistem rangka bresing konsentris khusus merupakan sistem struktur penahan momen, yang ditambahkannya bresing pada perimeter maupun interior bangunan.

Breising yang terletak pada perimeter bangunan dapat membantu mereduksi efek ketidakberaturan torsi pada bangunan. Bresing konsentris cenderung ekonomis untuk *low-rise* building dan efektif dalam menahan beban lateral karena kekuatan dan kekakuannya. Menurut pakar teknik sipil, Paulay T (2000) juga memberikan pernyataan bahwa untuk menjaga kestabilan struktur akibat ketidakberaturan pada bangunan, khususnya efek ketidakberaturan torsi yang terjadi pada bangunan, akan efektif bila ada sistem pengekangan pada perimeter bangunan.

Suatu struktur yang dikenai beban besar seperti gaya gempa akan cenderung berdeformasi hingga batas inelastisnya. Oleh karena itu struktur bangunan yang berada pada daerah rawan gempa perlu didesain berdasarkan respon inelastisnya. Namun untuk mengetahui respon inelastis pada bangunan akan lebih rumit dilakukan dan membutuhkan proses yang lebih lama. Sehingga pada peraturan SNI 1726:2012 telah diketahui faktor pembesaran respon elastis untuk mengetahui prediksi respon inelastisnya. Sehingga untuk berbagai macam bangunan tidak perlu lagi melakukan analisis nonlinier, dimana hal ini akan lebih menghemat waktu. Namun untuk memastikan kembali keakuratan dari faktor – faktor ini pada berbagai sistem, perlu dilakukan perbandingan pada penelitian – penelitian lebih lanjut mengenai faktor pembesaran yang telah tertera pada peraturan.

1.2 Inti Permasalahan

Fokus permasalahan struktur yang dikaji pada skripsi ini adalah gedung baja 6 lantai yang memiliki bentuk denah asimetris, yang memiliki sisi perimeter

nonparalel. Bangunan tipe ini memiliki ketidakberaturan torsi. Efek torsi akan dihilangkan dengan menggunakan dua sistem pengekangan torsi yang telah dikaji oleh Paulay (2000), yaitu sistem *torsionally restrained* dan *torsionally unrestrained*. Studi ini akan melakukan analisis respon inelastis kedua sistem struktur untuk mengetahui keakuratan prediksi respon inelastis struktur.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah mengetahui perbandingan hasil respon inelastis dengan prediksinya berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, pada bangunan baja asimetris yang terdapat sisi nonparalel yang diberi sistem pengekangan: (1) *torsionally unrestrained* dan (2) *torsionally restrained*.

1.4 Pembatasan Masalah

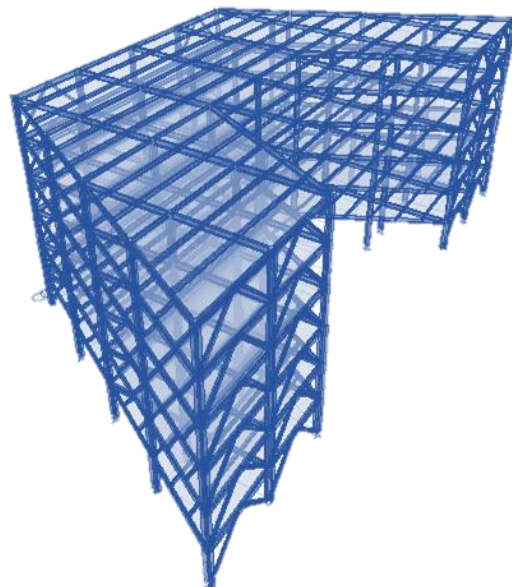
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem struktur yang digunakan adalah Rangka Baja dengan Breising Konsentris Khusus dan Rangka Baja Pemikul Momen Khusus.
2. Bangunan memiliki 6 lantai dengan ketinggian antar lantai 4 m.
3. Bangunan terletak di kota Bandung dengan kelas situs SD.
4. Fungsi bangunan adalah gedung perkantoran.
5. Sistem struktur yang dievaluasi dan dibandingkan dengan 2 karakteristik sistem pengekangan: (1) *torsionally unrestrained* dan (2) *torsionally restrained*.
6. Komponen struktur balok, kolom, dan breising menggunakan baja dengan mutu BJ-37 dengan $f_y = 240$ MPa dan $F_u = 370$ MPa.
7. Profil yang digunakan mengacu pada profil *Japanese Industrial Standard (JIS)*.
8. Tidak diperhitungkan keterkaitan struktur dengan pondasi.
9. Fungsi bangunan adalah gedung perkantoran.
10. Analisis dinamik menggunakan analisis riwayat waktu dengan 3 rekaman percepatan tanah akiabat gempa, yaitu El Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 B-T, dan Flores 1992.

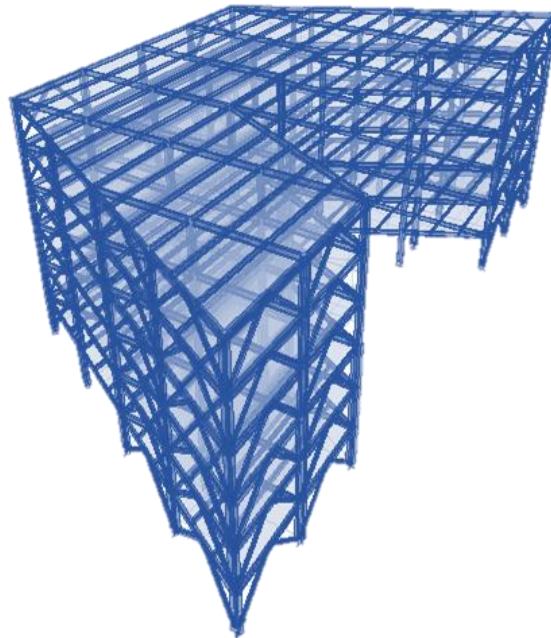
11. Peraturan – peraturan yang digunakan adalah:

- SNI 03-1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- SNI 03-1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 03-7860:2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Bangunan Gedung Baja.
- SNI 03-1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- SNI 7972:2013 Sambungan Terprakualifikasi Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja
- Peta Gempa Indonesia 2017.

12. Tahap perencanaan dan analisis menggunakan perangkat lunak ETABS 2016.



(a)



(b)

Gambar 1. 2 Model 3 Dimensi Bangunan: (a) *Torsionally Unrestrained*; (b) *Torsionally Restrained*

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

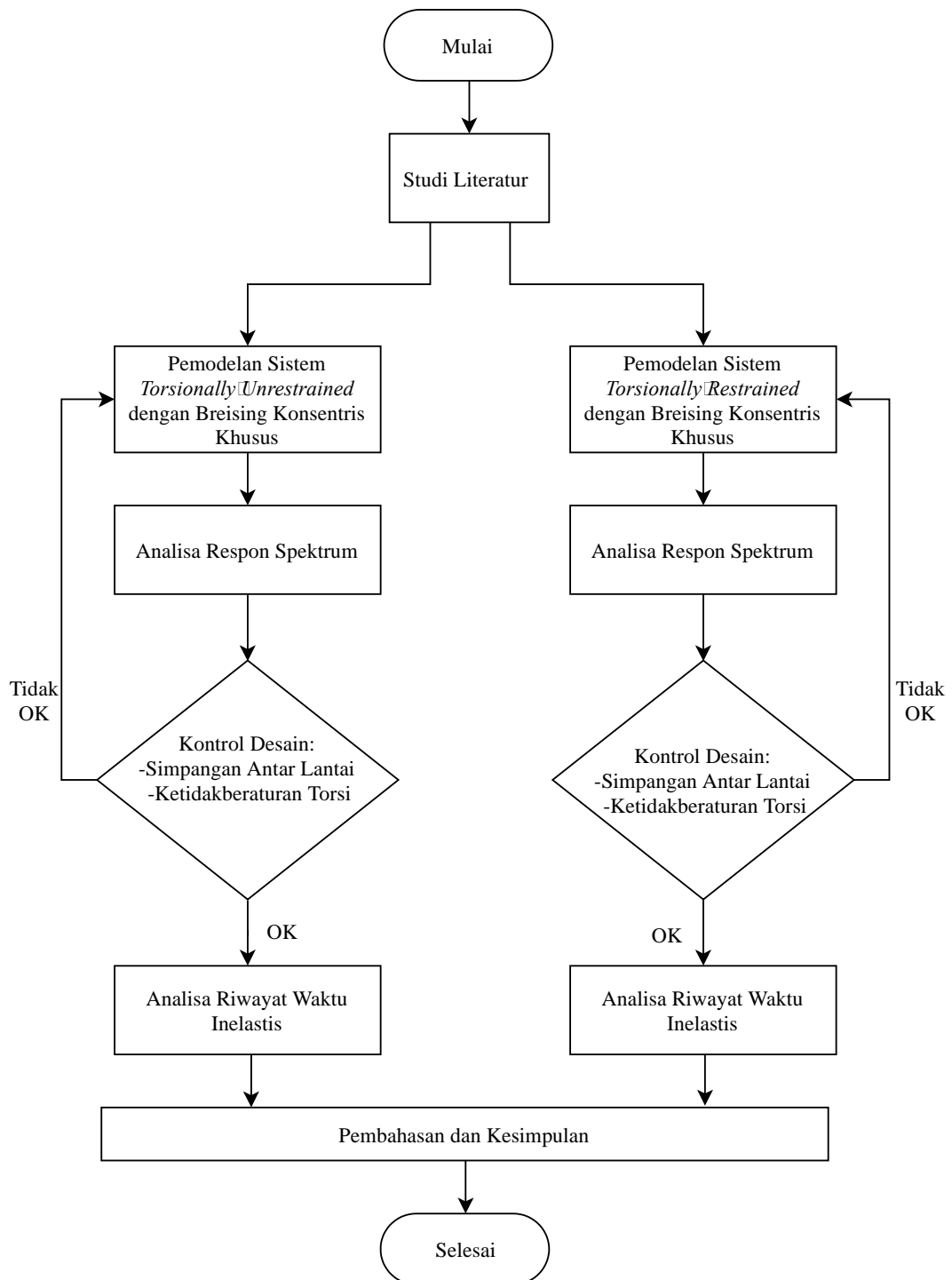
1. Studi pustaka

Referensi studi pustaka berasal dari buku, jurnal, artikel, dan peraturan – peraturan yang berlaku sebagai pedoman dalam perancangan gedung baja tahan gempa.

2. Studi analisis

Analisis model struktural dilakukan dengan bantuan program ETABS 16.2.1. Dalam proses perhitungan dilakukan dengan bantuan program Mathcad 15 dan Microsoft Excel.

Alir penelitian dapat dilihat pada (Gambar 1.3).



Gambar 1.3 Diagram Alir

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan teori – teori dan *code* yang dijadikan acuan dalam proses desain dan analisis pada skripsi ini.

BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang tahap perencanaan model struktur yang akan dianalisis dan detail – detail material yang digunakan dalam struktur dengan menggunakan bantuan ETABS 16.2.0, Mathcad 15, dan Microsoft Excel.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan perbandingan hasil analisis riwayat waktu struktur dengan berbagai system pengekangan dari program ETABS 2016 berupa perilaku inelastik struktur bangunan baja pada sistem *torsionally restrained* / TR dan *torsionally unrestrained* / TU.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan akhir dari hasil analisis yang menjawab rumusan masalah serta saran – saran yang diajukan penulis untuk studi selanjutnya yang berkaitan dengan topik penelitian ini.