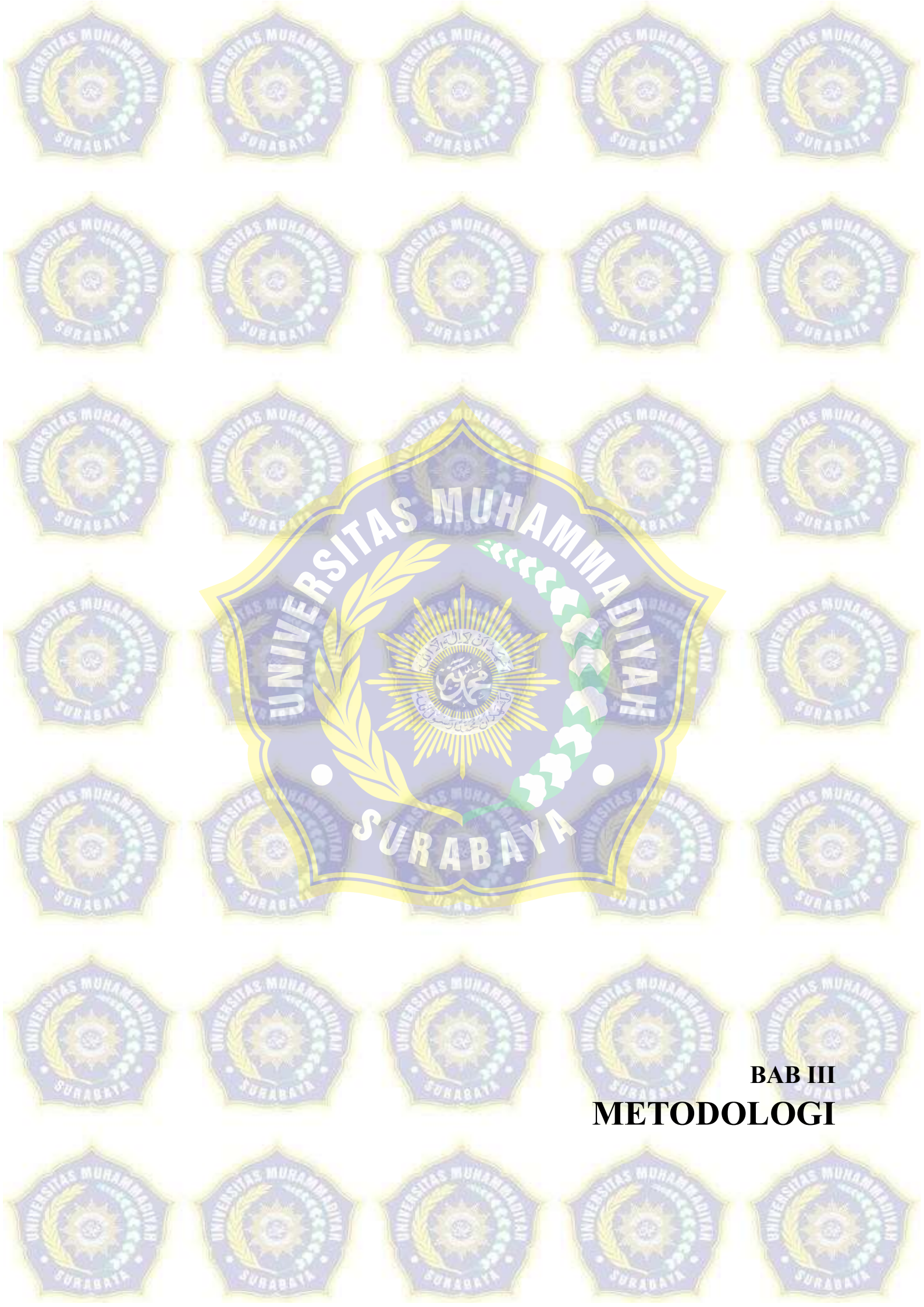




BAB III

METODOLOGI

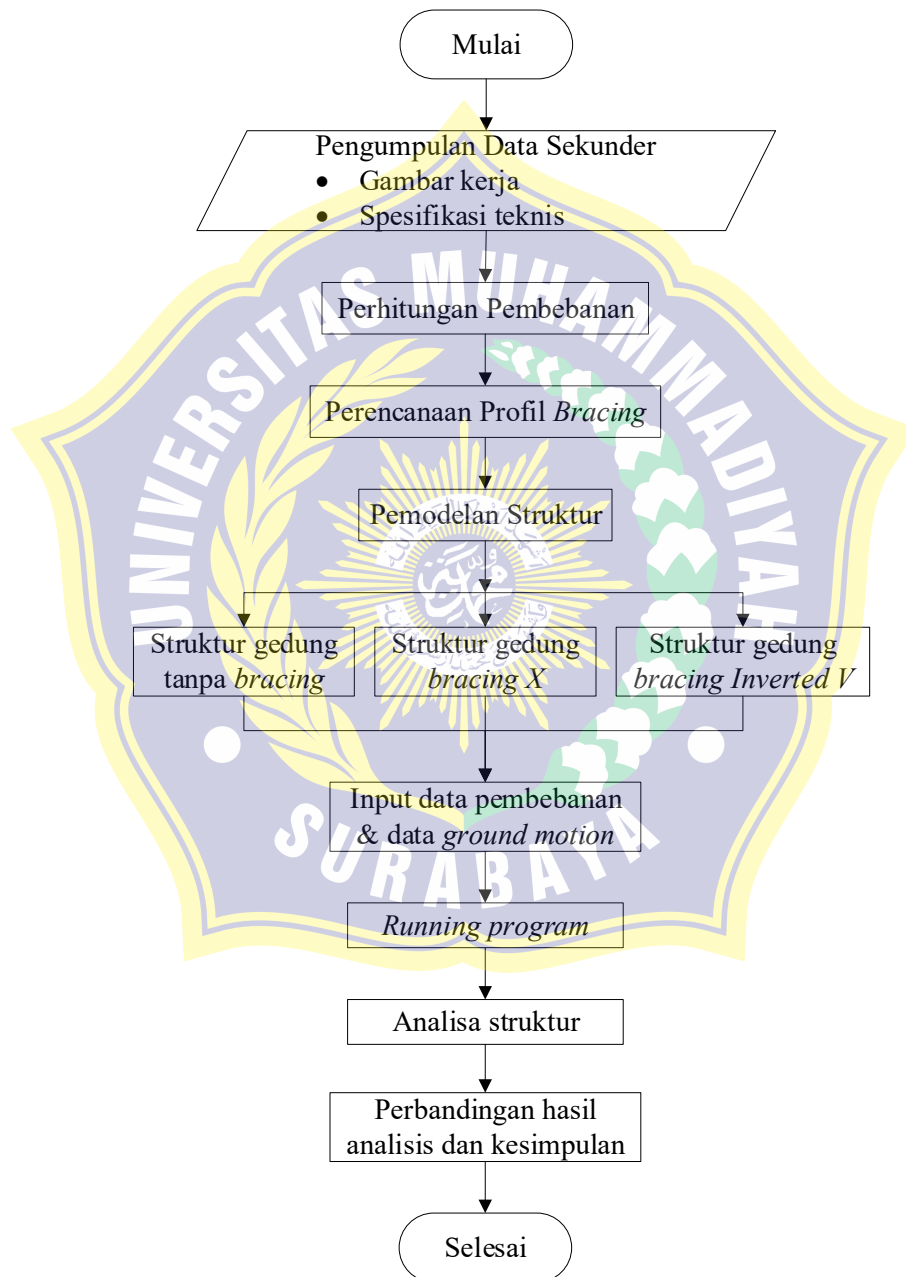


BAB III

METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi ini akan menguraikan secara rinci tahap-tahap penyelesaian penelitian ini. Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir seperti pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian.

Sumber: Hasil analisis (2026)

3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah dalam menganalisa kinerja sistem *bracing* terhadap struktur gedung bertulang adalah sebagai berikut:

3.2.1 Pengumpulan data

Informasi umum mengenai gedung yang akan dijadikan analisa adalah sebagai berikut:

1. Data umum bangunan yang mau dianalisis sebagai berikut:

1. Fungsi bangunan : Perkuliahan
2. Lokasi bangunan : Surabaya
3. Jumlah lantai : 8 lantai
4. Struktur utama : beton bertulang
5. Tinggi bangunan : 30,6meter

2. Informasi data material struktur dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Data material.

Material	Parameter	Nilai
Beton	Mutu beton	30 MPa
Baja	Mutu baja	BJ 37
Mutu tulangan	Tulangan Utama (f_y)	400 MPa
	Tulangan Geser (f_y)	200 MPa
Diameter Tulangan	Tulangan Utama (D_1)	D22 mm dan D16 mm
	Tulangan Sengkang (ϕ_s)	$\phi 10$ mm dan $\phi 8$ mm
Modulus Elastisitas	Beton	$4700\sqrt{f'_c} = 25.742$ MPa
	Baja	200.000 MPa

Sumber: Hasil analisis (2026)

3.2.2 Studi Literatur

Dalam mendukung penyusunan tugas akhir ini, dilakukan kajian terhadap berbagai literatur yang berkaitan dengan analisis kinerja sistem *bracing* terhadap perilaku struktur gedung bertulang. Dalam prosesnya, penulis mengacu pada beberapa tandar dan pedoman teknis, antara lain:

- a. SNI 1726-2019 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.”
- b. SNI 1727-2020 tentang “Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”
- c. SNI 1729-2020 tentang “Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.”
- d. Yudha Lesmana, *Handbook*, Analisa dan desain struktur baja berdasarkan SNI 1729-2020.
- e. Yudha Lesmana, *Handbook*, Basic theory nonlinier time history analysis.
- f. Yudha Lesmana, *Handbook*, Prosedur analisa beban gempa struktur bangunan gedung.

g. ASCE/SEI 41-17, “*Seismic Evalution and Retrofit of Esisting Building*”.

3.2.3 Pembebanan

Dalam analisa pembebanan struktur tahan gempa, ada beberapa beban yang perlu diperhitungkan sesuai dengan SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020.

3.2.3.1 Dead Load (Beban Mati)

Berdasarkan SNI 1727-2020, beban mati adalah berat dari semua material konstruksi yang terpasang pada bangunan, termasuk dinding, tangga, atap, penyelesaian komponen arsitektural, dan elemen struktural lainnya.

3.2.3.2 Super Imposed Dead Load (SIDL)

Adapun beban *Super Imposed Dead Load* (SIDL) yang diperhitungkan dalam perencanaan ini sebagai berikut:

- *Super Imposed Dead Load* (SIDL) pada lantai:

- a. Berat keramik (1cm) = 24 kg/m^2
- b. Berat spesi (2cm) = 42 kg/m^2
- c. Plafon + penggantung = 17 kg/m^2
- d. Instalasi listrik = 10 kg/m^2
- e. Pipa air bersih dan air kotor = 10 kg/m^2
- f. Berat total = $103 \text{ kg/m}^2 = 1,03 \text{ KN/m}^2$

3.2.3.3 Beban Hidup

Dengan mengacu pada SNI 1727-2020; Tabel 4.3-1; Hal-29, beban hidup untuk gedung perkuliahan adalah $1,92 \text{ kN/m}^2$

3.2.3.4 Beban Gempa

Dalam perencanaan beban gempa mengacu pada SNI 1726-2019 dengan target *response spectrum* Surabaya.

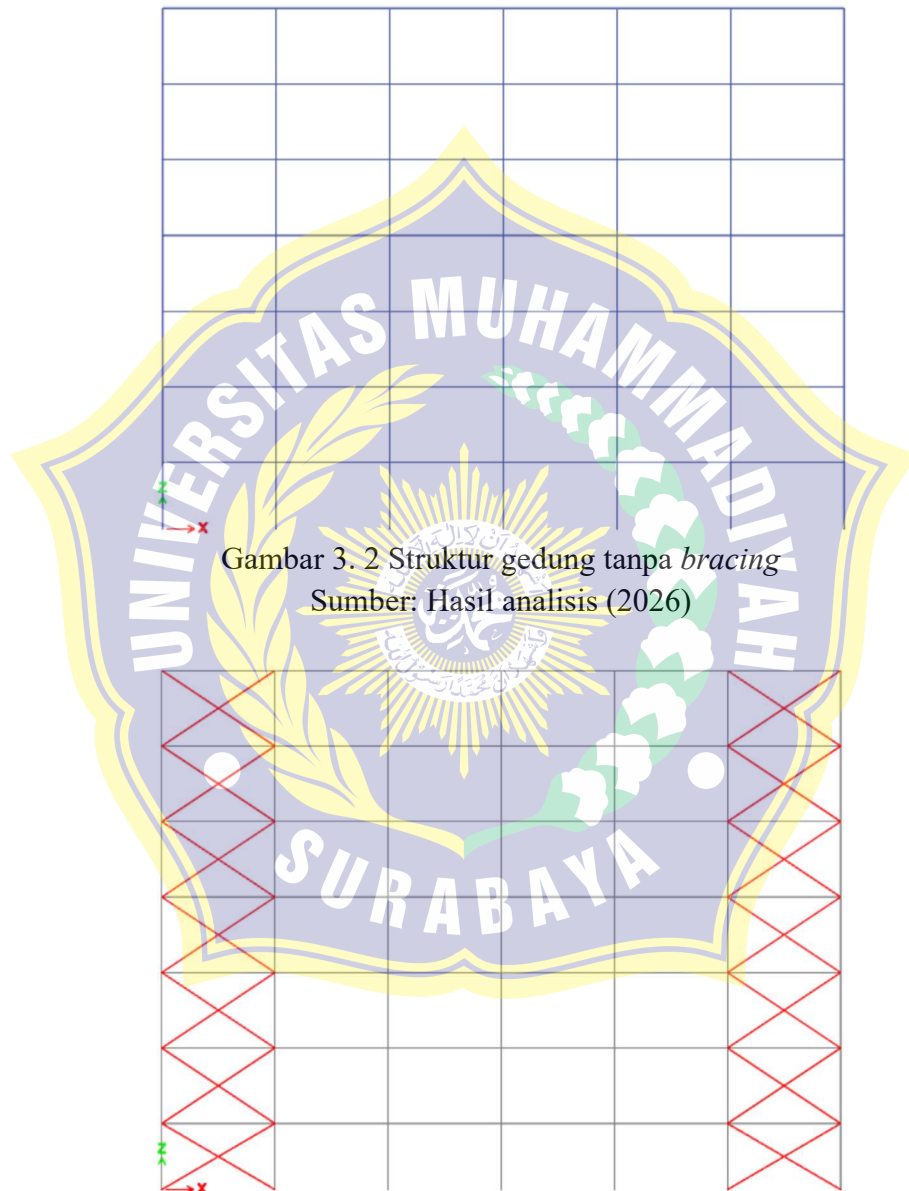
3.2.4 Permodelan Etabs

Proses permodelan dan analisis pada penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan program ETABS dengan membuat 3 modal struktur yaitu struktur gedung tanpa *bracing*, gedung dengan *bracing* X, dan gedung dengan *bracing inverted* V. Proses modeling ini diawali dengan membuat *grid* sesuai dengan dimensi gedung, setelah itu menginputkan data material berdasarkan mutu struktur gedung eksisting. Selanjutnya mendesain elemen struktur gedung yang sesuai dengan gedung *eksisting*, yang terdiri dari balok, kolom, pelat, dan pondasi (perletakan jepit).

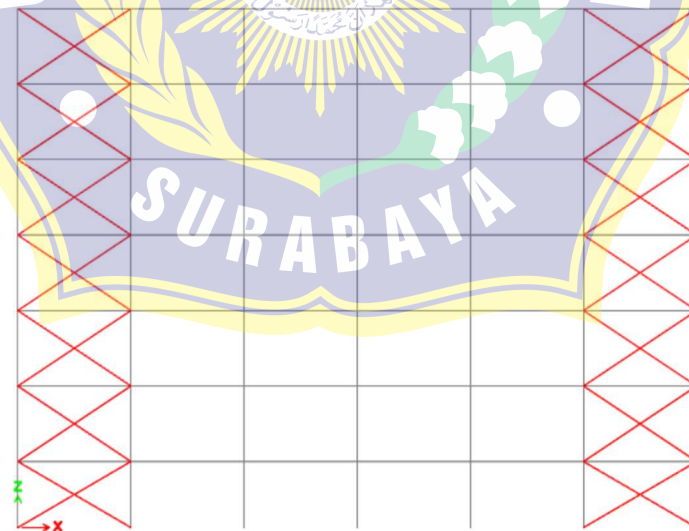
Pada saat mendesain struktur, elemen pelat lantai dimodelkan sebagai *shell*, elemen balok, kolom dan *bracing* akan dimodelkan sebagai elemen *frame*. Pada komponen pelat lantai struktur, diaplikasikan *diaphragm constraint*, yang mengakibatkan seluruh *joint* pada lantai

identik dibatasi untuk bergerak secara bersamaan sebagai *diafragma planar* yang tahan terhadap deformasi yang mungkin akan terjadi.

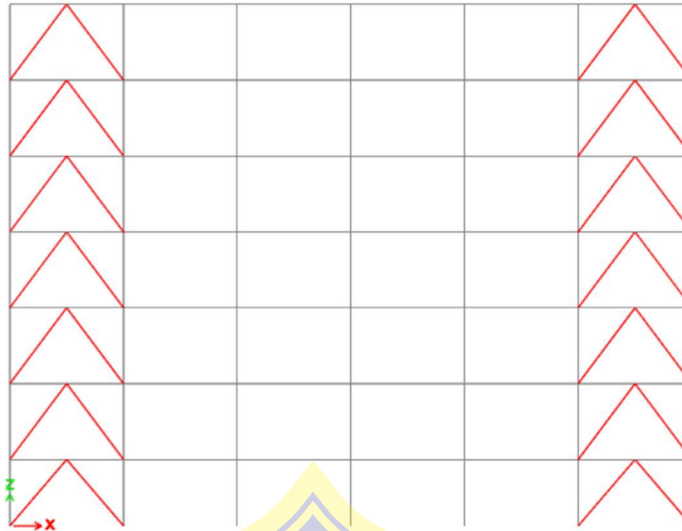
Pada penelitian ini, elemen *bracing* menggunakan profil baja tipe WF dengan ukuran yang akan ditentukan melalui proses *linear* pada tahap pemodelan struktur. Setelah permodelan seluruh elemen struktur diselesaikan, tahap selanjutnya melibatkan perhitungan *hinge properties* pada elemen struktur utama, yaitu balok dan kolom yang didasarkan pada kekuatan penampang elemen struktur tersebut.



Gambar 3. 2 Struktur gedung tanpa *bracing*
Sumber: Hasil analisis (2026)



Gambar 3. 3 Struktur gedung *bracing* X
Sumber: Hasil analisis (2026)



Gambar 3. 4 Struktur gedung *bracing inverted V*
Sumber: Hasil analisis (2026)

3.2.5 *Ground Motion*

Dalam menganalisis *ground motion* sesuai dengan ASCE/SEI 41-17. Berikut adalah rincian pembahasannya, antara lain:

1. *Ground motion acceleration history*

Berdasarkan ASCE/SEI 41-17. Berikut adalah langkah-langkah yang harus dilakukan:

- Target *response spectrum* yang akan diterapkan harus sesuai dengan level gempa MCE_R , dengan target respon yang relevan (BSE-1x dan BSE-2x) dan level yang diterapkan dalam analisis NLTHA adalah MCE.
- Penentuan periode range dalam proses *ground motion modification* (*scaling/matching*) harus dilakukan *period range* ini mencakup T_{maks} dan T_{min} .

2. *Modification ground motion*

dalam analisis penelitian ini, modifikasi *ground motion* dilakukan dengan memanfaatkan teknik *spectra matching*. *Spectra matching* merupakan salah satu metode yang diterapkan dalam proses *ground motion*. Terkait dengan *spectra matching*, teknik ini diatur dalam SNI 1726-2019 pada pasal 11.2.3.3. beberapa hal penting yang tercantum dalam ASCE/SEI 7-16 dan SNI 1726-2019 terkait dengan metode *spectra matching* adalah sebagai berikut;

1. *Ground motion* horizontal yang digunakan terdiri dari dua komponen yang saling tegak lurus, yaitu dalam arah x dan arah y.
 2. Setiap *ground motion* akan menghasilkan *response spectrum* untuk arah x dan arah y.
 3. Dalam proses *spectra matching*, *response spectrum* yang digunakan adalah nilai geomean.
 4. Nilai geomean dari semua *spectra* (dari *ground motion*) harus lebih besar atau sama dengan 110% dari *response spectra* target pada rentang periode yang telah ditentukan
- #### 3. Analisis *multidirectional seismic effects*

Struktur yang dianalisis menggunakan NLTHA dipandang mengalami gaya gempa dari beberapa arah secara bersamaan. Yang perlu diingat adalah gaya gempa pada arah x dan y yang berada pada posisi saling tegak lurus

4. Proses input beban gempa (*ground motion*) pada ETABS

Dalam tahapan penggunaan perangkat lunak ETABS, terdapat langkah-langkah yang mesti dilaksanakan agar *ground motion* yang diaplikasikan sesuai. Dalam aplikasinya, penyesuaian beban gempa untuk metode *nonlinier time history* dilakukan dengan memanfaatkan *Fast nonlinier Analysis* (FNA), karena metode ini dinilai efisien dan sangat cocok untuk *analysis non linier time history*.

3.2.6 Performance Assessment

1. *Displacement ductility* (Δ)

Persamaan untuk menyatakan *displacement ductility* adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_m}{\Delta_y} \quad (3.1)$$

dimana:

μ_{Δ} = *displacement ductility*.

Δ_m = *maximum displacement* ($\Delta_m = \Delta_y + \Delta_p$).

Δ_y = *Yield displacement*.

2. *System parameters*

a. *Overstrength* (Ω_0)

Jika hasil Ω_0 yang didapatkan (dari NLTHA) lebih rendah daripada SNI 1726-2019, maka ketahanan nyata struktur lebih rendah dibandingkan dengan desain yang direncanakan sesuai dengan SNI 1726-2019 dan juga sebaliknya.

$$\text{Overstrength Factor } \Omega_0 = \frac{\text{Apparent strength}}{\text{Design strength}} \quad (3.2)$$

b. *Reduction factor* (R)

Jika nilai R yang didapatkan (dari NLTHA) lebih kecil dibandingkan SNI 1726-2019, maka kekakuan aktual lebih besar, dibandingkan dengan desain yang direncanakan sesuai dengan SNI 1726-2019 dan juga sebaliknya.

$$R = R_d \times \Omega_0 \quad (3.3)$$

dimana:

R = *Reduction factor* atau *response modification coefficient*.

R_d = *Ductility reduction*.

Ω_0 = *Overstrength factor*

c. *Deflection amplification factor (C_d)*

Jika nilai C_d yang didapatkan (dari NLTHA) lebih kecil dibandingkan SNI 1726-2019, maka kekakuan aktual struktur lebih besar dibandingkan dengan rencana desain sesuai SNI 1726-2019 dan juga sebaliknya.

$$C_d = \frac{\Delta_I}{\Delta_D} \quad (3.4)$$

dimana:

C_d = *Deflection amplification factor.*

Δ_I = *Actual inelastic displacement demand.*

Δ_D = *Design displacement demand* atau *reduced elastic design.*

3.2.7 Kriteria penerimaan (*acceptance criteria*)

1. *Story Drift.*

Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan *story drift* adalah sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{\delta_{xe} \times C_d}{I_e} \quad (3.5)$$

Keterangan:

C_d = faktor pembesaran difleksi sesuai SNI 1726-2019.

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini, yang ditentukan dengan analisis elastik.

I_e = faktor keutamaan struktur gedung sesuai SNI 1726-2019

2. *Story drift ratio.*

Adapun persamaan *story drift ratio* sebagai berikut:

$$Drift\ ratio = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h} \quad (3.6)$$

dimana:

Δ_i = Simpangan pada lantai i .

Δ_{i-1} = Simpangan dibawah lantai i atau $(i-1)$

h = Tinggi antar lantai yang ditinjau

3. *Residual story drift ratio.*

Adapun persamaan *residual story drift ratio* adalah sebagai berikut:

$$\Delta_r = 0; \Delta \leq \Delta_y \quad (3.7)$$

$$\Delta_r = 0,3(\Delta - \Delta_y); \Delta_y < \Delta < 4\Delta_y \quad (3.8)$$

$$\Delta_r = (\Delta - 3\Delta_y); \Delta \geq 4\Delta_y \quad (3.9)$$

Dimana:

Δ : *Story drift.*

Δ_y : *Story drift saat leleh (yield).*

Δ_r : *residual story drift.*

Menurut FEMA P-58-1 nilai *residual story drift ratio* dapat dikorelasikan terhadap *damage state* (level kerusakan; *OP, IO, LS, CP*). Hubungan tersebut disajikan secara sistematis pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Korelasi terhadap *residual story drift ratio*.

<i>Damage State</i>	<i>Keterangan</i>	<i>Residual Story Drift Ratio</i>
<i>Operational (OP)</i>	Kerusakan ringan hanya terjadi pada elemen non-struktural.	0,2%
<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Kerusakan sedang hanya terjadi pada elemen non struktural. Dan perlu perbaikan.	0,5%
<i>Life Safety (LS)</i>	Terjadi kerusakan pada non-struktural dan struktural. Namun kerusakan masih bisa diperbaiki (<i>repairable</i>)	1%
<i>Collapse Prevention (CP)</i>	Terjadi kerusakan parah pada elemen struktural dan tidak bisa diperbaiki, namun strukur tidak runtuh.	>1%

Sumber: FEMA P-58-1