

BAB III

METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di kediaman peneliti yang beralamat di Jl. Wastukencana, Tamansari, Kota Bandung. Lokasi penelitian ini merupakan tempat di mana proses analisis, pemodelan struktur, serta penyusunan laporan penelitian dilaksanakan. Sementara itu, objek penelitian yaitu Gedung Hotel Kai Boutique beralamat di Jl. Cihampelas No. 91, Kota Bandung. Adapun lokasi proyek berbatasan dengan

1. Utara : Lahan Kosong
2. Selatan : Pemukiman Warga
3. Timur : Jalan Raya Cihampelas
4. Barat : Pemukiman Warga

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data terlebih dahulu kemudian studi literatur, dan kemudian data yang sudah didapat akan diolah dengan jangka waktu sebagai berikut

Tabel 3. 1 Kronologi Penyusunan Laporan

Uraian Kegiatan	Bulan					
	Oktober 24'	November 24'	Desember 24'	Januari 25'	Februari 25'	Maret 25'
Studi Literatur						
Pengumpulan Data Proyek						
Penyusunan Proposal						

3.3 Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat numerik berbasis simulasi komputer. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan secara kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang digunakan dalam penelitian dengan cara mengukur indikator-indikator variabel penelitian sehingga diperoleh gambaran diantara variabel-variabel yang ada. Dalam konteks penelitian ini, metode deskriptif kuantitatif akan digunakan untuk menganalisis kinerja struktur bangunan dengan sistem konstruksi fixbase, dan base isolation. Data kuantitatif berupa gaya dalam yang dialami bangunan selama gempa akan diukur dan dianalisis secara statistik. Pendekatan ini memberikan gambaran yang jelas mengenai performa kedua sistem konstruksi, membantu mengidentifikasi perbedaan dari kedua sistem konstruksi ini.

3.4 Teknik Analisis Data

Analisis data mencakup metode dan prosedur yang diterapkan untuk mengolah, menganalisis, dan menarik kesimpulan dari data yang telah dikumpulkan dalam suatu penelitian. Tujuan dari analisis data adalah mengubah data mentah menjadi informasi yang bermakna dan relevan, sehingga peneliti dapat memahami fenomena yang sedang diteliti, menguji hipotesis, atau mengambil keputusan berdasarkan data. Dalam penelitian ini, teknik analisis yang digunakan adalah analisis data kuantitatif, yang mengolah data numerik dengan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik data.

3.5 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa dokumen Detail Engineering Design (DED). Berikut beberapa informasi atau data yang didapatkan dari dokumen DED:

1. Fungsi Gedung : Hotel (Tempat Tinggal)
2. Jumlah Lantai : 11 Lantai

3. Total Ketinggian : 44 meter

Tabel 3. 2 Tinggi dan Elevasi Gedung Hotel KAI Boutique

Lantai	H (m)	Elevasi (m)
1	0	0
2	6	6
3	4,5	10,5
4	3,5	14
5	3,5	17,5
6	3,5	21
7	3,5	24,5
8	3,5	28
9	3,5	31,5
10	3,5	35
Atap	4	39
Crown	5	44

4. Mutu Beton

- Kolom : $f_c' 35$
- Balok : $f_c' 30$
- Plat : $f_c' 30$

5. Mutu Baja

- BJTD 40 : $F_y = 400 \text{ Mpa}$
 $F_u = 570 \text{ Mpa}$

6. Dimensi Kolom

Tabel 3. 3 Dimensi dan Tipe Kolom

Lantai	Tipe	Dimensi (mm)		
Lt. Besmen - Lt. 4	K1	500	x	1000
	K2	400	x	900
Lt. 4 - Lt. 8	K1	400	x	900
	K2	400	x	700
Lt. 8 - Lt. atap	K1	400	x	800
	K2	400	x	600
Lt. Besmen - Lt. atap	K3	400	x	600
	K4	400	x	400
	KL	250	x	300
	KT	250	x	300

7. Dimensi Balok

Tabel 3. 4 Tipe dan Dimensi Balok

Tipe Balok	Dimensi (mm)		
B1	250	x	400
B2	250	x	500
B3	250	x	500
B4	250	x	500
B5	300	x	600
B5A	250	x	500
B6	300	x	600
B7	300	x	600
B8	300	x	600
B9	350	x	700
B9A	300	x	600
B10	350	x	700
B10A	300	x	600
B11	350	x	700
B11A	300	x	600
B12	350	x	700
B13	350	x	700
B14	350	x	700
B15	350	x	700

8. Dimensi Pelat

Tabel 3. 5 Tipe dan Dimensi Pelat

Tipe Pelat	Dimensi (mm)
S1	250
S2	180
S3	120
S4	150

3.6 Prosedur Analisis

Tahapan analisis dimulai dengai studi literatur, pemodelan struktur pada program ETABS, pembebanan struktur, running struktur pada program ETABS, kontrol dan pengecekan struktur, dan terakhir penentuan level kinerja.

3.6.1 Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan mempelajari dan memahami ketentuan terkait perencanaan gedung tahan gempa. Beberapa referensi utama yang digunakan meliputi:

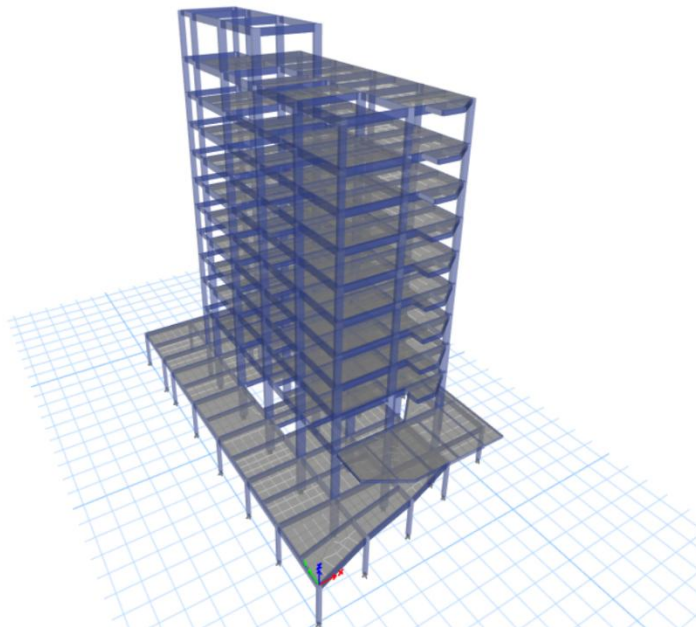
1. SNI 1726-2019, yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non-gedung.
2. SNI 1727-2020, yang menetapkan beban desain minimum serta kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya.
3. SNI 2847-2019, yang berisi persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.
4. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC-40), sebagai panduan evaluasi dan perkuatan struktur beton terhadap gempa.
5. Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE 41-17), yang membahas evaluasi dan perkuatan bangunan eksisting terhadap beban gempa.
6. Berbagai buku, jurnal, artikel, serta sumber literatur lainnya yang membahas analisis kinerja struktur akibat beban gempa.

3.6.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan dan analisis struktur akan dilakukan dengan bantuan program ETABS V.18.1.0 sesuai dengan data yang didapat. Model struktur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model I yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi fixbase, dengan respon spektrum.
2. Model II yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi fixbase dengan analisis *time history Shallow Crustal*.
3. Model III yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi fixbase dengan analisis *time history benioff*.
4. Model IV yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi fixbase dengan analisis *time history megathrust*.

5. Model V yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi base isolation, dengan respon spektrum.
6. Model VI yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi base isolation. dengan analisis *time history Shallow Crustal*.
7. Model VII yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi base isolation dengan analisis *time history benioff*.
8. Model VIII yakni model gedung Hotel KAI Boutique dengan sistem konstruksi base isolation dengan analisis *time history megathrust*.



Gambar 3. 1 Pemodelan 3D Etabs Gedung Hotel KAI Boutique

Jenis base isolation yang digunakan ialah *High Damping Rubber Bearing*, Untuk spesifikasi lengkap HDRB yang digunakan, baru bias didapat apabila telah menyelesaikan perhitungan serta pengecekan model satu. Berikut adalah tabel terkait properti dan parameter High Damping Rubber Bearing yang didapat melalui katalog Brigdgestone.

Tabel 3. 6 *Rubber Code* beserta *shear modulus* dan *Equivalen damping*

Compound name	Rubber code	Shear modulus G_{eq} (N/mm ²)	Equivalent damping ratio H_{eq}
X3R	X0.3R	0.300	0.17
X4S	X0.4S	0.392	0.24
X6R	X0.6R	0.620	0.24

Tabel 3. 7 Properti dan Parameter tiap *rubber code*

Item	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation at Break (%)	Hardness (JIS A)	100% modulus (N/mm ²)	Young's modulus E (N/mm ²)	Bulk modulus E_v (N/mm ²)	Correction factor for apparent Young's modulus according to hardness, k
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251	-	-	-
Inner Rubber	X0.3R	7 and above	700 and above	34 ± 8	0.53 ± 0.2	4.0	1150
	X0.4S	7 and above	840 and above	37 ± 8	0.43 ± 0.2	6.2	1300
	X0.6R	8.5 and above	780 and above	53 ± 5	0.73 ± 0.2	76	1500
Cover rubber	12 and above	600 and above	-	-	-	-	-

3.6.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan serta kombinasi pembebanan pada struktur dirancang berdasarkan ketentuan dalam SNI 1727-2020, yang mengatur beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung serta struktur lainnya. Sementara itu, perhitungan serta input beban gempa dilakukan sesuai dengan SNI 1726-2019, yang menetapkan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non-gedung.

a. Beban Mati

Pada program ETABS beban mati berat struktur dapat dihitung secara otomatis, jadi hanya perlu memasukan beban mati tambahan (SIDL). Beban mati dapat dihitung manual dengan mengalikan volume komponen struktur dengan berat jenisnya.

Beban pelat lantai:

- Keramik (spanish) : 0.91 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Mortar : 0.48 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Ducting/ME : 0.19 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Plumbing : 0.20 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Plafond (gypsum 9mm) : 0.07 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Penggantung : 0.10 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)

- Dinding bata ringan : 0,935 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1
½ x bata merah)

Beban pelat atap:

- Mortar : 0.48 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Ducting/ME : 0.19 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Plumbing : 0.20 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Plafond (gypsum 9mm) : 0.07 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)
- Penggantung : 0.10 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel C3.1.1)

b. Beban Hidup

- Pada Plat Lantai : 1.92 kN/m² (SNI 1727:2020 Tabel 4.3.1)
- Pada Pelat Atap (tempat berkumpul) : 4,79 kN/m (SNI 1727:2020 Tabel 4.3.1)

c. Beban Gempa Respon Struktur

Pembebanan gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726-2019 sebagai berikut:

1. Pemilihan kategori resiko berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan.

Tabel 3. 8 Tabel Kategori Risiko berdasarkan pemanfaatan Bangunan

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Berdasarkan tabel SNI 1726:2019, Maka hotel atau Gedung apartemen/rumah susun termasuk kedalam kategori risiko **II**.

2. Faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan kategori risiko.

Tabel 3. 9 Nilai I_e berdasarkan Kategori Risiko

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

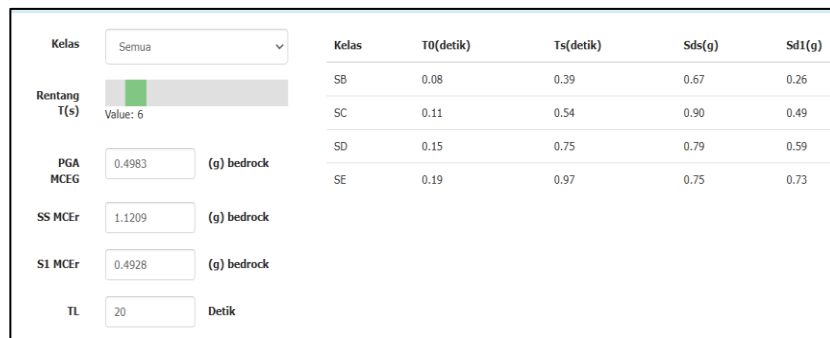
Melalui point 1, sudah diketahui apabila kategori risiko untuk bangunan hotel adalah **II**, sehingga I_e diperoleh sebesar **1,0**

3. Menentukan Kelas Situs.

Berdasarkan situs berikut:

<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.4983&ss=1.1209&s1=0.4928&tl=20&kelas=0&range=6#grafik>

diperoleh pemaparan kelas situs di kota bandung.



Gambar 3. 2 hasil website respon spektra di kota bandung

Karena keterbatasan data pengujian tanah, sehingga peneliti menentukan kelas situs berdasarkan studi literatur, sehingga disimpulkan bahwa kota Bandung memiliki kelas situs **SD**.

4. Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar (S_s dan S_1)
Berdasarkan situs respon spektra diatas, maka dapat diketahui nilai S_s dan S_1 sebesar

$$S_s = 1,1209$$

$$S_1 = 0,4928$$

5. Menentukan Faktor Koefisien Situs (Fa dan Fv)

Tabel 3. 10 Korelasi Ss dan S1 terhadap Koefisien situs

Tabel 6 – Koefisien situs, F_s

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 7 – Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Untuk mendapatkan nilai Fa dan Fv, maka dilakukan interpolasi terhadap nilai Ss dan S1 yang telah diketahui sebelumnya.

- Perhitungan interpolasi Fa (Kelas situs SE)

$$S_s = 1,1209$$

$$X_0 = 1,0$$

$$X_1 = 1,25$$

$$Y_0 = 1,1$$

$$Y_1 = 1,0$$

Sehingga,

$$Fa = Y_0 + \frac{(Y_1 - Y_0)(S_s - X_0)}{X_1 - X_0}$$

$$Fa = 1,1 + \frac{(1,0 - 1,1)(1,1209 - 1,0)}{1,25 - 1,0}$$

$$Fa = 1,052$$

- Perhitungan interpolasi Fv (Kelas situs SE)

$$S_1 = 0,4928$$

$$X_0 = 0,4$$

$$X_1 = 0,5$$

$$Y_0 = 1,9$$

$$Y_1 = 1,8$$

Sehingga,

$$Fv = Y_0 + \frac{(Y_1 - Y_0)(S_1 - X_0)}{X_1 - X_0}$$

$$Fv = 1,9 + \frac{(1,8 - 1,9)(0,4928 - 0,4)}{0,5 - 0,4}$$

$$Fv = 1,807$$

6. Menghitung Parameter Percepatan Desain

$$S_{DS} = 2/3 Fa.Ss$$

$$SDS = \frac{2}{3} \times 1,052 \times 1,1209$$

$$SDS = 0,7861$$

$$S_{D1} = 2/3 Fv.S1$$

$$SD1 = \frac{2}{3} \times 1,807 \times 0,4928$$

$$SD1 = 0,59$$

7. Menentukan kategori desain seismik.

Tabel 3. 11 Kategori desain seismik

Tabel 8 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 9 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Diketahui S_{DS} sebesar 0,7861 sehingga berdasarkan tabel diatas bahwa $0,50 < S_{DS}$, dapat disimpulkan bahwa kategori desain seismiknya adalah **II D**. Adapun diketahui nilai S_{D1} sebesar 0,59 sehingga berdasarkan tabel diatas bahwa $0,20 < S_{DS}$, dapat disimpulkan bahwa kategori desain seismiknya **II D**.

8. Menentukan faktor R, Cd, Omega

Penentuan nilai ini didasarkan pada tabel SNI 1726:2019

Tabel 3. 12 Faktor Nilai R, Cd, Omega

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_b^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19.Dinding geser batu bata polos didetail	2	2%	2	TB	TI	TI	TI	TI
20.Dinding geser batu bata polos biasa	1%	2%	1%	TB	TI	TI	TI	TI
21.Dinding geser batu bata prategang	1%	2%	1%	TB	TI	TI	TI	TI
22.Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22
23.Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^h	TI ^h
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI

Berdasarkan data struktur, diambil kesimpulan bahwa sistem struktur menggunakan rangka beton pemikul momen Khusus. Sehingga didapat

$$R = 8, Cd = 5,5 \text{ dan } \Omega = 3$$

9. Menghitung Time Periode dari nilai C_t dan X

Tabel 3. 13 Nilai Parameter C_t dan X , SNI 1726:2019

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Diketahui nilai $C_t = 0,0466$ dan $X = 0,9$ sehingga

$$T = C_t \times (14,75^x)$$

$$T = 0,0466 \times (14,75^{0,9})$$

$$T = 0,525$$

10. Menghitung T_0 , T_s , dan S_a

Berdasarkan SNI 1726:2019 didapat rumus

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times S_{D1}/S_{DS} \\ &= 0,2 \times 0,59/0,79 \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= S_{D1}/S_{DS} \\ &= 0,59/0,79 \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{D1}/T \\ &= 0,59/0,525 \\ &= 1,123 \end{aligned}$$

11. Menghitung scale factor

$$\begin{aligned} S_f &= G \times i / R \\ &= 9810 \times 1,0 / 8 \\ &= 1226,25 \end{aligned}$$

d. Beban Gempa Time History

Pembebanan gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726-2019, selain itu data diambil dari buku peta deagregasi gempa Indonesia. Berikut adalah tahapan pembuatan spektrum target dalam Time History:

1. Penentuan Periode Ulang dan Syarat percepatan spektrum respons.

$$T < T_0 \rightarrow \text{PGA}$$

$$T_0 < T < T_s \rightarrow 0.2 \text{ detik}$$

$$T > T_s \rightarrow 3 \text{ detik}$$

Sehingga, didapat percepatan spektrum respon sebesar

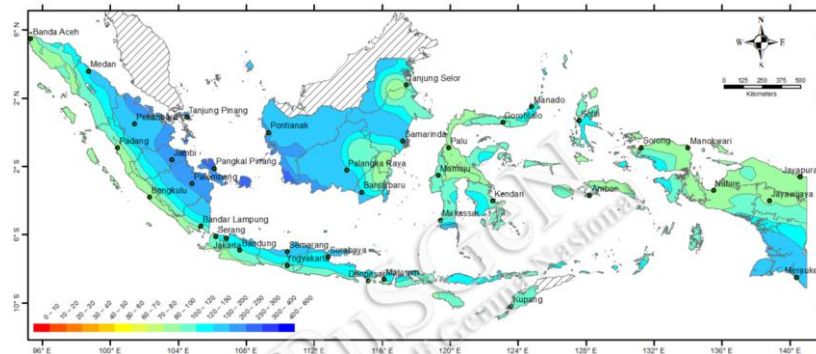
$$T_0 < T < T_s$$

$$0,194 < 0,525 < 0,970$$

Maka percepatan respon spektrum sebesar **0,2 detik**

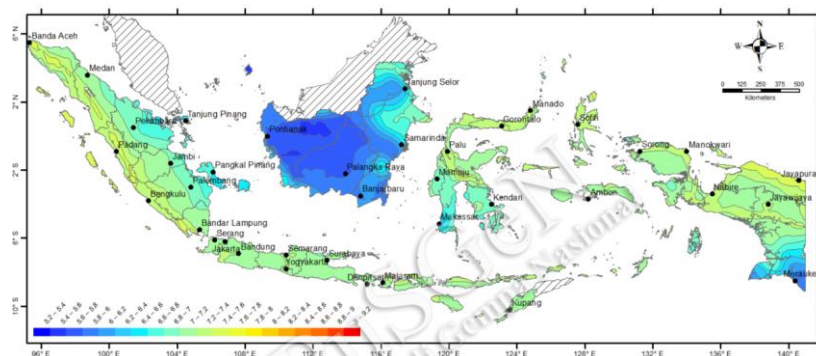
Tersedia periode ulang 100 tahun, 250 tahun, 1000 tahun, 2500 tahun, 5000 tahun, dan 10000 tahun. Berdasarkan ASCE-41 *Seismic Evaluation and Retrofit*, periode ulang yang digunakan untuk bangunan eksisting adalah 250 tahun dan 1000 tahun, sehingga diambil periode ulang **1000 tahun**.

2. Mencari magnitudo dan jarak sumber gempa pada peta deagregasi Indonesia dengan lokasi kota Bandung, periode ulang 1000 tahun, dan percepatan spektrum respon 0,2 detik.



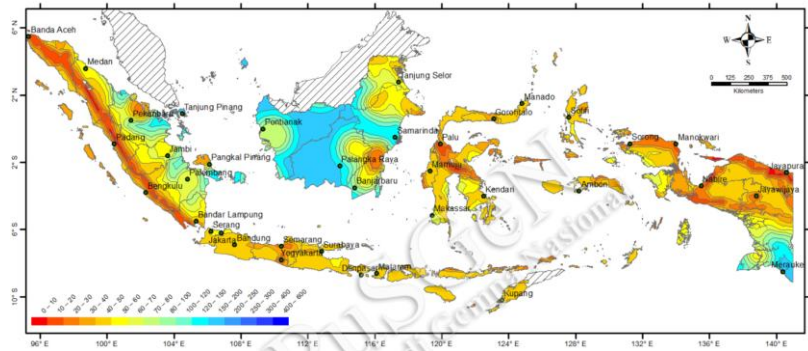
Gambar 3. 3 Peta deagregasi Jarak (R) sumber gempa Benioff pada percepatan spektrum respon 0,2-detik dengan redaman 5% untuk periode ulang 1000 tahun

Berdasarkan Peta diatas maka dapat diketahui jarak sumber gempa Benioff berkisar 100 - 120 km.



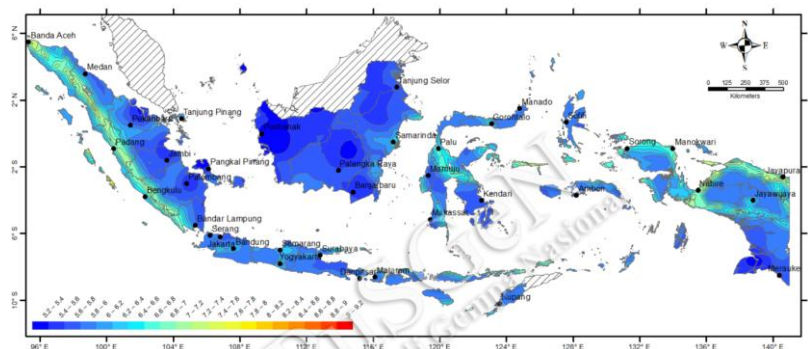
Gambar 3. 4 Peta deagregasi Magnitudo (M) sumber gempa Benioff pada percepatan spektrum respon 0,2-detik dengan redaman 5% untuk periode ulang 1000 Tahun

Berdasarkan Peta diatas maka dapat diketahui besar magnitudo sumber gempa Benioff berkisar 7,0 – 7,2.



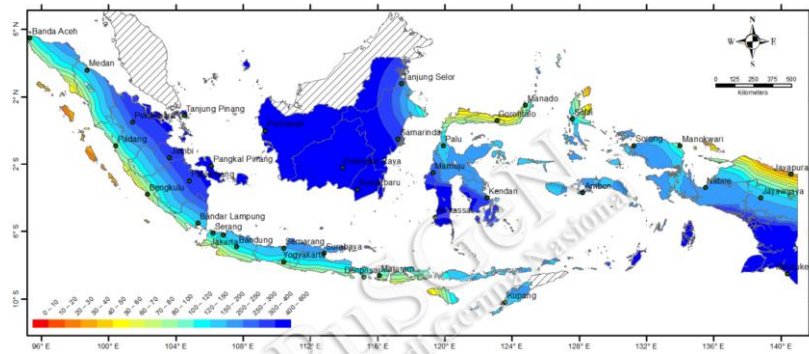
Gambar 3. 5 Peta deagregasi Jarak (R) sumber gempa Sesar Dangkal pada percepatan spektrum respon 0,2-detik dengan redaman 5% untuk periode ulang 1000 tahun

Berdasarkan Peta diatas maka dapat diketahui jarak sumber gempa sesar dangkal/Shallow Crustal berkisar 40 – 50 km.



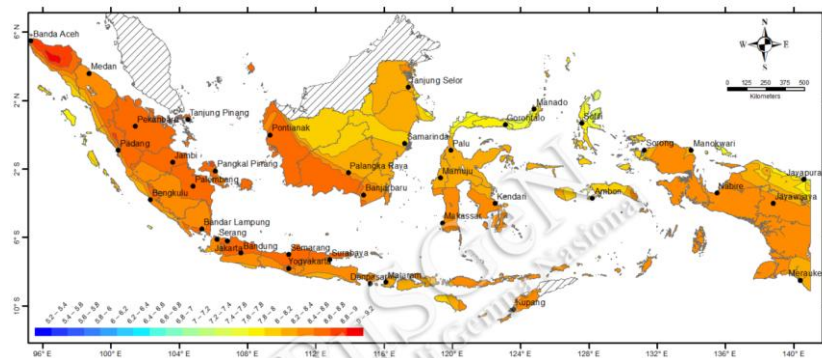
Gambar 3. 6 Peta deagregasi Magnitudo (M) sumber gempa Sesar Dangkal pada percepatan spektrum respon 0,2-detik dengan redaman 5% untuk periode ulang 1000 tahun

Berdasarkan Peta diatas maka dapat diketahui magnitudo sumber gempa sesar dangkal/Shallow Crustal berkisar 6,2 – 6,4.



Gambar 3. 7 Peta deagregasi Jarak (R) sumber gempa Megathrust pada percepatan spektrum respon 0,2-detik dengan redaman 5% untuk periode ulang 1000 tahun

Berdasarkan Peta diatas maka dapat diketahui jarak sumber gempa Megathrust berkisar 120 – 150 km.



Gambar 3. 8 Peta deagregasi Magnitudo (M) sumber gempa Megathrust pada percepatan spektrum respon 0,2-detik dengan redaman 5% untuk periode ulang 1000 tahun

Berdasarkan Peta diatas maka dapat diketahui Magnitudo sumber gempa Megathrust berkisar 8,8 – 9,0.

Berikut adalah ringkasan data jarak sumber gempa, dan data magnitudo sumber gempa:

Tabel 3. 14 Resume Data jarak dan magnitudo tiap sumber gempa

Periode Ulang	1000	Tahun
Lokasi	Bandung	
Kelas Situs	SD	

Sumber	Magnitudo			Jarak (km)		
	PGA	0,2 detik	3 detik	PGA	0,2 detik	3 detik
Shallow Crustal	5,8 - 6,0	6,2 - 6,4	6,6 - 6,8	40 - 50	40 - 50	10 - 20
Benioff	7,2 - 7,4	7,0 - 7,2	7,4 - 7,6	120 - 150	100 - 120	120 - 150
Megathrust	8,6 - 8,8	8,8 - 9,0	8,8 - 9,0	120 - 150	120 - 150	150 - 200

3. Kemudian diambil data riwayat gerakan tanah. Data untuk riwayat gerakan tanah akibat shallow crustal diambil dari suatu website <https://ngawest2.berkeley.edu/> (NGA West) dan data untuk riwayat gerakan tanah akibat gempa benioff dan megathrust diambil dari <http://ec2-35-167-122-9.us-west-2.compute.amazonaws.com/> (NHR3/NGA Sub)
4. Pencocokan Spektra berdasarkan pasal 7.9.2.3.1 SNI 1726:2019.

3.6.4 Running Model Struktur

Setelah seluruh data input dimasukkan, model struktur dijalankan dalam program ETABS untuk memperoleh gaya dalam yang terjadi pada struktur serta mengevaluasi apakah struktur yang dimodelkan memenuhi kriteria keamanan. Tahapan analisis yang dilakukan meliputi:

a. Running Analisis Respons Spektrum

Pada tahap ini, dilakukan analisis respons spektrum untuk memperoleh nilai gaya dalam dan simpangan struktur. Analisis ini menggunakan program ETABS v18.1.0.

b. Running Analisis Riwayat Waktu (Time History)

Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan nilai gaya dalam dan simpangan berdasarkan data gempa yang digunakan. Proses ini juga dilakukan menggunakan ETABS v18.1.0.

3.6.5 Kontrol dan Pengecekan Struktur

1. Periode Struktur

Periode Fundamental Pendekatan, $T_a = C_t \cdot h_x$

Periode Maksimum, $T_{max} = C_u \cdot T_a$

Keterangan:

C_u = Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

C_t = Nilai parameter periode pendekatan

h = ketinggian struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

2. Bentuk dan Jumlah Ragam

Pada SNI 1726:2019 diatur bahwa Jumlah Ragam yang kita gunakan harus memberikan nilai Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi/Modal Participating Mass Ratios (MPMR) sebesar 100% (atau 90% pada kedua arah sumbu ortogonal struktur).

3. Gaya geser dasar seismik

Koefisien Respons Seismik $C_s = S_{DS} / (R/I_e)$

Batas Atas $C_{s,max} = S_{D1} / [T * (R/I_e)]$

Batas Bawah $C_{s,min,1} = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$

Batas Bawah (Jika $S_1 \geq 0,6 g$) $C_{s,min,2} = 0.5 S_1 / (R/I_e)$

Gaya Geser Dasar Seismik $V = C_s * W$

4. Penskalaan Gaya geser dasar

Jika hasil kombinasi respons untuk gaya geser dasar dari analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser dasar (V) yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen, maka nilai gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor V/V_t . Dalam hal ini, V merupakan gaya geser dasar dari metode statik ekuivalen, sedangkan V_t adalah gaya geser dasar yang diperoleh dari hasil kombinasi analisis ragam.

5. Simpangan antar tingkat

Setelah program ETABS di running dapat diketahui nilai simpangan struktur berdasarkan SNI 1726:2019. Nilai simpangan yang diizinkan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 15 Tabel Simpangan Antar Tingkat

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

6. Pengaruh P-Delta

Pengaruh nilai P-Delta tidak perlu diperhitungan bila koefisien Stabilitas (θ) sama dengan atau kurang dari 0,10. Seperti ditentukan oleh persamaan berikut

$$\theta = \frac{Px \cdot \Delta \cdot Ie}{Vx \cdot h_{sx} \cdot Cd}$$

Keterangan:

P_x = Beban desain vertikal total di atas tingkat-x (kN); bila menghitung, faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0

Δ = Simpangan antar tingkat desain, terjadi secara serentak
Dengan V_x (mm)

I_e = Faktor keutamaan gempa

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat dan x - 1 (kN)

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat (mm)

C_d = Faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi θ_{max} seperti rumus:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$$

3.6.6 Level Kinerja

Perilaku struktur gedung setelah terjadinya gempa dapat dievaluasi berdasarkan simpangan yang terjadi serta performance point. Level kinerja struktur dapat ditentukan menggunakan nilai maksimum total drift, sesuai dengan standar ATC-40, dengan kategori sebagai berikut:

Maximum Total Drift = D_t/H

Maximum Inelastic Drift = $(D_t - D_1)/H$

Tabel 3. 16 Level Kinerja Berdasarkan ATC-40

Parameter	IO	DC	LS	<i>Structural Stability</i>
Maksimum total drift	0.01	0.01 – 0.02	0.02	0.33 (Vi/Pi)
Maksimum inelastik drift	0.005	0.005-0.015	No Limit	No Limit

3.7 Diagram Alir

