

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan menggunakan tahapan yang teratur dan jelas, sehingga akan mendapatkan hasil yang sesuai diharapkan. Oleh sebab itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, sebagai berikut

1. Tahap Pengumpulan Data

Data yang didapatkan oleh penulis sewaktu melakukan kerja praktik pada semester 6 lalu, data tersebut meliputi gambar rencana proyek (denah, potongan, tampak bangunan, detail balok, kolom dan penampang elemen struktur), data pengujian tanah dan beberapa informasi yang diperoleh berdasarkan komunikasi pada saat melakukan kerja praktik.

2. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini perlu dilakukan studi literatur untuk menambah ilmu yang berkaitan dengan penelitian. Penulis memahami konsep dan langkah-langkah penelitian yang mengacu pada mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan dengan berdasarkan acuan SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” dan *General Services Administrations* (GSA 2013).

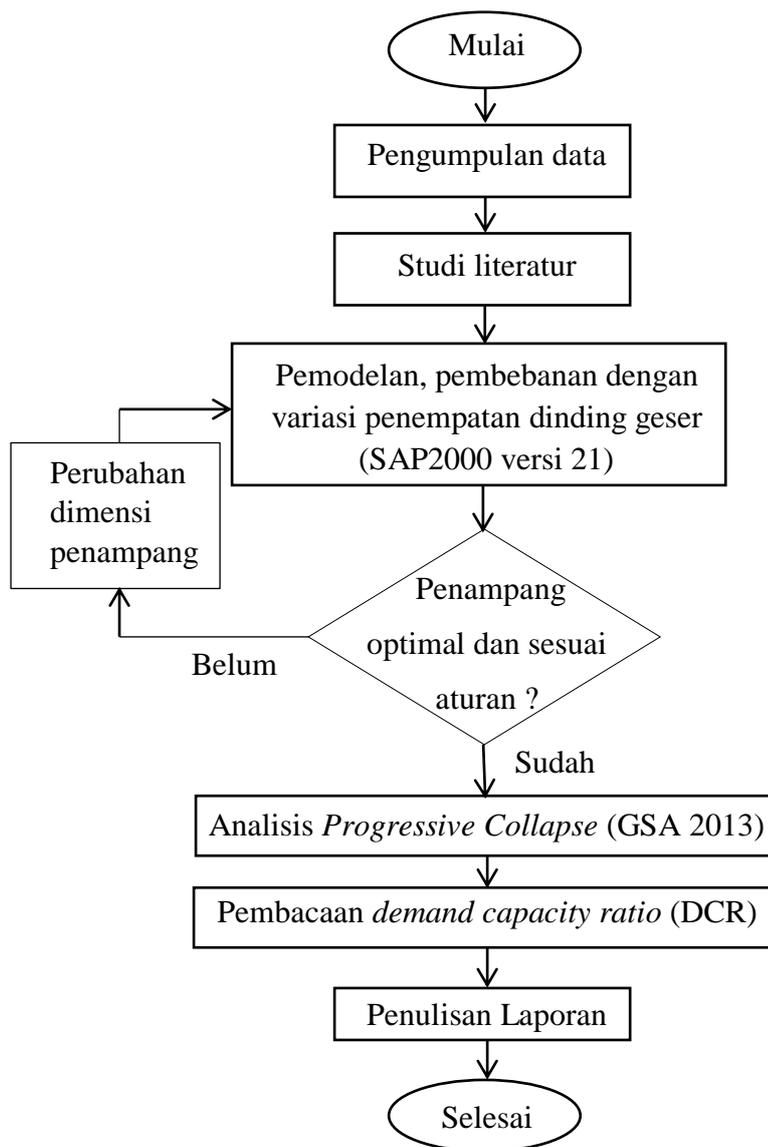
3. Pemodelan dan Pembebanan

Dari gambar kerja yang telah diberikan oleh pihak proyek, penulis memodelkan gambar kerja tersebut menggunakan *software* SAP2000 versi 21. Struktur yang dimodelkan hanya struktur atas dengan menggunakan atap berupa dak beton. Pembebanan yang dihitung yaitu beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”, SNI 03-2847-2013 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”, dan SNI 03-1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”,

4. Perbandingan Hasil Output dan Penulisan Laporan

Setelah selesai pemodelan dan pembebanan langkah selanjutnya *running* program kemudian membandingkan hasil *output* sebelum dilakukan skenario keruntuhan progresif dan sesudah dilakukan skenario keruntuhan progresif sesuai acuan GSA 2013. Setelah didapatkan hasil perbandingan, kemudian dilakukan penulisan tugas akhir yang mengacu pada hasil *output* perbandingan dari SAP2000 versi 21 yang perhitungannya manualnya menggunakan program *Microsoft Excel*.

Tahapan penelitian secara umum proyek pembangunan Gedung Akademik 7 Lantai di Yogyakarta ini dapat dilihat pada bagan alir Gambar 3.1 sebagai berikut.



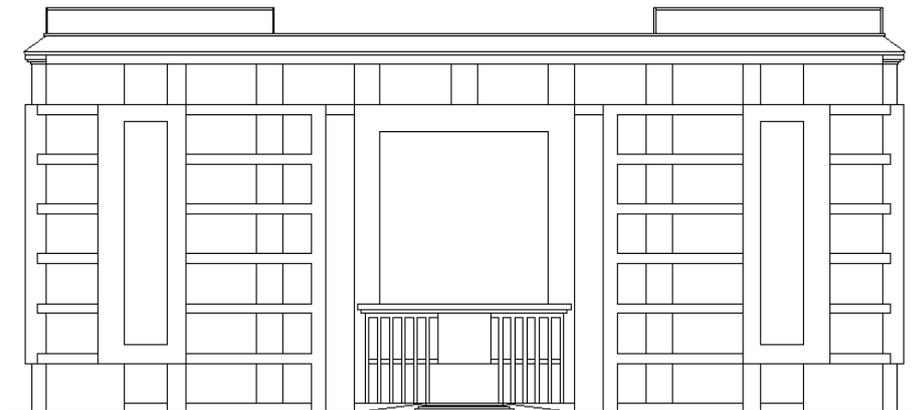
Gambar 1.1 *Flowchart* pelaksanaan penelitian secara umum

3.2 Data Teknis Bangunan

3.2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Gedung Akademik 7 Lantai di Yogyakarta yang terletak di Jalan *Ringroad* Selatan, Tamanan, Banguntapan, Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. Gambar 3.2 merupakan tampak depan bangunan proyek.

3.2.2. Tampak Bangunan



Gambar 3.2 Tampak depan bangunan

3.2.3. Fungsi Bangunan

Gedung ini mempunyai fungsi sebagai gedung akademik perkuliahan di wilayah Yogyakarta dengan struktur beton bertulang dimana struktur gedung ini mempunyai jumlah 7 lantai dengan atap berupa dak beton.

3.2.4. Data Gedung

Data-data yang digunakan pada penelitian ini data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari pihak proyek pada saat penulis melakukan kerja praktik. Data-data gedung tersebut sebagai berikut.

- a. Gambar rencana kerja
- b. Mutu rencana beton (f_c') = 30 MPa
- c. Mutu tulangan baja = Tulangan baja < 12 mm
= Tulangan baja > 12 mm
- d. Dimensi balok, kolom, plat lantai, dan dinding geser

Dimensi balok dari gambar rencana kerja sebagai berikut.

- 1) Balok induk
(G1, G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G2) = 600 mm × 800 mm
- 2) Balok sloof = 600 mm × 800 mm
- 3) Balok anak 1
(B2, B2A, CB1, LB1) = 300 mm × 600 mm
- 4) Balok anak 2
(B1, B1A) = 350 mm × 650 mm
- 5) Balok bordes
(BT1, LB2) = 200 mm × 400 mm

Dimensi kolom dari gambar rencana kerja sebagai berikut

- 1) Kolom K1 = 1000 mm
- 2) Kolom K2 = 1000 mm
- 3) Kolom K3 = 1000 mm
- 4) Kolom K4 = 1000 mm
- 5) Kolom KS = 800 mm

Dimensi plat lantai dan dinding geser dari gambar rencana kerja sebagai berikut.

- 1) Plat lantai S1 = 150 mm
- 2) Plat lantai S2 = 125 mm
- 3) Plat lantai S3 = 150 mm
- 4) Plat lantai S4 = 140 mm
- 5) Plat lantai S5 = 150 mm
- 6) Dinding geser = 250 mm

- e. Kondisi tanah pada bangunan tersebut yaitu tanah sedang
- f. Parameter respons spektrum mengacu pada SNI 03-1726-2012 yaitu nilai S_s , S_b , F_w dan F_v .

3.3 Pembebanan

Pembebanan berdasarkan SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” SNI 03-

2847-2013 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”, dan SNI 03-1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”.

3.3.1. Beban Mati

Beban mati yaitu berat dari semua bagian dari suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layak struktur, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. SNI 03-1727-2013.

1. Beban Mati pada Plat Lantai

P_{Spesi}	$= 2100 \text{ kg/m}^3$
$P_{\text{Urugan pasir}}$	$= 1600 \text{ kg/m}^3$
P_{Keramik}	$= 2400 \text{ kg/m}^3$
Tebal spesi	$= 2 \text{ cm}$
Tebal urugan pasir	$= 5 \text{ cm}$
Tebal keramik	$= 1 \text{ cm}$
Q_{Spesi}	$= 2100 \text{ kg/m}^3 \times 0,002 \text{ m}$ $= 42 \text{ kg/m}^2$
Q_{Keramik}	$= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,001 \text{ m}$ $= 24 \text{ kg/m}^2$
Q_{Urugan}	$= 1600 \text{ kg/m}^3 \times 0,005 \text{ m}$ $= 80 \text{ kg/m}^2$
Total beban mati	$= Q_{\text{Spesi}} + Q_{\text{Keramik}} + Q_{\text{Urugan}}$ $= 42 \text{ kg/m}^2 + 24 \text{ kg/m}^2 + 80 \text{ kg/m}^2$ $= 146 \text{ kg/m}^2$

2. Beban Mati Dinding pada Balok

Dinding yang digunakan merupakan dinding pasangan ringan 200 kg/m^2

1) Tinggi lantai 1 - lantai 2 = 4 meter

Lantai 1 (lantai dasar) – Lantai 2

Balok sloof – balok induk

(G1, G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G2)

(t' = t - h balok induk)

$$\begin{aligned}
 t' &= 4 - 0,8 \\
 &= 3,2 \text{ m} \\
 rb &= 200 \text{ kg/m}^2 \\
 qd &= rb \times t' \\
 &= 200 \times 3,2 \\
 &= 640 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Balok sloof – balok induk (G2)

$$(t' = t - h \text{ balok induk})$$

$$\begin{aligned}
 t' &= 4 - 0,8 \\
 &= 3,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 qd &= rb \times t' \\
 &= 200 \times 3,2 \\
 &= 640 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Balok sloof – balok anak 1 (B2, B2A, CB1, LB1)

$$(t' = t - h \text{ balok anak 1})$$

$$\begin{aligned}
 t' &= 4 - 0,6 \\
 &= 3,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 qd &= rb \times t' \\
 &= 200 \times 3,4 \\
 &= 680 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Balok sloof – balok anak 2 (B1, B1A)

$$(t' = t - h \text{ balok anak 2})$$

$$\begin{aligned}
 t' &= 4 - 0,65 \\
 &= 3,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 qd &= rb \times t' \\
 &= 200 \times 3,35 \\
 &= 670 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2) Lantai 2 – lantai 7 = 4 meter

Balok induk – balok induk

(G1, G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G2)

$$(t' = t - h \text{ balok induk})$$

$$t' = 4 - 0,8$$

$$= 3,2$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$qd = rb \times t'$$

$$= 200 \times 3,2$$

$$= 640 \text{ kg/m}$$

Balok induk – balok induk (G2)

$$(t' = t - h \text{ balok induk})$$

$$t' = 4 - 0,8$$

$$= 3,1 \text{ m}$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$qd = rb \times t'$$

$$= 200 \times 3,2$$

$$= 640 \text{ kg/m}$$

Balok balok anak 1 – balok anak 1 (B2, B2A, CB1, LB1)

$$(t' = t - h \text{ balok anak 1})$$

$$t' = 4 - 0,6$$

$$= 3,4 \text{ m}$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$qd = rb \times t'$$

$$= 200 \times 3,4$$

$$= 680 \text{ kg/m}$$

Balok anak 2 – balok anak 2 (B1, B1A)

$$(t' = t - h \text{ balok anak 2})$$

$$t' = 4 - 0,65$$

$$= 3,35 \text{ m}$$

$$rb = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$qd = rb \times t'$$

$$= 200 \times 3,35$$

$$= 670 \text{ kg/m}$$

Keterangan :

t = Tinggi dinding

h = Tinggi balok

t' = Tinggi efektif dinding

rb = berat pasangan batu bata ringan

qd = berat dinding pasangan batu bata ringan

3. Beban Mati pada Atap

Dikarenakan detail atap pada gambar rencana kerja tidak diberikan, maka beban pada atap disederhanakan dengan menggunakan atap berupa dak beton. Beban mati pada atap sebesar 122 kg/m^2 .

3.3.2. Beban Hidup

Beban hidup berdasarkan dari SNI 03-1723-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain” dan PPPURG 1987 “Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung”.

1. Beban Hidup pada Lantai Gedung dapat dilihat Tabel 3.1

Tabel 3.1 Hubungan Fungsi Ruang dan Beban Hidup

No	Fungsi Ruang	Beban Hidup kg/m^2
1	Ruang perkuliahan	250
2	Ruang dosen	250
3	Ruang tata usaha	250
4	Ruang registrasi	250
5	Ruang <i>skill</i> laboratorium	250
6	Gudang <i>skill</i> laboratorium	400
7	Ruang theater	400
8	Ruang perpustakaan	400
9	<i>Mushola</i>	250
10	<i>Lobby</i>	250

2. Beban hidup pada atap dak beton

Beban hidup yang ada di atap berupa beban manusia sebesar 100 kg/m^2 .

3.3.3. Beban Angin

Beban angin yaitu beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Besarnya beban angin diambil minimal 25 kg/m^2 . (PPPURG 1987). Terkait dengan kecepatan, beban angin sebesar 25 kg/m^2 tersebut setara dengan kecepatan angin sebesar 2 m/det atau angin dengan kecepatan 72 km/jam yang ditunjukkan dalam persamaan (2.1).

$$P = \frac{V^2}{16} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

dengan v adalah kecepatan angin dalam m/det

Oleh karena itu, sesuai dengan SNI 03-1727-1987 maka beban angin diambil sebesar 25 kg/m^2 dengan dikali suatu koefisien yang nilainya adalah sebagai berikut.

Sisi yang berhadapan dengan angin = $0,9$ (tekan)

Sisi yang tidak berhadapan dengan arah angin = $-0,4$ (hisap)

$$\begin{aligned} P &= \frac{V^2}{16} \\ &= \frac{25^2}{16} \\ &= 39,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban angin tekan} &= 0,9 \times 25 \text{ kg/m}^2 \\ &= 22,5 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban angin hisap} &= -0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \\ &= -10 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_y &= \frac{P \times A}{N_y} \\ &= \frac{39,06 \times (28 \times 28)}{32} \\ &= 956,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_x &= \frac{P \times A}{N_x} \\ &= \frac{39,06 \times (28 \times 68)}{72} \\ &= 1032,92 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan:

N_y = Jumlah join pada arah $y = 32$

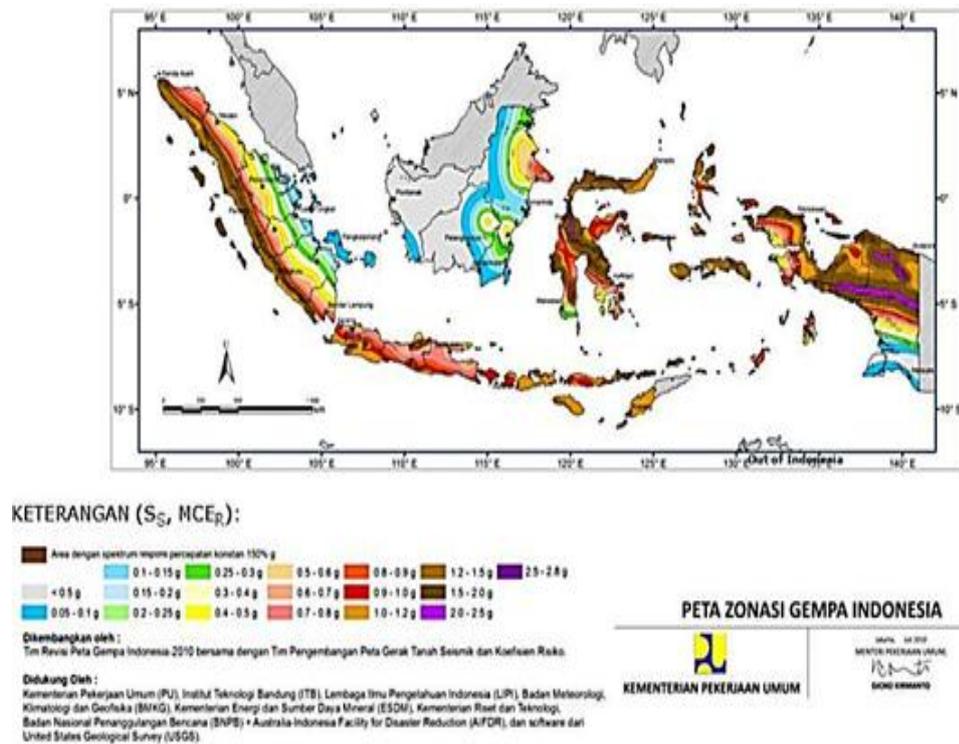
N_x = Jumlah join pada arah $x = 72$

A = Luas bidang struktur

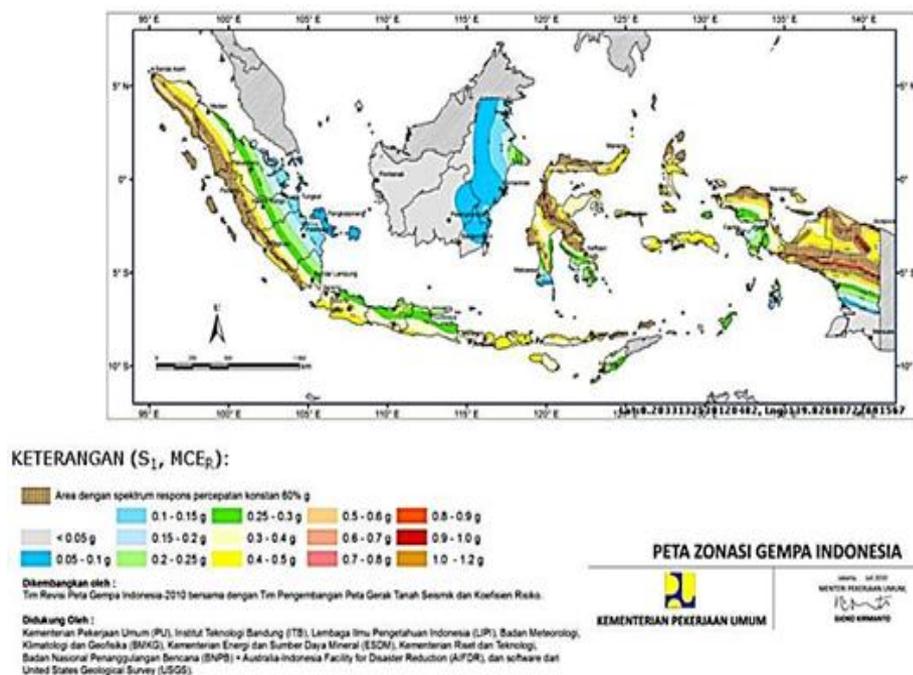
3.3.4. Beban Gempa

1. Data gempa

Bangunan Perkuliahan Gedung Akademik Yogyakarta yang terletak di Jalan *Ringroad* Selatan, Tamanan, Banguntapan, Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan jenis tanah berupa tanah sedang, maka kelas situs nya adalah tanah sedang (SD). Untuk mencari nilai S_s dan S_I bisa didapatkan melalui Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Peta zonasi gempa Indonesia untuk nilai S_s
(Pusgen, 2017)



Gambar 3.4 Peta zonasi gempa Indonesia untuk nilai S_I
(Pusgen, 2017)

Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia di atas maka didapatkan nilai parameter seperti Tabel 3.2 yang akan nantinya digunakan untuk menghitung desain respons spektrum.

Tabel 3.2 Nilai Parameter Gempa

Kelas Situs	Nilai Parameter Gempa			
	S_S	S_I	F_A	F_V
Tanah sedang (SD)	1,344	0,483	1	1,517

2. Nilai parameter yang sudah didapatkan kemudian digunakan untuk menghitung nilai parameter percepatan respons spektrum dan percepatan spektrum desain dengan menggunakan persamaan (2.2) sampai (2.5).

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= F_a \times S_s \\
 &= 1 \times 1,344 \\
 &= 1,344 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{MI} &= F_v \times S_I \\
 &= 1,517 \times 0,483 \\
 &= 0,732 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,344 \\
 &= 0,896 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{DI} &= \frac{2}{3} \times S_{MI} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0,732 \\
 &= 0,488 \text{ g}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan perioda getar fundamental pada persamaan (2.9) dan persamaan (2.10).

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times \frac{SD1}{SDS} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,488}{0,896} \\
 &= 0,112 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{SD1}{SDS} \\
 &= \frac{0,488}{0,896} \\
 &= 0,545 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan nilai spektrum nilai spektrum respons desain dengan menggunakan persamaan (2.6), (2.7), dan persamaan (2.8).

Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , S_a , harus diambil dari persamaan;

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right) \\
 &= 0,896 \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{0}{0,112}\right) \\
 &= 0,3584 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right) \\
 &= 0,896 \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{0,02}{0,112}\right) \\
 &= 0,4544 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right) \\
 &= 0,896 \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{0,04}{0,112}\right) \\
 &= 0,5504 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S :

$$S_a = S_{Ds}$$

$$T = 0,112 \text{ maka nilai } S_a = 0,896 \text{ g}$$

$$T = 0,02 \text{ maka nilai } S_a = 0,896 \text{ g}$$

$$T = 0,04 \text{ maka nilai } S_a = 0,896 \text{ g}$$

Untuk perioda lebih besar dari T_S , S_a dihitung dengan persamaan;

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

$$S_a = \frac{0,488}{0,6}$$

$$= 0,813 \text{ g}$$

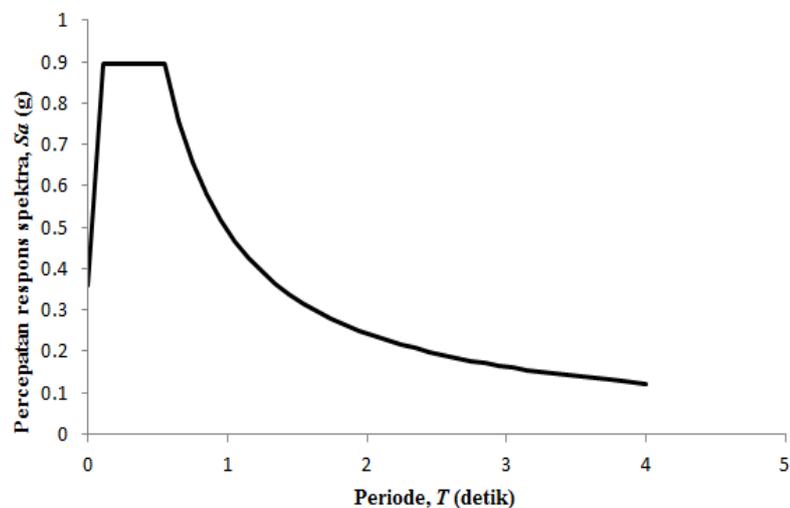
$$S_a = \frac{0,488}{0,8}$$

$$= 0,610 \text{ g}$$

$$S_a = \frac{0,488}{1}$$

$$= 0,488 \text{ g}$$

5. Setelah semua parameter percepatan respons spektrum dan percepatan spektrum desain telah didapatkan langkah selanjutnya yaitu membuat grafik respons spektrum seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Grafik respons spektrum (SNI 03-1726-2012)

6. Struktur bangunan pada penelitian ini menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan $> 25\%$ gaya gempa yang ditetapkan. Struktur bangunan mempunyai kategori risiko IV dengan kelas situs tanah sedang (SD). Dari parameter di atas maka didapatkan faktor skala respons spektrum gempa rencana seperti pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor Skala Respons Spektrum Gempa Rencana

Percepatan Gempa	Arah Gempa	Scale Factor $\frac{I_e}{R} \times g$
RS _X	U1 (100%)	2,102
RS _Y	U2 (30%)	0,631

7. Periode fundamental pendekatan struktur (T) tidak boleh melebihi batas atas periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a) yang berdasarkan SNI 03-1726-2012. Karena tipe struktur ini menggunakan rangka beton pemikul momen maka didapatkan nilai x sebesar 0,9 dan untuk nilai $S_{DI} > 0,4$ harus menggunakan nilai C_u sebesar 1,4 (SNI 1726:2012).

Setelah dianalisis dan mengeluarkan hasil *running* program SAP200 versi 21 didapatkan nilai periode (T) sebagai berikut.

$$T_X = 0,678$$

$$T_Y = 0,580$$

Dari data di atas selanjutnya menentukan periode getar minimum dan periode getar maksimum untuk pendekatan arah gempa X dan arah gempa Y .

$$\begin{aligned} T_{a \min} &= C_t \times H a^x \\ &= 0,0466 \times 28^{0,9} \\ &= 0,935 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{a \max} &= C_u \times T_{a \min} \\ &= 1,4 \times 0,935 \\ &= 1,309 \text{ detik, } T_{a \max} > T_X \text{ dan } T_Y \text{ Oke} \end{aligned}$$

8. Perhitungan gaya geser dasar seismik rencana

a. Parameter – parameter yang telah didapatkan:

Lokasi = Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta

Kelas situs = Tanah sedang (*SD*)

S_I = 0,483 g

S_S = 1,344 g

F_a = 1,0 g

F_v = 1,517 g

S_{DS} = 0,896 g

S_{D1} = 0,488 g

R = 7

I_e = 1,5

T_X = 0,678

T_Y = 0,580

b. Menghitung koefisien gaya geser dasar seismik

$$\begin{aligned} C_S &= \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \\ &= \frac{0,896}{\frac{7}{1,5}} \\ &= 0,192 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{S \text{ maks}} &= \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} \\ &= \frac{0,488}{0,678 \times \frac{7}{1,5}} \\ &= 0,154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{S \text{ min}} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,896 \times 1,5 \\ &= 0,0591 \end{aligned}$$

Diambil nilai C_S sebesar 0,154

Gaya geser dasar seismik struktur

$$\begin{aligned} V &= C_S \times W_t \\ &= 0,169 \times 182,735 \text{ Kn} \\ &= 30804,97 \text{ kN} \end{aligned}$$