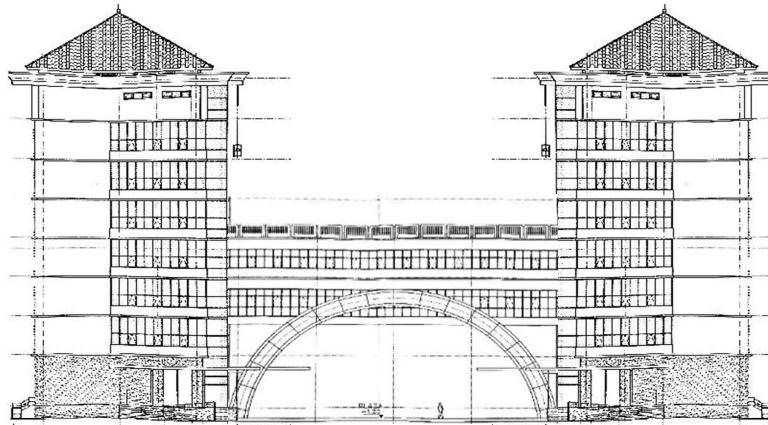


BAB IV METODE PENELITIAN

A. Data Struktur Gedung

Penelitian ini menggunakan data dari gedung kuliah dan laboratorium Pascasarjana Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Bangunan ini menggunakan beton dan baja untuk rangka atapnya. Memiliki tinggi total 44,736 meter dan 6 m untuk tinggi atapnya. Perhitungan elevasi 0 m dihitung dari lantai 1 dan pada elevasi 9,65 meter terdapat jembatan penghubung gedung A dan gedung B yang bernama *sky bridge*.

Gambar 4.1 Tampak depan gedung Pascasarjana FK UGM.



(Sumber : Gambar perencanaan)

Tabel 4.1 Keterangan gedung.

Deskripsi Gedung	Keterangan
Fungsi Bangunan	Gedung Lab dan Perkuliahan
Jumlah Lantai	8 lantai
Tinggi Maksimum Gedung	44,736 meter
Jumlah <i>S0emi Basement</i>	1 lantai
Tinggi <i>skybridge</i> lantai 3	9,65 meter
Tinggi <i>skybridge</i> lantai 4	13,85 meter

(Sumber : Gambar Perencanaan)

B. Tahapan Analisis

Penelitian ini menggunakan tiga metode dalam menganalisis yaitu *time history* dan respons spektrum dan analisis statik menggunakan statik ekuivalen. Digunakan bantuan *software ETABS* untuk menganalisis dengan tiga metode tersebut. *Software* digunakan untuk mempermudah dan mempersingkat waktu penelitian.

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan dasar pedoman yang diambil untuk menganalisis penelitian ini. Studi literatur mencakup seluruh hal yang berhubungan dengan analisis statik dan dinamik. Pedoman yang digunakan untuk penelitian ini adalah SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. *Federal Emergency Management Of Building* (FEMA-451), buku yang telah di publikasi, dan jurnal publikasi terkait yang mendukung analisis.

2. Pengumpulan Data

Data yang mendukung penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer berupa gambar detail gedung Pascasarjana Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada didapat melalui pihak KMK UGM secara langsung. Gambar berupa *soft file* dan *hard file* dari gambar detail perencanaan gedung yang selanjutnya dimodelkan secara tiga dimensi dengan bantuan *software ETABS*.

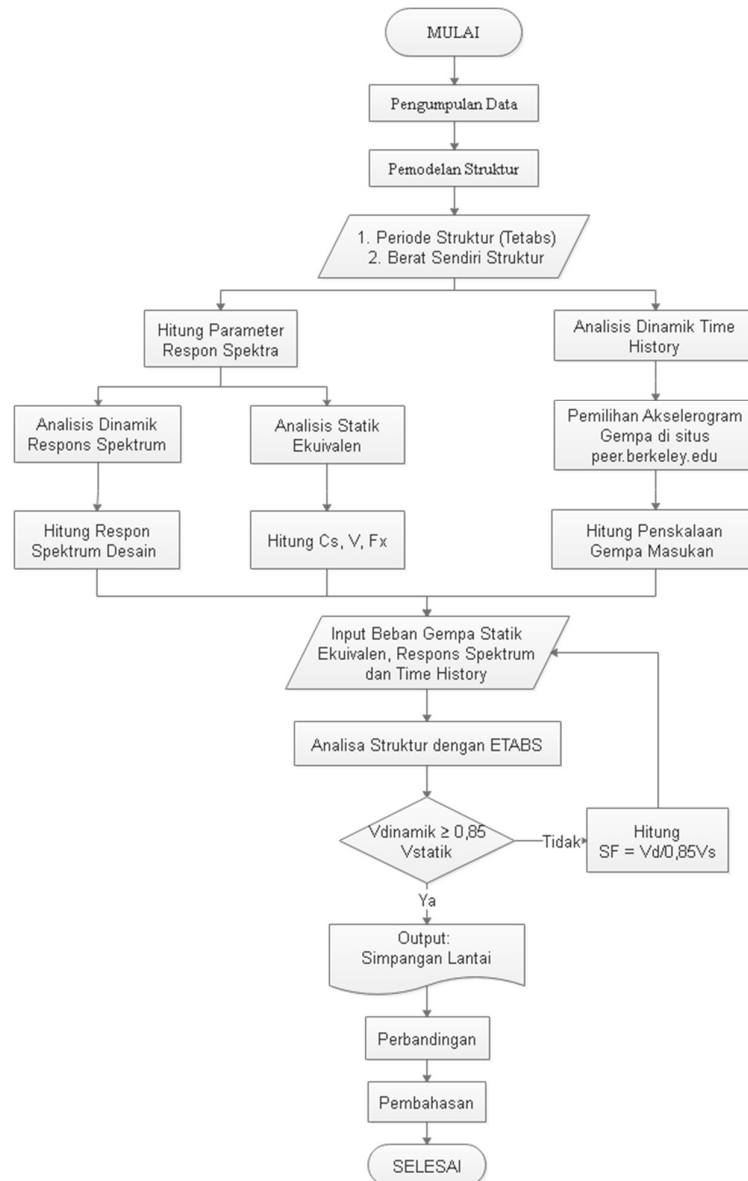
Sebelum dilakukan penelitian dipastikan terlebih dahulu kesesuaian gambar dengan keadaan asli gedung. Sebisa mungkin gambar merepresentasikan keadaan rill gedung yang diteliti agar hasil analisis dapat menunjukkan hasil yang mendekati dengan keadaan rill. Pembebanan diberikan sesuai dengan fungsi ruang pada gedung tersebut, namun untuk beban arsitektur tidak ikut dimodelkan karena tidak memberikan perbedaan yang signifikan.

Data tanah juga diperlukan untuk menganalisis penelitian ini. Data tanah diambil dari *pustlitbang* berdasarkan koordinat lokasi bangunan. Data tanah ini digunakan dalam menganalisis percepatan tanah yang dapat terjadi pada lokasi bangunan yang kemudian akan diterima oleh bangunan dan menjadu gaya lateral di bagian yang bersentuhan langsung dengan tanah. Gaya lateral ini kemudian

mengakibatkan pergerakan secara horizontal dan memberikan pergerakan dan *displacement* pada setiap lantai bangunan yang biasa disebut *drift*.

3. Diagram Alir

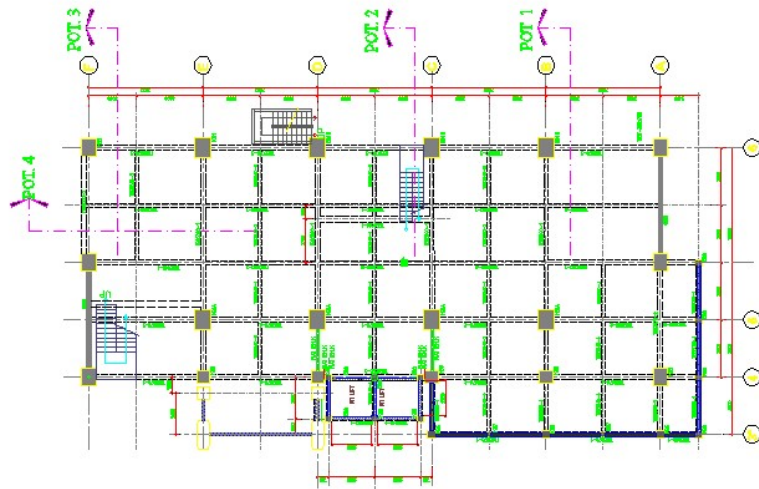
Setelah sudah mendapatkan data input yang diperlukan, analisis dapat dimulai. Analisis berupa perhitungan manual dan perhitungan dengan bantuan *software*. Berikut ini merupakan *flowchart* secara umum pelaksanaan penelitian ini :



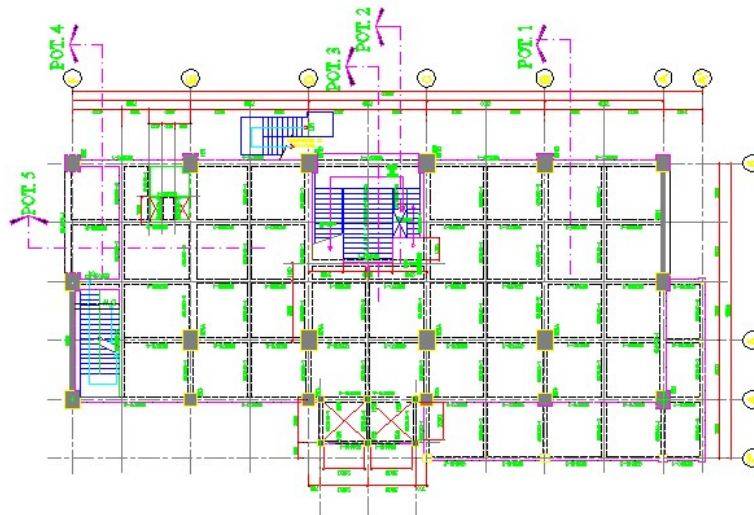
Gambar 4.2 Bagan alir penelitian secara umum.

C. Denah Bangunan

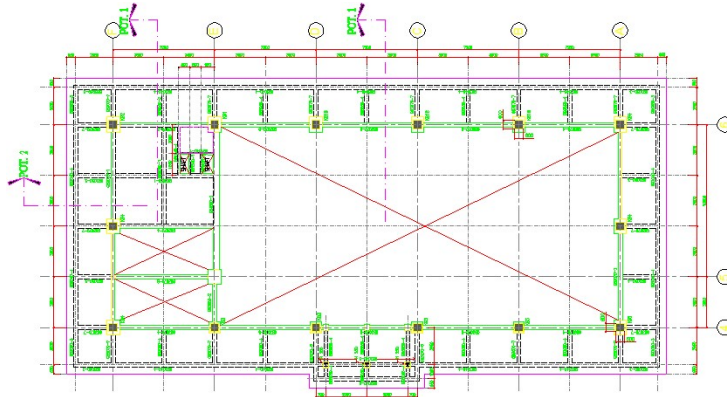
Bangunan terdiri dari dua gedung dan satu jembatan penghubung dimana bentuk dari gedung memiliki denah sama yang berbeda hanya arah orientasi yang saling berhadapan. Gedung memiliki struktur dan pembagian ruang yang sama pada lantai 1 hingga lantai 7. Semi *basement* difungsikan sebagai tempat parkir baik gedung A dan gedung B. Sedangkan pada lantai 8 ruangan memiliki denah struktur yang berbeda dimana banyak pengurangan kolom.



Gambar 4.3 Denah gedung B pada lantai semi basement.
(Sumber : Gambar perencanaan)



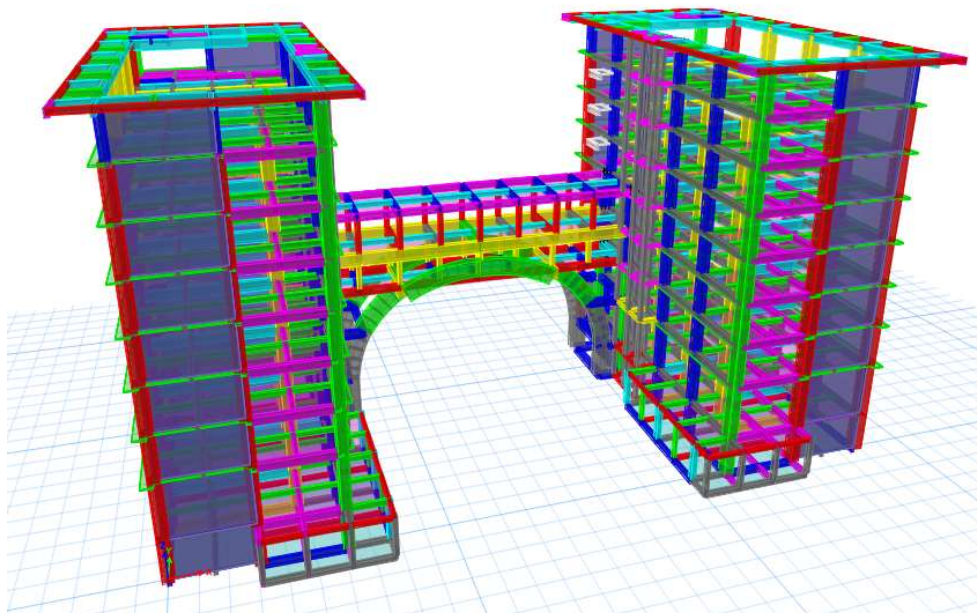
Gambar 4.4 Denah gedung B pada lantai 1-7.
(Sumber : Gambar perencanaan)



Gambar 4.5 Denah gedung B lantai 8.
(Sumber : Gambar perencanaan)

D. Pemodelan menggunakan software *ETABS*

Pemodelan pada penelitian menggunakan software *ETABS* V.13 dan sesuai dengan gambar perencanaan dan keadaan rill bangunan. Bangunan dibagi menjadi tiga yaitu bangunan A, *sky bridge*, dan bangunan B. Ketiga bangunan ini tidak menjadi satu kesatuan diakrenakan menghindari konsentrasi gaya yang dapat terjadi bila bangunan menyatu atau biasa disebut dilatasi. Dalam menganalisis menggunakan *ETABS*, celah tersebut diasumsikan menjadi *gap*.



Gambar 4.6 Tampilan 3 dimensi modelling menggunakan software *ETABS*.
(Sumber : Software *ETABS*)

E. Data Elevasi Gedung

Tabel 4.4.2 Tinggi Bangunan dan elevasi tiap lantai.

Lantai	Tinggi	Elevasi Tiap
	Bagunan (m)	Lantai (m)
Semi-basement	0	+0
1	3,85	+3,85
2	9,35	+5,5
3	13,55	+4,2
4	17,75	+4,2
5	21,95	+4,2
6	26,15	+4,2
7	30,35	+4,2
8	34,55	+4,2
9	38,75	+4,2
Atap	44,75	+6,0

(Sumber : Gambar Perencanaan)

F. Spesifikasi Material

1. Mutu Beton

Tabel 4.3 Mutu beton.

Fungsi	Mutu Beton	
	f'c (Mpa)	Ec (Mpa)
Balok		
Tie Beam	25	23500
Balok Induk	25	23500
Balok Anak	25	23500
Kolom		
Kolom Induk	25	23500
Plat		
Plat basement	25	23500
Plat lantai	25	23500
Plat kanopi	25	23500
Plat lantai dak	25	23500

(Sumber : Gambar Perencanaan)

- Perhitungan Konversi Beton:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c}$$

- Balok Induk dengan $f'c = 25$ Mpa

$$E_c = 4700 \sqrt{25}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

2. Mutu Baja Tulangan

Baja Ulir : $f_y = 400$ Mpa

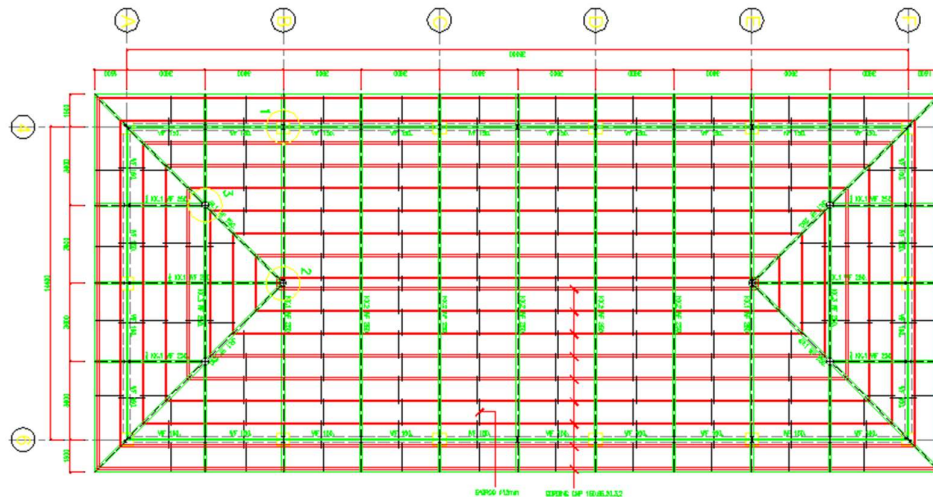
Baja Polos : $f_y = 240$ Mpa

Tulangan Geser $d > 10$ mm $f_y = 400$ Mpa

$d < 10$ mm $f_y = 240$ Mpa

Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200.000 Mpa

3. Stuktur Atap



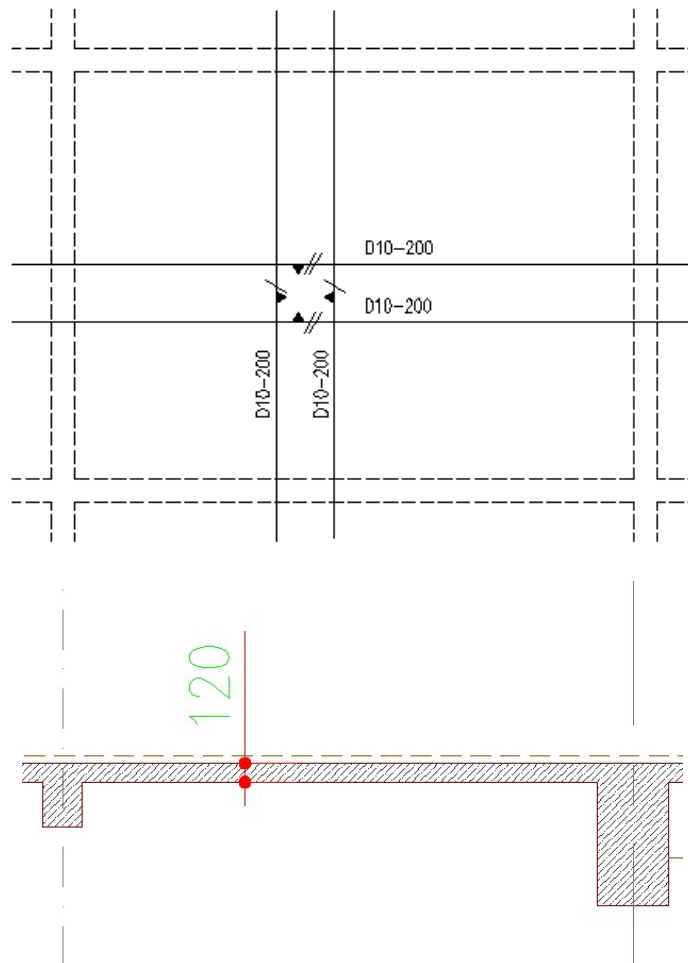
Gambar 4.7 Denah sturktur atap.
(Sumber : Gambar perencanaan)

Tabel 4.4 Dimensi profil kuda-kuda.

Notasi	Dimensi	Keterangan
KK1	IWF.350.175.6.9	Kuda-kuda Utama
KT1	IWF.350.175.6.9	Kuda-kuda Trapesium
1/2KK1	IWF.350.175.6.9	1/2 Kuda-kuda Utama
1/4KK1	IWF.350.175.6.9	1/4 Kuda-kuda Utama
JR1	IWF.350.175.6.9	Kuda-kuda Jurai
KPGD	IWF.300.150.6,5.9	Kuda-kuda Perangkai
NOK	2C.125.50.20.2,3	Gording & Nok
Mutu Baja (fy)		fy = 240 Mpa

(Sumber : Gambar perencanaan)

4. Profil Struktur
a. Plat Lantai



Gambar 4.8 Tampak dan potongan plat lantai.

(Sumber : Gambar perencanaan)

Tebal plat lantai yang digunakan tidak bervariasi yakni menggunakan tebal 12 mm untuk setiap plat baik plat lantai, plat bordes, dan plat *basement*. Untuk ukuran tulangan plat pada gedung ini bervariasi namun pada penelitian ini tulangan pada plat tidak diperhitungkan, sehingga tidak ditampilkan.

b. Balok

Berikut adalah dimensi balok yang digunakan berdasarkan gambar rencana yang dirangkum dalam 1 tabel, berikut tabel balok :

Tabel 4. 1 Notasi elemen balok dan dimensi.

No	Kode	Dimensi (mm)
1	B1	1200 x 600
2	B2	680 x 550
3	B3	700 x 400
4	B4	500 x 300
5	B5	650 x 400
6	B6	900 x 500
7	B7	1200 x 700
8	B8	900 x 600
9	B9	1200 x 700
10	B10	900 x 500
11	B11	900 x 600
12	BB1540	400 x 150
13	BB2040	400 x 200
14	BB2540	400 x 250
15	BB2550	500 x 250
16	BB3040	400 x 300
17	BB4060	600 x 400
18	GB2540	400 x 250
19	GB3050	500 x 300
20	GB3070	700 x 300
21	GB3570	700 x 350
22	GB4070	700 x 400
23	GB4590	900 x 450

(Sumber : Gambar perencanaan)

c. Kolom

Berikut ini merupakan semua ukuran dimensi kolom berdasarkan gambar rencana dirangkum dalam satu tabel :

Tabel 4.5 Notasi elemen kolom dan dimensi.

No	Kode	Dimensi (mm)
1	K1	450 x 350
2	K2	400 x 350
3	K3	800 x 800
4	K4	800 x 800
5	KB1	1000 x 1250
6	KB2	1100 x 900
7	KB3	800 x 800
8	KB4	600 x 600
9	KB5	500 x 500
10	KB6	400 x 400
11	KB7	300 x 300
12	KP1	1800 x 800
13	KP2	1800 x 800

(Sumber : Gambar perencanaan)

G. Pembebanan

Pembebanan merupakan beban yang akan terjadi atau beban yang direncanakan seperti kondisi riil. Pembebanan ini melingkupi beban dari struktur sendiri, beban mati dari fungsi ruang, dan beban gempa. Beban struktur sendiri tidak dimasukkan secara manual melainkan langsung dihitung oleh software *ETABS* sedangkan beban dinding dan gempa di-*input* secara manual. Struktur (dalam suatu bangunan) adalah susunan elemen-elemen pokok yang membentuk pola ruangan tertentu dan berfungsi sebagai alat untuk menyalurkan beban-beban berat sendiri bangunan ke tanah.

1. Pembebanan Struktur Portal

a. *Super Imposed Dead Load* (SIDL)

Beban mati tambahan yang terjadi pada elemen plat lantai :

1) Lantai 1 s/d 8

Instalasi Listrik	= 7 kg/m ²
Pasir Urug (2 cm)	= 32 kg/ m ²
Keramik	= 17 kg/m ²
Adukan Semen atau Spesi (2 cm)	= 42 kg/m ²
Eternit atau Plafon	= 11 kg/m ²
Penggantung Langit-langit	= <u>7 kg/m²</u> +
TOTAL	= 133 kg/m ²
	= 1,304 kN/m²

2) Lantai *Semi Basement* dan Lt, 9

Pasir Urug (2 cm)	= 32 kg/ m ²
Adukan Semen atau Spesi (2 cm)	= <u>42 kg/ m²</u> +
TOTAL	= 74 kg/m ²
	= 0,725 kN/m²

Tabel 4.6 Beban matip setiap lantai.

Lantai	Luas Lantai dan Tangga	SIDL (kN/m ²)	JUMLAH	SIDL Story
	m ²			(kN)
Base	1089,46	0,72569	790,6102	814,58036
Bordes Base	26,86	0,89241	23,97013	
1	1089,46	0,89241	972,245	1039,08651
Bordes Lt.1	74,9	0,89241	66,84151	
2	1050,88	0,89241	937,8158	1030,37659
Bordes Lt.2	103,72	0,89241	92,56077	
3	1238,19	0,89241	1104,973	1195,82048
Bordes Lt.3	101,8	0,89241	90,84734	
4	1247,55	0,89241	1113,326	1204,17343
Bordes Lt.4	101,8	0,89241	90,84734	
5	1277,79	0,89241	1140,313	1231,15991
Bordes Lt.5	101,8	0,89241	90,84734	
6	1074,11	0,89241	958,5465	1049,39384
Bordes Lt.6	101,8	0,89241	90,84734	

Tabel 4.7 Beban matip setiap lantai (lanjutan).

Lantai	Luas Lantai dan Tangga	SIDL (kN/m ²)	JUMLAH	SIDL Story
	m ²			(kN)
7	1074,11	0,89241	958,5465	1049,39384
Bordes Lt.7	101,8	0,89241	90,84734	
8	1074,11	0,89241	958,5465	1004,6841
Bordes Lt.8	51,7	0,89241	46,1376	
9 dan Atap	688,68	0,51975	357,9414	357,94143

Beban Hidup

Berikut ini adalah beban hidup yang terdapat pada bangunan setiap lantainya :

1) Lantai 1 s/d 8

$$\text{Beban hidup gedung perkuliahaan} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$1,92 \text{ kN/m}^2 \times 0,5 = 0,9 \text{ kg/m}^2$$

2) Lantai 9

$$\text{Dak atap} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$0,96 \text{ N/m}^2 \times 0,5 = 0,48 \text{ kg/m}^2$$

3) Lantai *semi basement*

$$\text{Lantai Parkir} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$1,92 \text{ kN/m}^2 \times 0,5 = 0,9 \text{ kg/m}^2$$

Tabel 4.8 Beban hidup tiap lantai.

Lantai	Luas Lantai dan Tangga	LL (kN/m ²)	JUMLAH	LL Story
	m ²			(kN)
Base	1192,32	0,96	1144,627	1173,2235
Bordes Base	11,94	2,395	28,5963	
1	1074,91	0,96	1031,914	1159,54315
Bordes Lt.1	53,29	2,395	127,6296	
2	1050,88	0,96	1008,845	1130,24735
Bordes Lt.2	50,69	2,395	121,4026	
3	1238,19	0,96	1188,662	1310,06495
Bordes Lt.3	50,69	2,395	121,4026	
4	1247,55	0,96	1197,648	1319,05055

Tabel 4.9 Beban hidup tiap lantai (lanjutan).

Lantai	Luas Lantai dan Tangga	LL (kN/m ²)	JUMLAH	LL Story
	m ²			(kN)
Bordes Lt.4	50,69	2,395	121,4026	
5	1277,79	0,96	1226,678	1348,08095
Bordes Lt.5	50,69	2,395	121,4026	
6	1074,11	0,96	1031,146	1152,54815
Bordes Lt.6	50,69	2,395	121,4026	
7	1074,11	0,96	1031,146	1152,54815
Bordes Lt.7	50,69	2,395	121,4026	
8	1074,11	0,96	1031,146	1152,54815
Bordes Lt.8	50,69	2,395	121,4026	
9 dan Atap	688,68	0,51975	357,9414	357,94143

Berat sendiri struktur (W_t) secara terpisah didapat setiap tipe elemen, seperti kolom, balok, dan dinding geser. Berat ini didapat dari output *ETABS V13.1.1* dan selanjutnya di hitung secara manual dengan *Ms.excel* dengan menjumlahkan setengah dari berat beban ke bawah lantai tersebut dan beban ke atas lantai tersebut.

Tabel 4.10 Beban Total.

Story	Tipe Elemen	Material	Total Weight	Floor Area	Unit Weight	Total Beban (kN)
			kN	m ²	kN/m ²	
Roof	Steel	Baja Profil	196,3842318	-	-	196,3842
Story9	Column	Beton	2566,2	688,68	3,7263	6678,137
Story9	Beam	Beton	2923,575	688,68	4,2492	
Story9	Beam	Baja Profil	27,4371	688,68	0,0459	
Story9	Wall	Beton	756	688,68	1,0978	
Story9	Floor	Beton	2066,025	688,68	3	
Story8	Column	Beton	4086,6	1074,11	3,8218	10630,67
Story8	Beam	Beton	3160,0219	1074,11	2,9912	
Story8	Beam	Baja Profil	13,883	1074,11	0,013	
Story8	Wall	Beton	1060,1037	1074,11	0,956	
Story8	Floor	Beton	3222,315	1074,11	3	
Story7	Column	Beton	4086,6	1074,11	3,8218	11542,92
Story7	Beam	Baja Profil	13,883	1074,11	0,013	
Story7	Wall	Beton	1060,1037	1074,11	0,956	
Story7	Floor	Beton	3222,315	1074,11	3	

Tabel 4.11 Beban Total (Lanjutan).

Story	Tipe Elemen	Material	Total Weight	Floor Area	Unit Weight	Total Beban (kN)
			kN	m ²	kN/m ²	
Story6	Column	Beton	4086,6	1074,11	3,8218	11542,92
Story6	Beam	Beton	3160,0219	1074,11	2,9912	
Story6	Beam	Baja Profil	13,883	1074,11	0,013	
Story6	Wall	Beton	1060,1037	1074,11	0,956	
Story6	Floor	Beton	3222,315	1074,11	3	
Story5	Column	Beton	4586,925	1277,79	3,6033	13347,53
Story5	Beam	Beton	4103,4219	1277,79	3,2554	
Story5	Beam	Baja Profil	13,883	1277,79	0,0109	
Story5	Wall	Beton	1060,1037	1277,79	0,803	
Story5	Floor	Beton	3833,355	1277,79	3	
Story4	Column	Beton	4575,9	1247,55	3,6821	15933,41
Story4	Beam	Beton	6535,3739	1247,55	5,4257	
Story4	Beam	Baja Profil	13,883	1247,55	0,0112	
Story4	Wall	Beton	1060,1037	1247,55	0,8226	
Story4	Floor	Beton	3742,635	1247,55	3	
Story3	Column	Beton	4355,4	1238,19	3,5313	14369,65
Story3	Beam	Beton	4593,3031	1238,19	3,7537	
Story3	Beam	Baja Profil	13,883	1238,19	0,0113	
Story3	Brace	Beton	855,3164	1238,19	0,6935	
Story3	Wall	Beton	1249,1037	1238,19	0,8288	
Story3	Floor	Beton	3714,555	1238,19	3	14025,55
Story2	Column	Beton	5703,5	1050,88	5,6037	
Story2	Beam	Beton	3722,1219	1050,88	3,728	
Story2	Brace	Beton	828,4973	1050,88	0,814	
Story2	Wall	Beton	1309,7743	1050,88	1,2874	
Story2	Floor	Beton	3152,6325	1050,88	3	13852,71
Story1	Column	Beton	4849,075	1089,46	4,5192	
Story1	Beam	Beton	3844,0469	1089,46	3,6233	
Story1	Wall	Beton	789,7316	1089,46	0,7326	
Story1	Floor	Beton	3268,3723	1089,46	3	10339,91
Base	Beam	Beton	3943,55	1089,46	3,5023	
Base	Floor	Beton	3576,96	1089,46	3	

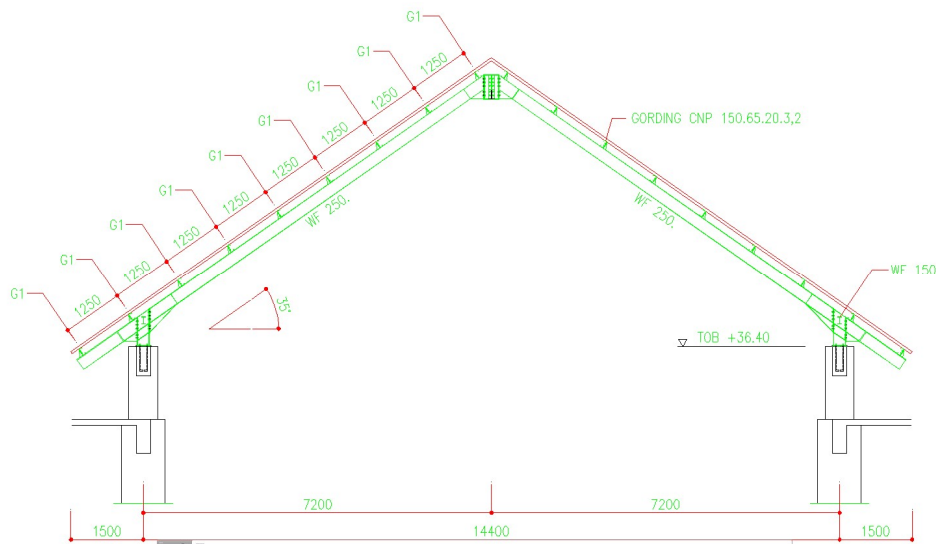
b. Beban Total Struktur

Beban akumulasi yang terjadi pada struktur pengaruh *Live Load, Super Imposed Dead Load* dan beban sendiri struktur.

Tabel 4.12 Total Beban Pada Struktur.

Lantai	Pembebanan (kN)			Total (kN)
	Beban Struktur	ADL	LL	
Basement	10339,9133	814,5804	1173,224	12327,7172
Lantai 1	13852,7083	1039,087	1159,543	16051,338
Lantai 2	14025,55025	1030,377	1130,247	16186,1742
Lantai 3	14369,653	1195,82	1310,065	16875,5384
Lantai 4	15933,4081	1204,173	1319,051	18456,6321
Lantai 5	13347,5261	1231,16	1348,081	15926,767
Lantai 6	11542,9236	1049,394	1152,548	13744,8656
Lantai 7	11542,9236	1049,394	1152,548	13744,8656
Lantai 8	10630,67175	1004,684	1152,548	12787,904
Lantai 9	6678,1371	357,9414	357,9414	7394,01996
TOTAL				143495,822

2. Pembebanan Struktur Atap



Gambar 4.9 Potongan Melintang Atap.
(Sumber : Gambar perencanaan)

a. Beban Mati

Penutup Atap

Berat genteng = 50 kg/m²

$$\begin{aligned}
 \text{Gording 1 (G}_1\text{)} &= \text{berat genteng} \times (L) \\
 &= 50 \times (1,25\text{m}) \\
 &= 62,5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

1) Beban Hidup Pekerja

Beban hidup pekerja diasumsikan menjadi titik yang terpusat setengah bentang = 100 kg/titik

2) Beban Hujan

$$W_1 = (40 - 0,8 \alpha) \text{ kg/m}^2 = 40 - (0,8 \times 35^\circ) = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$W_1 = 12 \times (1,25\text{m}) = 27 \text{ kg}$$

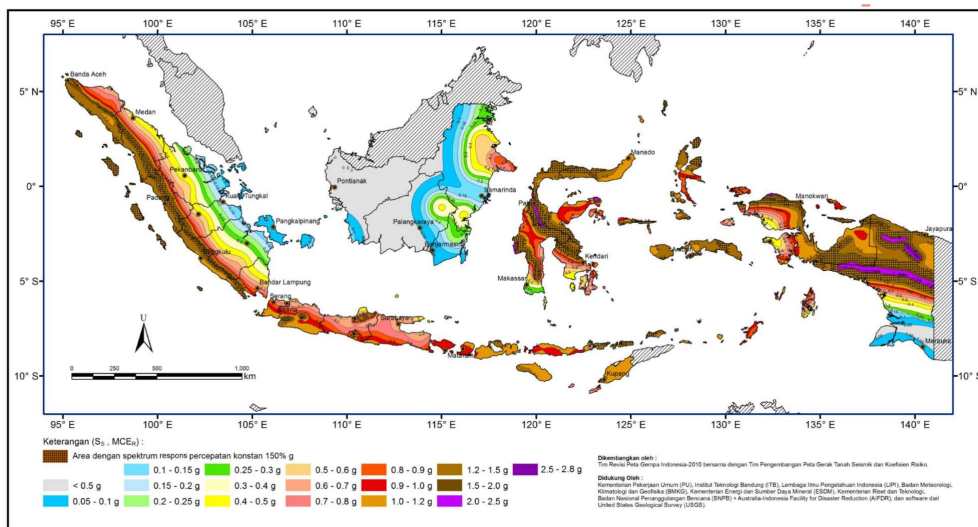
H. Tahap Analisis

1. Klasifikasi Situs

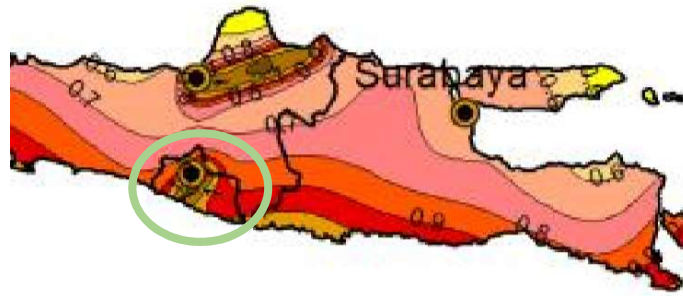
a. Data Gempa

Beban gempa harus menyesuaikan dengan jenis tanah dimana bangunan tersebut didirikan. Bangunan ini di didirikan pada daerah dengan jenis tanah berupa tanah berpasir maka kelas situs nya diperkirakan sebagai tanah sedang (SD).

Bila penentuan parameter tanah dilakukan secara manual, berikut peta untuk menentukan nilai S_s :



(a)



(b)

Gambar 4.10 Peta penentuan S_s (a), lokasi penelitian (b).

Dengan data yang disediakan oleh <http://puskim.pu.go.id/> sebagai berikut :

Lokasi : Jl. Farmako, Sekip, Sinduadi, Sleman, Sinduadi, Mlati,
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Koordinat : -7.769082, 110.374190

Tanah dasar : Tanah Sedang (SD)

Nilai S_1 : 0,428 Nilai S_s : 1,155

Nilai F_a : 1,038 Nilai F_v : 1,572

2. Spektrum Respon Desain

a. Perhitungan Nilai S_{DS} dan S_{D1}

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\ &= \frac{2}{3} \times 1,038 \times 1,155 \\ &= 0,7993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\ &= \frac{2}{3} \times 1,572 \times 0,428 \\ &= 0,4485 \end{aligned}$$

b. Penentuan Respons Spektra

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \cdot \frac{0,4485}{0,7993} \\ &= 0,1122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{SD_1}{SD_s} \\
 &= \frac{0,4485}{0,7993} \\
 &= 0,5612
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Periode I ($T < T_0$).

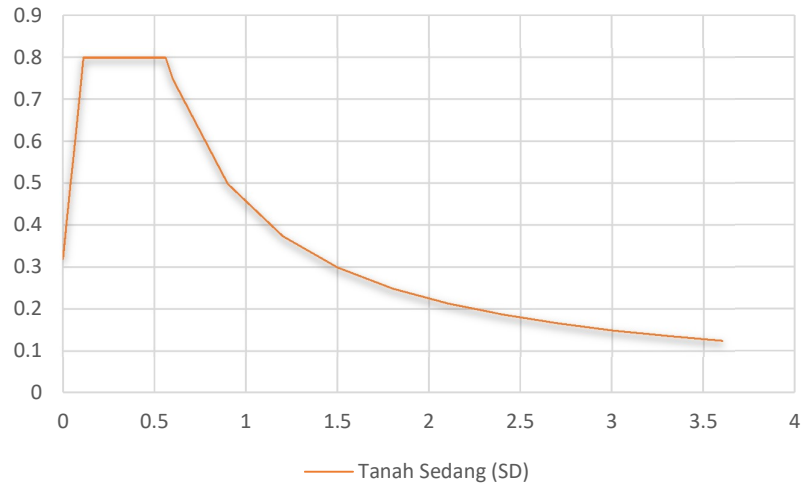
T	Sa
0	0,319704
0,02	0,405156
0,04	0,490608
0,06	0,57606
0,08	0,661512
0,1	0,746964
0	0,319704

Tabel 4.14 Periode II ($T_0 \leq T \leq T_s$).

T	Sa
0,11224	0,79926
0,2	0,79926
0,3	0,79926
0,4	0,79926
0,5	0,79926

Tabel 4.15 Periode III ($T_0 \geq T_s$).

T	Sa
0,561199	0,79926
0,6	0,747573
0,9	0,498382
1,2	0,373787
1,5	0,299029
1,8	0,249191
2,1	0,213592
2,4	0,186893
2,7	0,166127
3	0,149515
3,3	0,135922
3,6	0,124596



Gambar 4.11 Grafik respons spektrum desain.

3. Kategori Desain Seismik

Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_I , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik *E*. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_I , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik *F*. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spectral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{DI} (SNI 1726:2012 Pasal 6.5).

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,038 \times 1,155 \\
 &= 0,7993
 \end{aligned}$$

Kategori Resiko (IV) = D

Untuk setiap gerak tanah yang dianalisis, parameter-parameter respons individual harus dikalikan dengan besaran skalar sebagai berikut:

Tabel 4.16 Periode struktur arah Y dan X.

Periode, T	Arah X	Arah Y
T _{approx}	1,4259	1,4259
T _{max}	1,9963	1,9963
T _{gross}	1,243	1,243
T _{crack}	1,774	1,774

- Parameter respons gaya harus dikalikan dengan I_e/R , dimana I_e adalah faktor keutamaan gempa yang telah ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan struktur dan R adalah koefisien modifikasi respons yang telah disesuaikan dengan sistem penahan gaya seismik.
- Nilai C dinyatakan dengan percepatan gravitasi pada lokasi bangunan tersebut.

Tabel 4.17 Faktor Skala Spektrum Respon Gempa Rencana.

Percepatan Gempa	Arah	Scale Factor
		$I_e/R \times g$
RSx	U1 (100%)	2,102142857
RSy	U1 (100%)	2,102142857

4. Periode Fundamental Pendekatan Struktur

Perioda fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (T_a) yang harus ditentukan dari persamaan yang telah ditentukan (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2). Untuk nilai C_t dan t dapat ditentukan sesuai tipe struktur dari bangunan. Untuk bangunan ini digunakan sistem struktur rangka beton pemikul momen. Karena nilai S_{D1} lebih besar dari 0,4 maka C_u digunakan sebesar 1,4. Setelah dianalisis menggunakan *software ETABS* dapat dihasilkan periode (T_x) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_x &= 1,243 \\
 S_{D1} &= 0,4485 \\
 C_u &= 1,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_t &= 0,0466 \\ x &= 0,9 \end{aligned}$$

Perhitungan periode getar minimum sebagai pendekatan arah X dan arah Y

$$\begin{aligned} T_{a \min} &= C_t \cdot h a^x \\ &= 0,0466 \cdot 44,75^{0,9} \\ &= 1,4259 \end{aligned}$$

Perhitungan periode getar maximum sebagai pendekatan arah X dan arah Y

$$\begin{aligned} T_{a \max} &= C_u \cdot T_{a \min} \\ &= 1,4 \cdot 1,4259 \\ &= 1,9963 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat } T_{a \min} < T < T_{a \max}$$

$$\text{Karena } T < T_{a \min}$$

$$\text{digunakan; } T_{a \min} = 1,4259$$

5. Geser Dasar Seismik

a. Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Data Lokasi	:	
Lokasi	:	Yogyakarta
Jenis Tanah	:	SD (Tanah Sedang)
Nilai S1	:	0,428
Nilai Ss	:	1,155
Nilai Fa	:	1,038
Nilai Fv	:	1,572
S _{DS}	:	0,799
S _{D1}	:	0,4485

b. Distribusi Horizontal Arah X

$$\begin{aligned} C_{S_{max}} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,799}{8/1,5} \\ &= 0,149 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,4485}{1,4259 \times 8/1,5} \\
 &= 0,0674
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{smin} &= 0,044 \times S_{DS} \times I > 0,01 \\
 &= 0,044 \times 0,799 \times 1,5 \\
 &= 0,0527
 \end{aligned}$$

Digunakan: $C_s = 0,0674$

$$\begin{aligned}
 V_x &= C_s \times W \\
 &= 0,0674 \times 14349,58 \text{ ton} \\
 &= 967,2481 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

c. Distribusi Horizontal Arah Y

$$\begin{aligned}
 C_{smax} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,799}{8/1,5} \\
 &= 0,149
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,4485}{1,4259 \times 8/1,5} \\
 &= 0,0674
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{smin} &= 0,044 \times S_{DS} \times I > 0,01 \\
 &= 0,044 \times 0,799 \times 1,5 \\
 &= 0,0527
 \end{aligned}$$

Digunakan: $C_s = 0,0674$

$$\begin{aligned}
 V_x &= C_s \times W \\
 &= 0,0674 \times 14349,58 \text{ ton} \\
 &= 967,2481 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

d. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Dilakukan analisis interpolasi linier untuk mendapatkan nilai K:

$$T = 0,5 \text{ dengan } k = 1$$

$$T = 2,5 \text{ dengan } k = 2$$

$$T = 1,4259$$

Interpolasi :

$$k = 0,5T + 0,75$$

$$= 0,5 \cdot 1,4259 + 0,75$$

$$= 1.46295$$

Dilakukan perhitungan untuk setiap lantainya, berikut contoh perhitungan pada lantai 9/atap :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

$$C_{vx} = \frac{192281,3}{1186181}$$

$$= 0.1621$$

$$F_x = C_{vx} \cdot V_x$$

$$= 0.1621 \cdot 972,848 \text{ Ton}$$

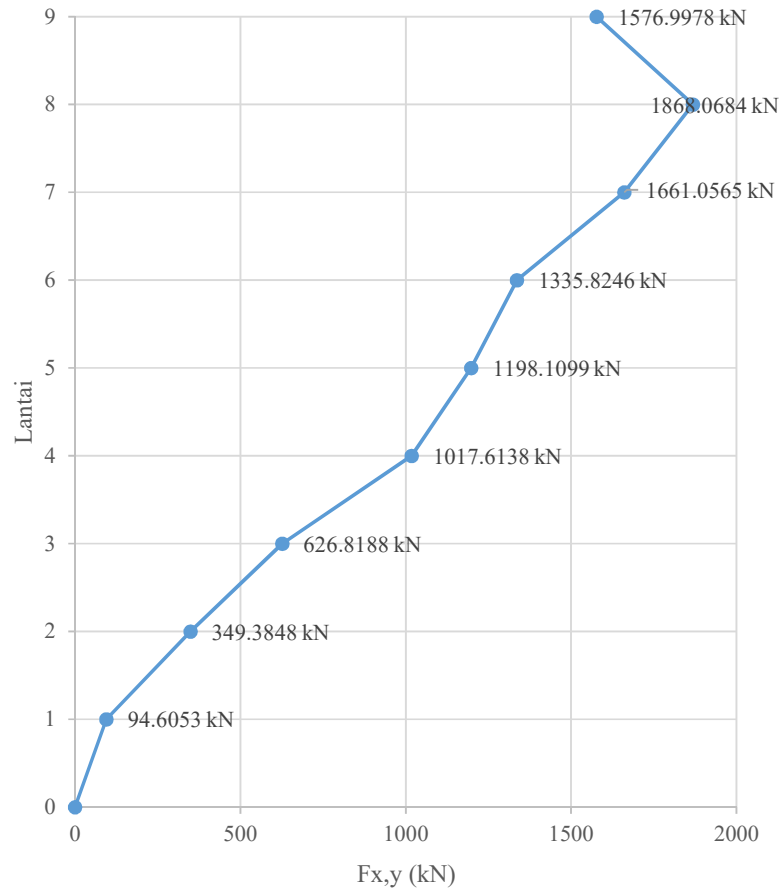
$$= 157,69978 \text{ Ton}$$

Tabel 4.18 Distribusi Gaya Gempa Lateral Arah X.

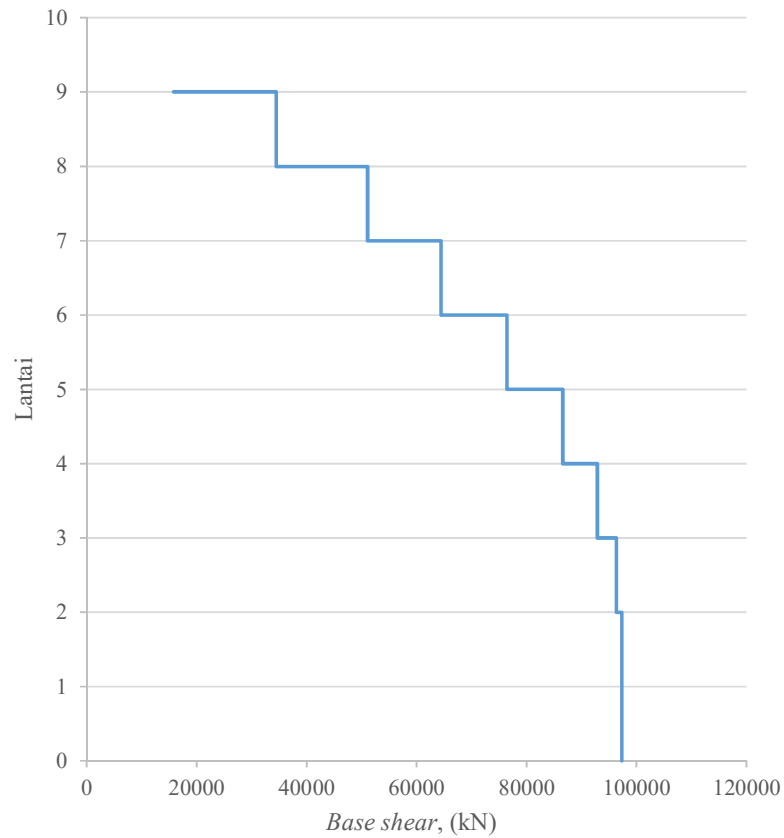
Lantai	h (m)	h_x^k	W (ton)	$w \cdot h_x^k$	C_{vx}	Fx (ton)	Fx (kN)
9	44,75	260,0497	739,402	192281,3	0,1621	157,6998	1576,9978
8	34,55	178,1145	1278,7	227771,1	0,1920	186,8068	1868,0684
7	30,35	147,3499	1374,487	202530,4	0,1707	166,1057	1661,0565
6	26,15	118,499	1374,487	162875,3	0,1373	133,5825	1335,8246
5	21,95	91,7223	1592,677	146084	0,1232	119,811	1198,1099
4	17,75	67,22587	1845,663	124076,3	0,1046	101,7614	1017,6138
3	13,55	45,28874	1687,554	76427,19	0,0644	62,68188	626,8188
2	9,35	26,31878	1618,617	42600,03	0,0359	34,93848	349,3848
1	3,85	7,186376	1605,134	11535,1	0,0097	9,460526	94,6053
0	0	0	1232,772	0	0	0	0
Total			14349,58	1186181	1	972,848	9728,48

Tabel 4.19 Distribusi Gaya Gempa Lateral Arah Y.

Lantai	h (m)	h_x^k	W (ton)	w, h_x^k	C_{v_x}	Fx (ton)	Fx (kN)
9	44,75	260,0497	739,402	192281,3	0,1621	157,6998	1576,9978
8	34,55	178,1145	1278,79	227771,1	0,1920	186,8068	1868,0684
7	30,35	147,3499	1374,487	202530,4	0,1707	166,1057	1661,0565
6	26,15	118,499	1374,487	162875,3	0,1373	133,5825	1335,8246
5	21,95	91,7223	1592,677	146084	0,1232	119,811	1198,1099
4	17,75	67,22587	1845,663	124076,3	0,1046	101,7614	1017,6138
3	13,55	45,28874	1687,554	76427,19	0,0644	62,68188	626,8188
2	9,35	26,31878	1618,617	42600,03	0,0359	34,93848	349,3848
1	3,85	7,186376	1605,134	11535,1	0,0097	9,460526	94,6053
0	0	0	1232,772	0	0,0000	0	0
Total			14349,58	1186181	1	972,848	9728,48



Gambar 4.12 Gaya Lateral akibat Gempa arah X dan arah Y.



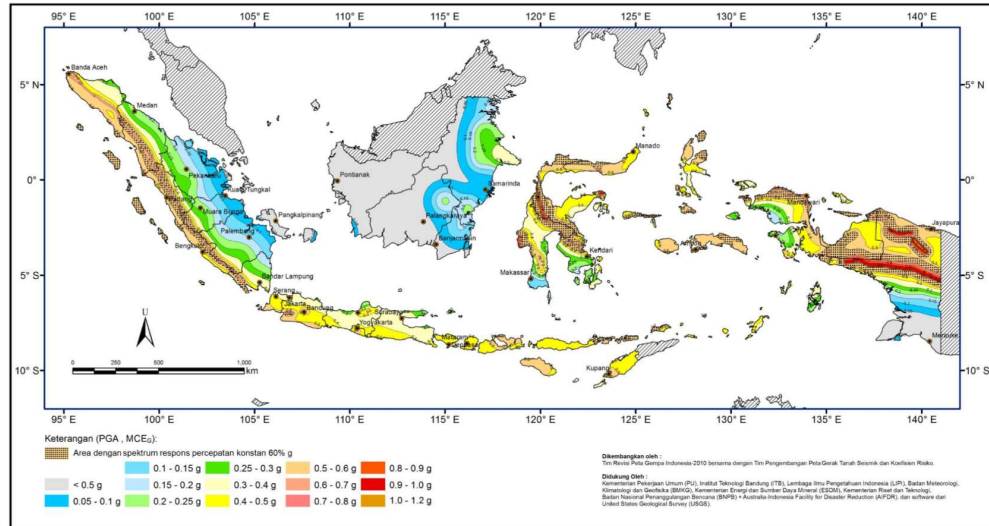
Gambar 4.13 *Base shear* akibat gempa pada bangunan.

6. Analisis Beban Seismik *Time History*

a. Percepatan Gempa Rencana

Nilai PGA digunakan untuk menentukan koefisien F_{PGA} yang diperoleh dari Tabel 3.11 sesuai SNI 1726:2012. Dengan bantuan *website puslitbang* yang berdasarkan peraturan SNI 1726:2012 untuk lokasi penelitian (Yogyakarta) diperoleh nilai F_{PGA} sebesar 0,507 dengan nilai PGA sebesar 1.

$$\begin{aligned}
 PGAM &= F_{PGA} \times PGA \\
 &= 0,507 \times 1g \\
 &= 0,507g
 \end{aligned}$$



(a)



(b)

Gambar 4.14 Koefisien Situs, F_{PGA}

b. Perhitungan Skala Percepatan Gempa

Parameter respons individual harus dikalikan dengan I_e/R , dimana I_e adalah faktor keutamaan gempa yang ada pada tabel 3.4 dan nilai R merupakan kategori resiko berdasarkan pemanfaatan struktur pada tabel 3.3. Sebelum menentukan nilai I_e harus diketahui terlebih dahulu fungsi bangunan, sehingga dapat menentukan kategori resiko. Setelah mengetahui kategori resiko, dapat dilihat pada tabel 3.4 untuk mendapatkan nilai faktor keutamaan gempa (I_e).

$$\begin{aligned}
 PGAM \text{ (diskalakan)} &= PGAM \times (I/R) \\
 &= 0,507 \times (1,5/7) \\
 &= 0,1086 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan pembebanan gempa nominal, percepatan muka tanah asli dari gempa masukan harus diskalakan.

Tabel 4.20 Skala percepatan pada bangunan

Data Akselogram	PGAMax	PGAM	Skala	Skala x g	Skala x g
	Seismomach	Yogyakarta		(m/s ²)	(mm/s ²)
	(m/s ²)	(m/s ²)		(m/s ²)	(mm/s ²)
Imperial Valley X	0,29785	0,108642857	0,3648	3,5783	3578,3
Imperial Valley Y	0,28124	0,108642857	0,3863	3,7895	3789,6
Chalfant Valley X	0,31389	0,108642857	0,3462	3,3954	3395,4
Chalfant Valley Y	0,29127	0,108642857	0,3729	3,6591	3659,1
Parkfield X	0,21071	0,108642857	0,5156	5,0581	5058,1
Parkfield Y	0,373	0,108642857	0,29127	2,8573	2857,3

c. *Accelerogram* Gempa Masukan

Accelerogram atau akselogram digunakan pada analisis gempa menggunakan metode *time history*. Grafik didapat dari stasiun pencatat gempa yang telah dicocokkan terlebih dahulu dengan gempa yang menyerupai lokasi bangunan yang diteliti. Data grafik ini harus disesuaikan dengan magnitudo, jarak patahan, dan mekanisme sumber gempa yang mendekati dengan lokasi dimana bangunan berada. Setiap data grafik juga harus diskalakan sedemikian rupa sehingga data ada pada rentang 0,2 T hingga 1,5 T.

Data grafik akselogram yang dipilih selanjutnya dimodifikasi dengan bantuan program *SeismoMatch* agar data spektrumnya konvergen dengan respons spektrum elastik desain. Respon spektrum dari gempa aktual diambil redaman sebesar 5% yang dipilih sebagai gerak tanah masukan. Memiliki rata-rata nilai percepatan berdekatan dengan respon spektrum dari gempa rencana pada periode 0,2 T hingga 1,5 T. Percepatan gempa untuk analisis *time history* dalam penelitian ini dipilih tiga data rekaman gempa diantaranya gempa Imperial Valley, gempa Chalfant Valley dan gempa Parkfield. Percepatan gempa untuk analisis *time history* dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4 – 4.9 berupa data percepatan (akselerogram) beserta respons spektrum elastiknya.

d. *Accelerogram* Gempa Modifikasi

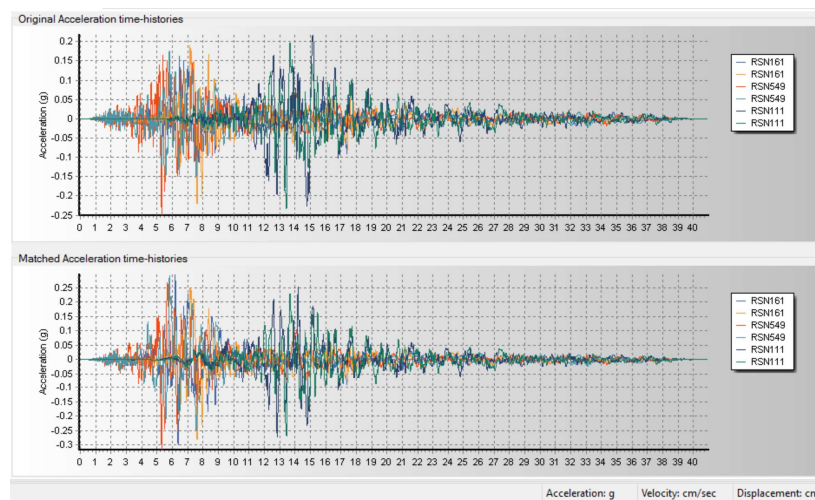
Konvergensi dilakukan terhadap spektrum gempa aktual yang dibandingkan dengan respon spektrum desain pada periode 0,2T – 1,5T. Sehingga akselogram yang telah dimodifikasi dapat digunakan dalam metode *time history*.

Tabel 4.21 Gempa masukan sebelum disamakan dengan respon spektrum.

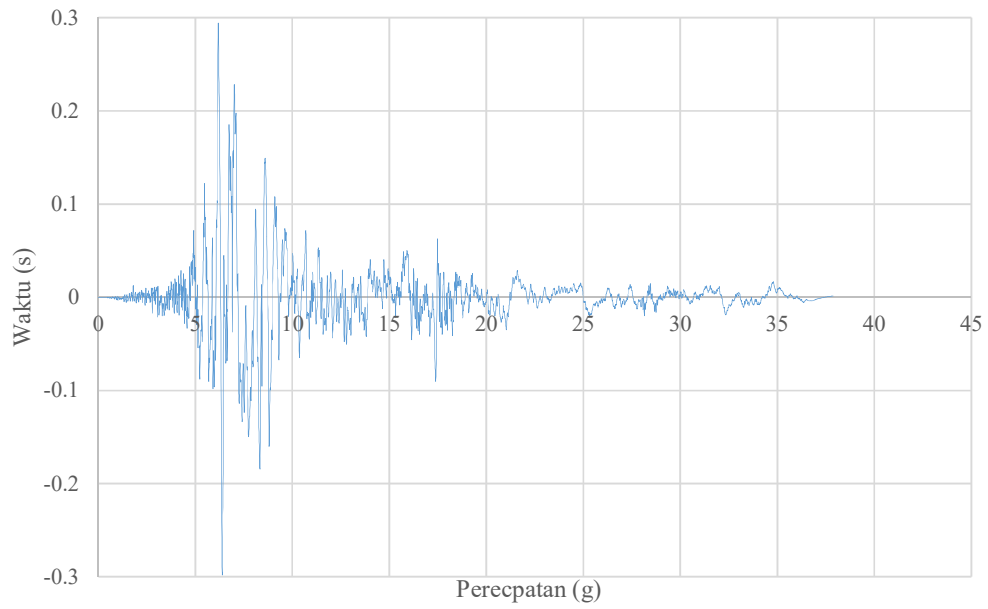
Jenis Data	Imperial Valley X	Imperial Valley Y	Chalfant Valley X	Chalfant Valley Y	Parkfield X	Parkfield Y
Max Acceleration (g)	0,16	0,22	0,25	0,18	0,25	0,27
Max Velocity (cm/sec)	36,61	40,94	19,63	19,54	11,09	11,36
Max Displacement (cm)	25,68	16,25	7,63	7,10	4,98	3,81
Vmax/Amax (sec)	0,23	0,19	0,08	0,11	0,05	0,04
Acceleration RMS (g)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Velocity RMS (cm/sec)	7,77	5,80	4,20	3,68	3,02	2,97
Displacement RMS (cm)	6,64	4,96	2,20	1,91	1,97	1,64

Tabel 4.22 Gempa masukan setelah konvergensi.

Jenis Data	Imperial Valley X	Imperial Valley Y	Chalfant Valley X	Chalfant Valley Y	Parkfield X	Parkfield Y
Max Acceleration (g)	0,30	0,28	0,31	0,29	0,21	0,37
Max Velocity (cm/sec)	51,81	52,10	31,09	37,97	32,90	37,75
Max Displacement (cm)	26,25	19,02	8,15	11,35	6,26	7,72
Vmax/Amax (sec)	0,18	0,19	0,10	0,13	0,16	0,10
Acceleration RMS (g)	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
Velocity RMS (cm/sec)	8,53	6,46	5,82	5,62	6,82	6,55
Displacement RMS (cm)	6,52	4,89	2,36	2,10	2,05	2,26

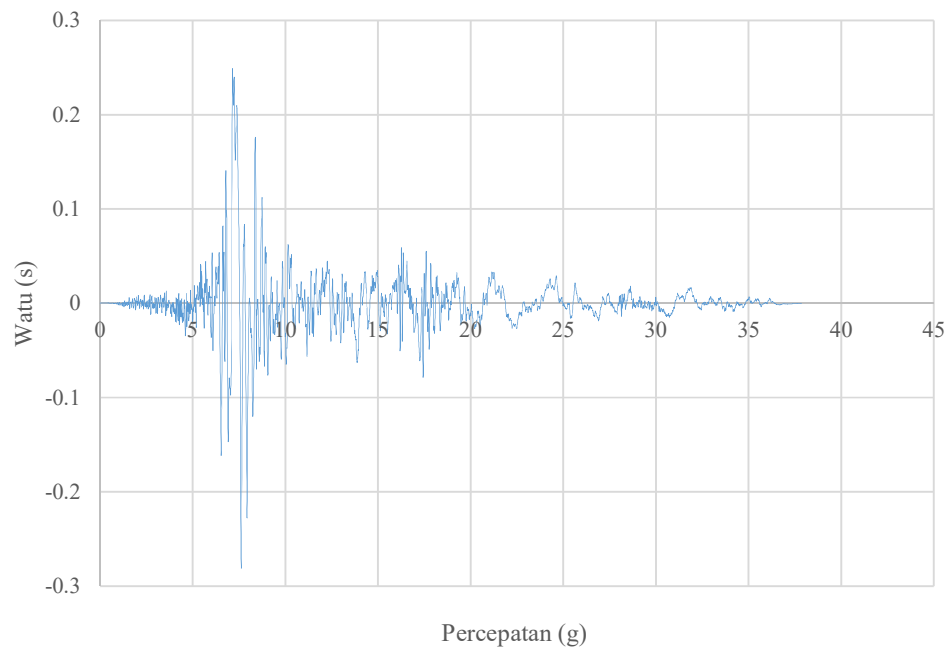
Gambar 4.15 Tampilan *accelerogram* orisinal dan setelah di cocokkan

(Sumber : SeismoMatch)



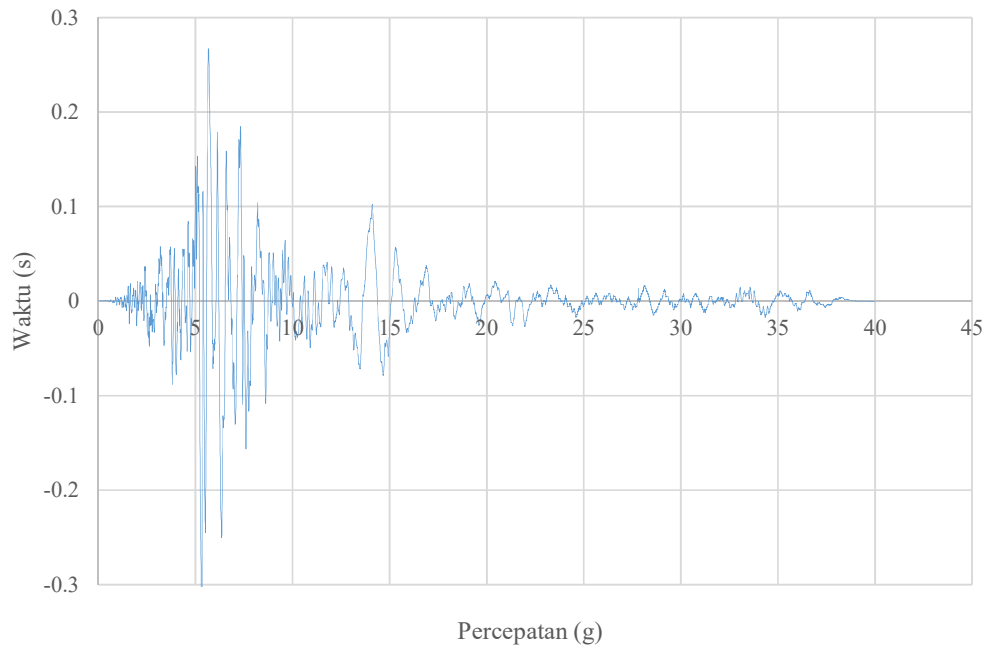
Gambar 4.16 *Accelerogram* Stasiun Imperial Valley X

(Sumber : *peer.berkeley.edu*)

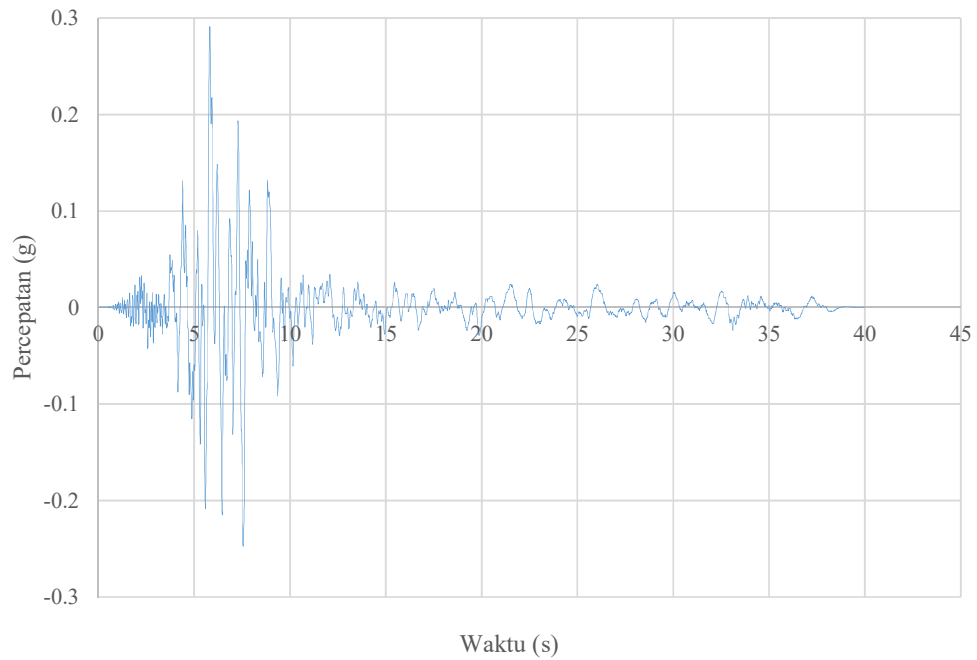


Gambar 4.17 *Accelerogram* Stasiun Imperial Valley Y

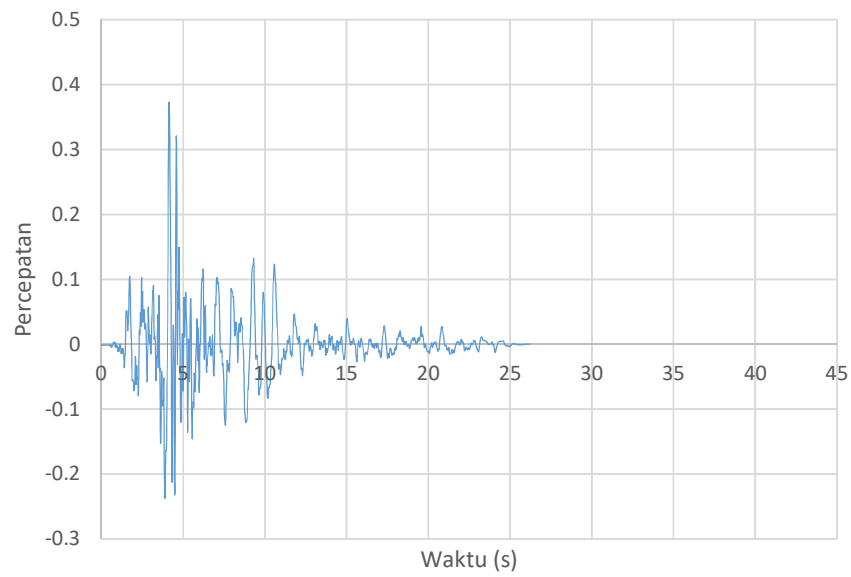
(Sumber : *peer.berkeley.edu*)



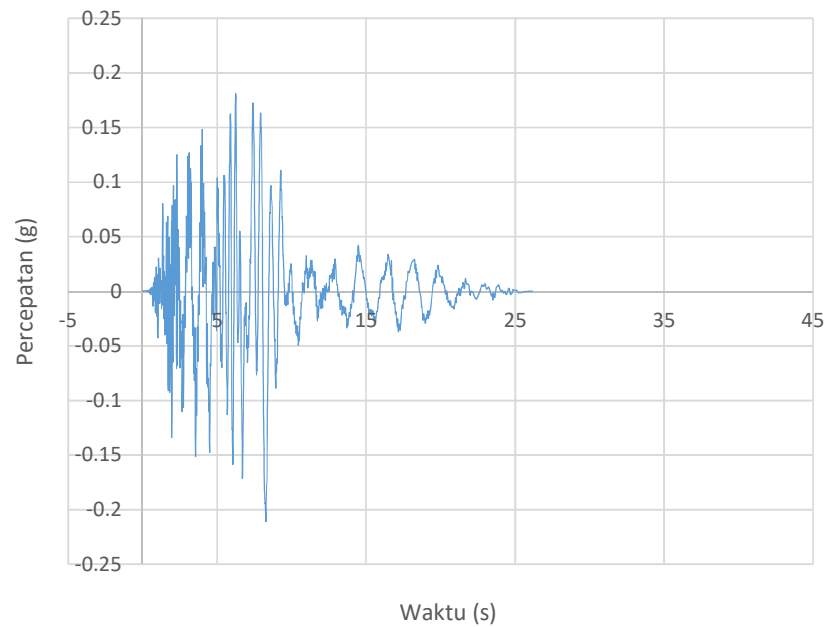
Gambar 4.18 *Accelerogram* Stasiun Chalfant Valley X
(Sumber : *peer.berkeley.edu*)



Gambar 4.19 *Accelerogram* Stasiun Chalfant Valley Y
(Sumber : *peer.berkeley.edu*)



Gambar 4.20 *Accelerogram* Stasiun Parkfield X
(Sumber : *peer.berkeley.edu*)



Gambar 4.21 *Accelerogram* Stasiun Parkfield Y
(Sumber : *peer.berkeley.edu*)