

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Analisis**

##### **3.1.1. Studi literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mencari teori yang relevan dan penelitian-penelitian yang terdahulu dalam kesamaan kasus permasalahan, serta berbagai peraturan-peraturan terbaru, seperti penentu beban gempa BSN, SNI 1726-2012 dengan mengikuti Peta Gempa 2017, penentu beban angin BSN, SNI 1727-2013 dan perancangan bangunan yang ditinjau peraturan persyaratan baja untuk bangunan gedung BSN, SNI 1729-2015 dan persyaratan beton untuk bangunan gedung BSN, SNI 2847-2013.

##### **3.1.2. Pengumpulan data**

Data yang diperoleh, didapatkan dari pelaksanaan pembangunan salah satu apartemen berlantai 33 yang berada di Surabaya, langsung dari (kontraktor BUMN) antara lain gambar struktur fortender, dan data penyelidikan tanah dalam bentuk *soft file*, dikarenakan data proyek mencakup banyak aspek, baik itu *owner*, kontraktor, dan antar pihak-pihak konsultal, maka dalam penelitian ini, nama dari data proyek sengaja tidak informasikan.

##### **3.1.3. Pemodelan struktur**

Pembuatan pemodelan struktur apartemen berlantai 33 berdasarkan gambar struktur fortender, yang dimodelkan secara 3D menggunakan program ETABS versi 16.2.1 dengan pemodelan 2 model yaitu dengan data dari element struktur fortender dan data dari element struktur fortender dengan penambahan sistem elemen *outrigger* dan *belt-truss* yang ditempatkan pada lantai 16, diambil dari (tiga penelitian yaitu (Reihaneh, Reza, & Reza, 2019) pada 0,47 h; (Han, 2017) pada 0,312 h – 0,685 h; (Reza & Reza, 2017) pada 0,441 h). Pendefinisikan elemen struktur meliputi; dimensi penampang elemen struktur; parameter spesifikasi bahan struktur; dan desain *load* yang didapat dari gambar struktur fortender yang dimodelkan sesuai gambar fortender.

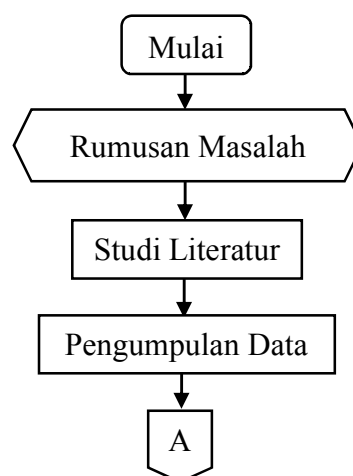
Pembebanan yang dihitung adalah beban angin, dan beban gempa yang diinputkan ke dalam program ETABS dengan tambahan desain *load*, dilanjutkan menempatkan *assign* data ke struktur seperti; *assign* penampang; *assign* beban yang bekerja. Proses *running* untuk mencari response struktur dan pemeriksaan *input* data, dari control perilaku model deformasi yang terjadi pada elemen struktur kedua model, dan mengetahui gaya-gaya pada element struktur untuk mendesain kebutuhan dimensi dari sistem struktur *outrigger* dan *belt-truss* hanya pada model data dari element struktur fortender dengan penambahan elemen *outrigger* dan *belt-truss* saja.

#### 3.1.4. Perbandingan elemen struktural

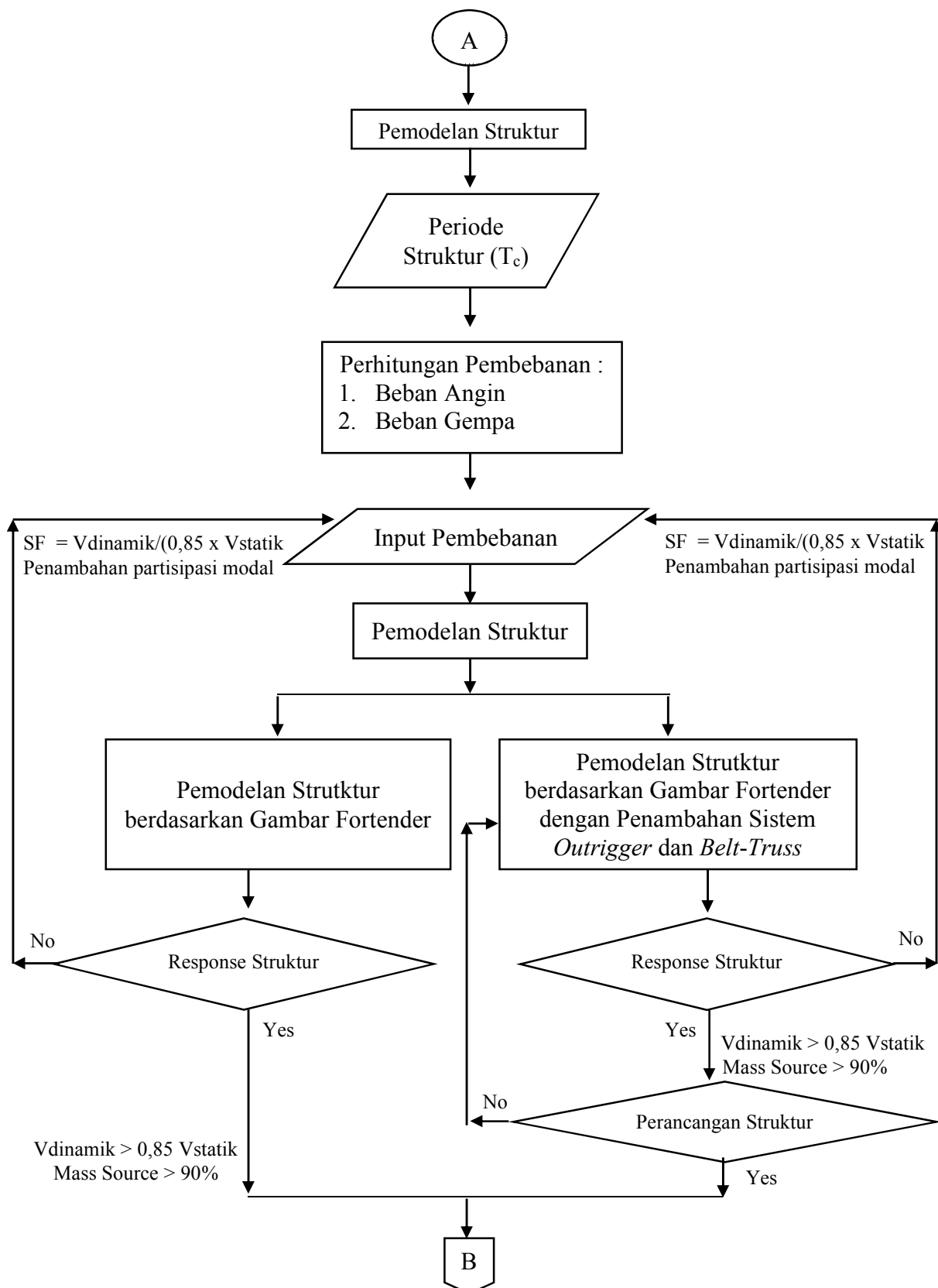
Penarikan kesimpulan dengan membandingkan antara respons struktur pada elemen struktur yang dirancang menurut gambar fortender, dan pada elemen struktur menggunakan penambahan sistem elemen struktur *outrigger* dan *belt-truss*, sampai pada kesimpulan akhir yaitu mendapatkan desain apartemen menggunakan sistem *outrigger* dan *belt-truss* yang tertuang dalam bentuk gambar teknik.

#### 3.2. Diagram Alir Penelitian

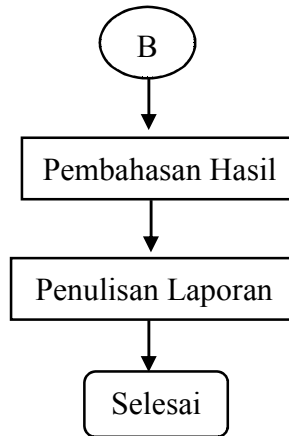
Diagram bagan alir merupakan gambaran umum dari tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan suatu penelitian, maka untuk membandingkan desain struktur apartemen berlantai 33 dengan modifikasi penambahan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, dengan skema sesuai gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian (-lanjutan).



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian (-lanjutan).

### 3.3. Data Apartemen

Data apartemen yang digunakan untuk membandingkan desain struktur apartemen berlantai 33 dengan modifikasi penambahan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, menggunakan data-data sebagai berikut :

#### 3.3.1. Data deskripsi apartemen

##### a. Data umum apartemen

Berikut informasi data umum bangunan, sebagai berikut :

Fungsi bangunan : Apartemen  
 Sistem struktur : Sistem ganda (SPRM-K dan dinding geser)  
 Lokasi : Surabaya

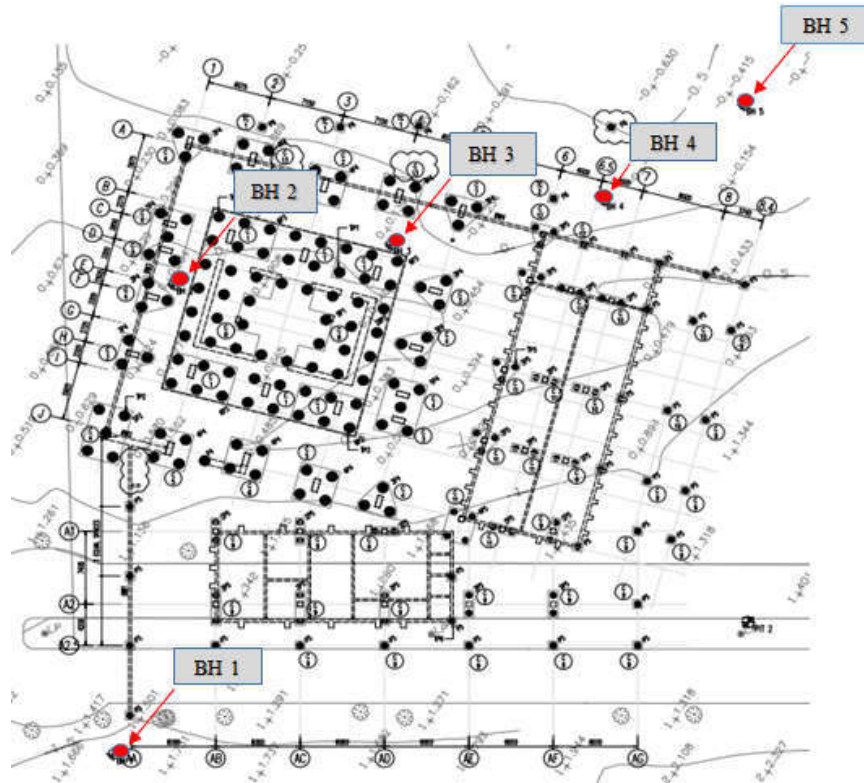
Tabel 3.1 Data geometri struktur apartemen

Data Teknik	Keterangan dan Spesifikasi
Luas lahan dan bangunan	$\pm 6779,04 \text{ m}^2$ dan $38569,83 \text{ m}^2$
Level terendah	-5.0 m
Level tertinggi	+130.5 m
Jumlah Lantai	2 Basement, + 3 Podium, + 33 Lantai Tower

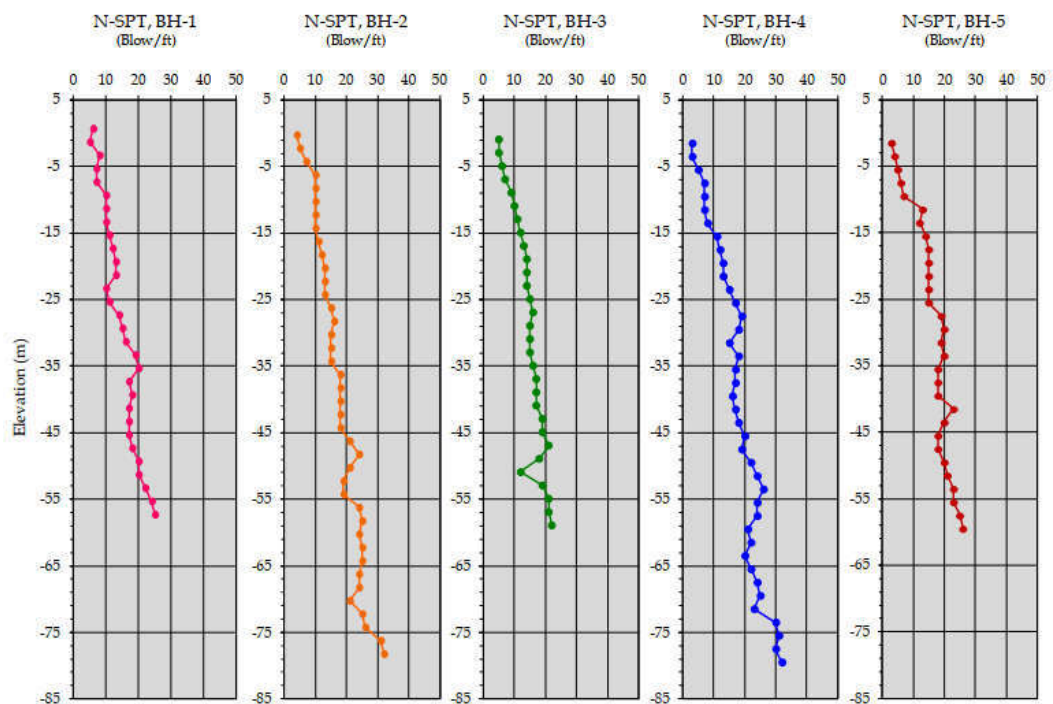
##### b. Data tanah

Data denah letak titik-titik penyelidikan tanah, pada gambar 3.2 terdapat 5 titik pengeboran yang telah ditentukan oleh konsultan teknik, kemudian disusun dalam deskripsi visual lapisan-lapisan tanah sesuai pada gambar 3.3 yang dinyatakan oleh nilai N-SPT hasil pengujian penetrasi standar dengan tingkat kepadatan/profil kekuatan tanah.





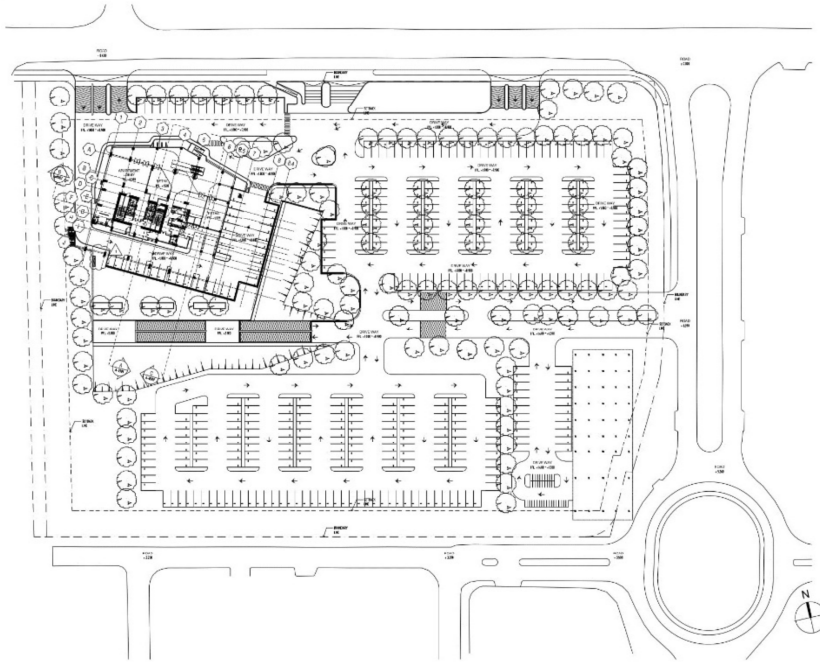
Gambar 3.2 Penempatan lokasi pengambilan titik uji N-SPT pada lokasi apartemen.



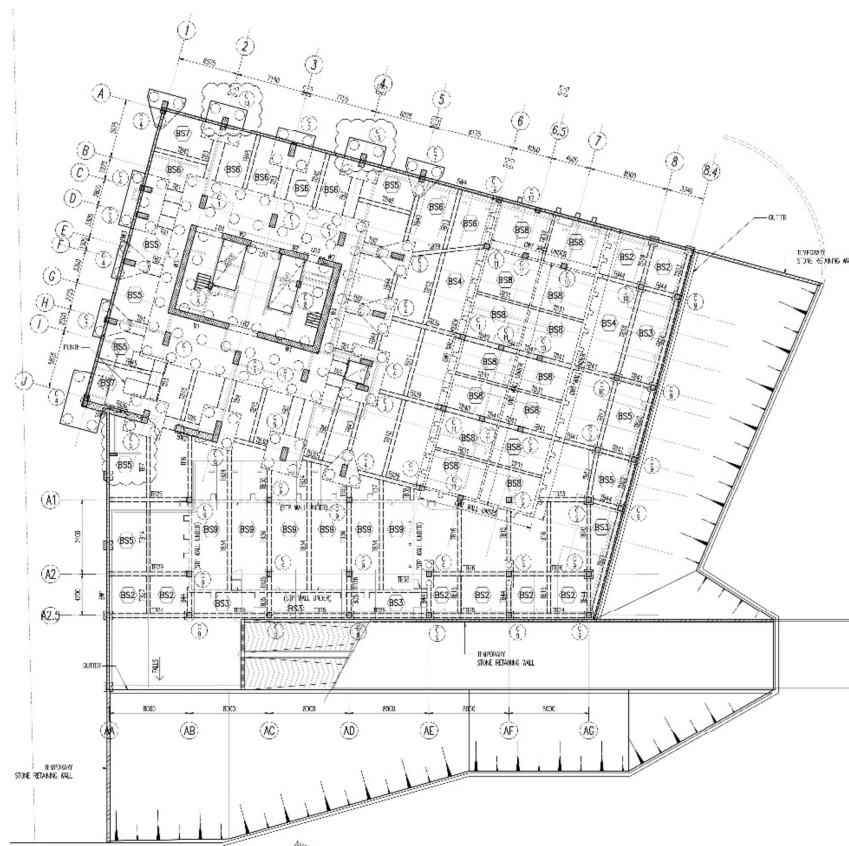
Gambar 3.3 Profil pengujian penetrasi standar (N-SPT) terhadap elevasi.

### 3.3.2. Data struktur apartemen

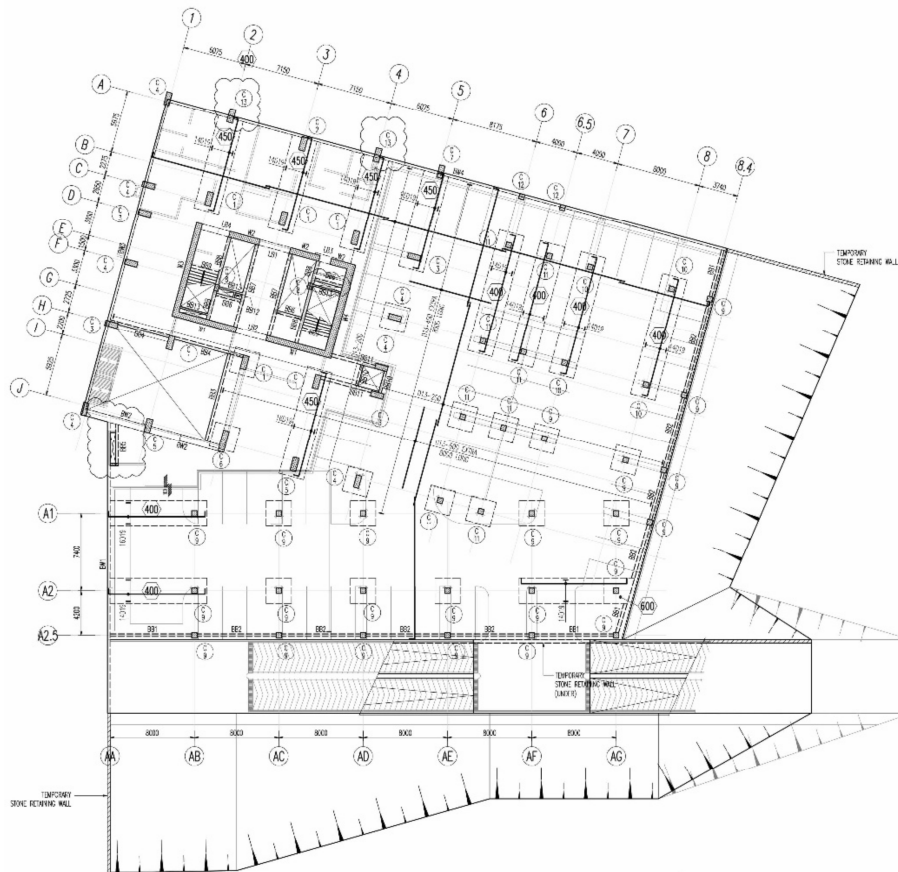
#### a. Denah apartemen



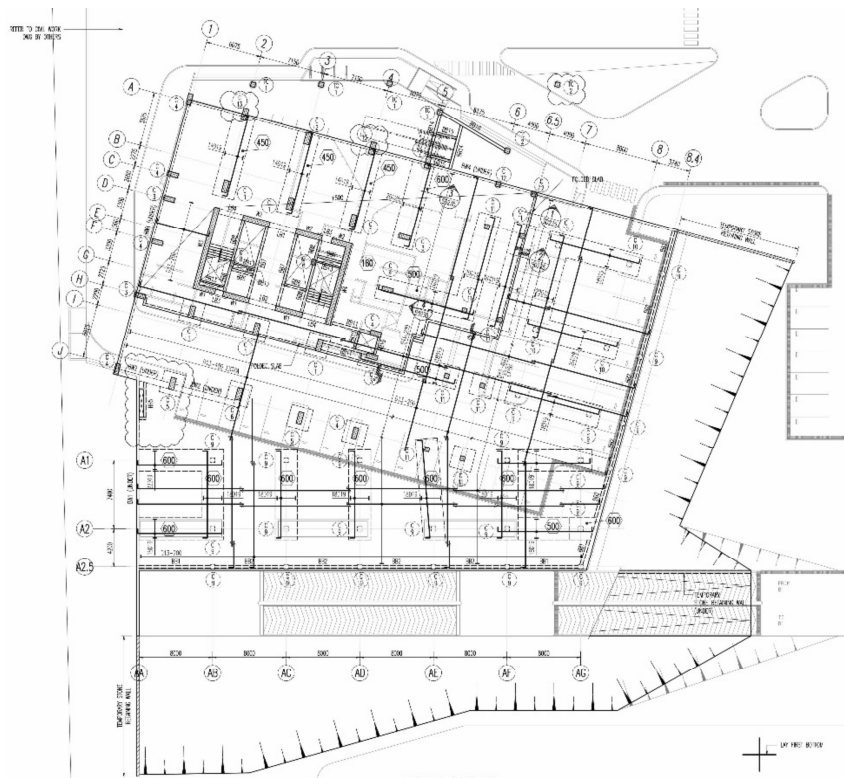
Gambar 3.4 Denah *site plan*.



Gambar 3.5 Denah basement 2.

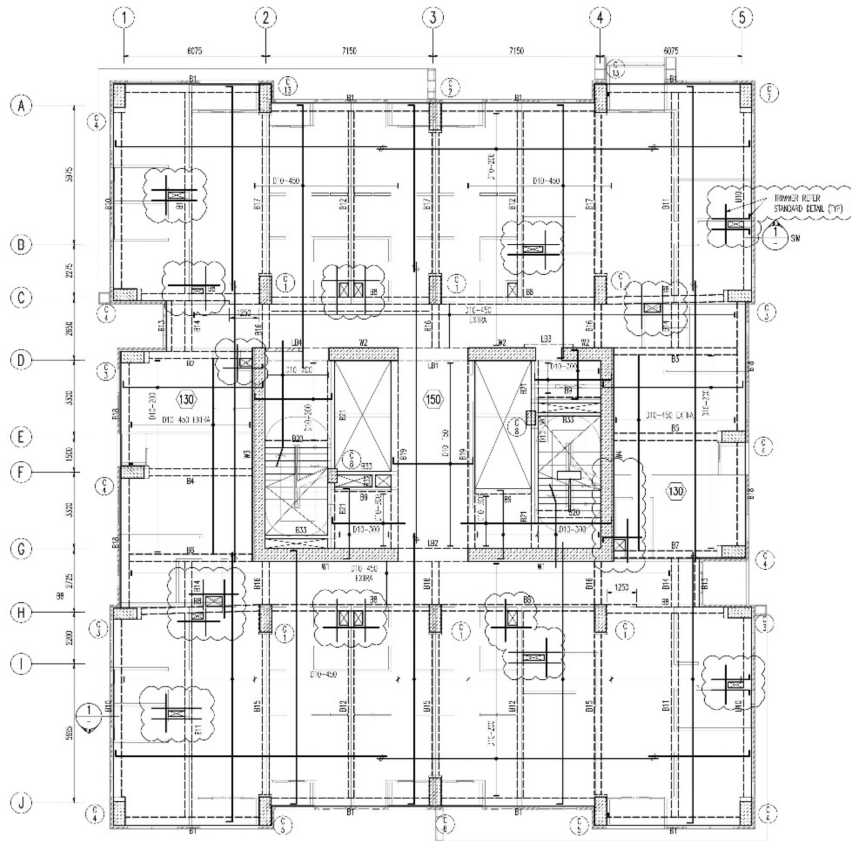


Gambar 3.6 Denah basement 1.

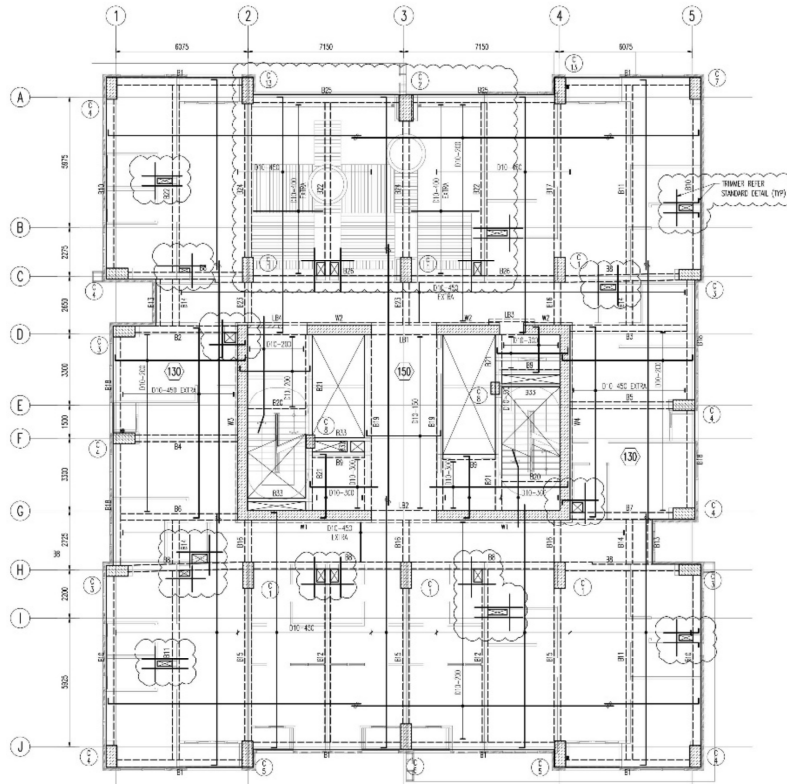


Gambar 3.7 Denah lower ground.

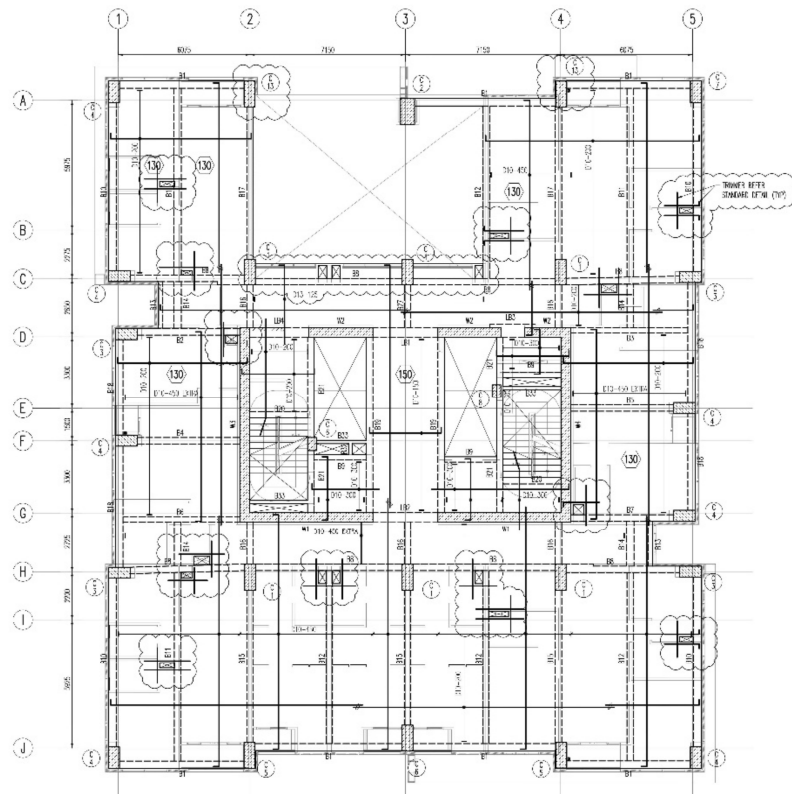




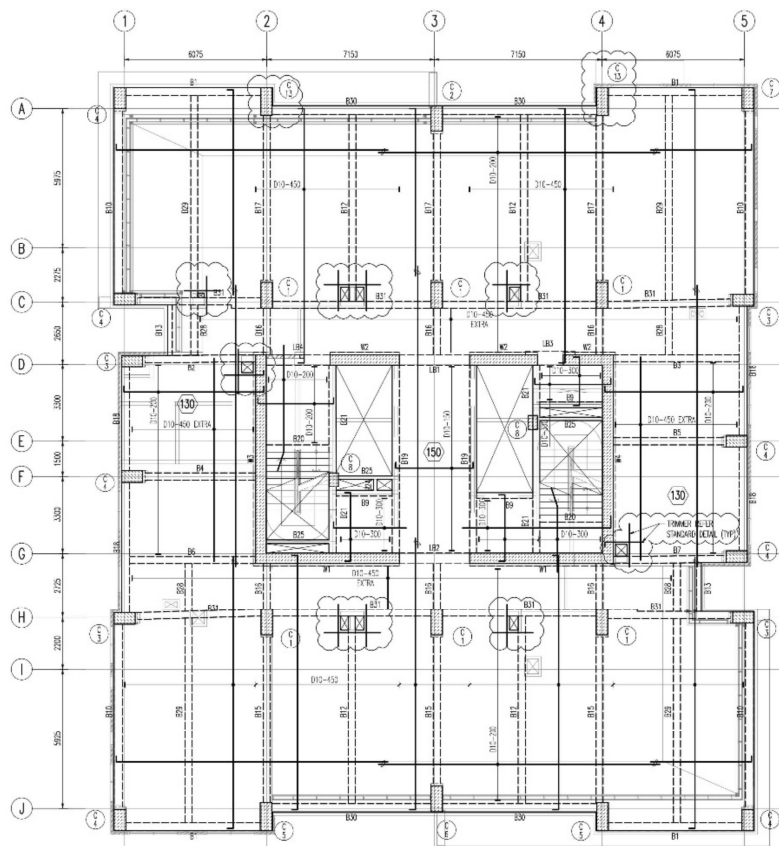
Gambar 3.10 lantai 1-9, 12-15 tipikal.



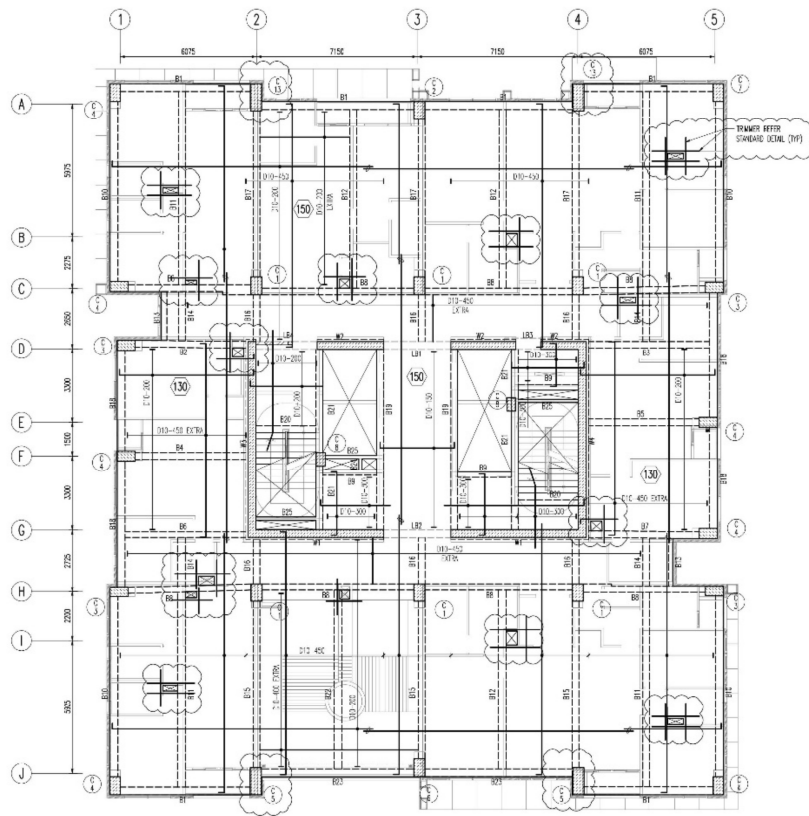
Gambar 3.11 Denah lantai 10.



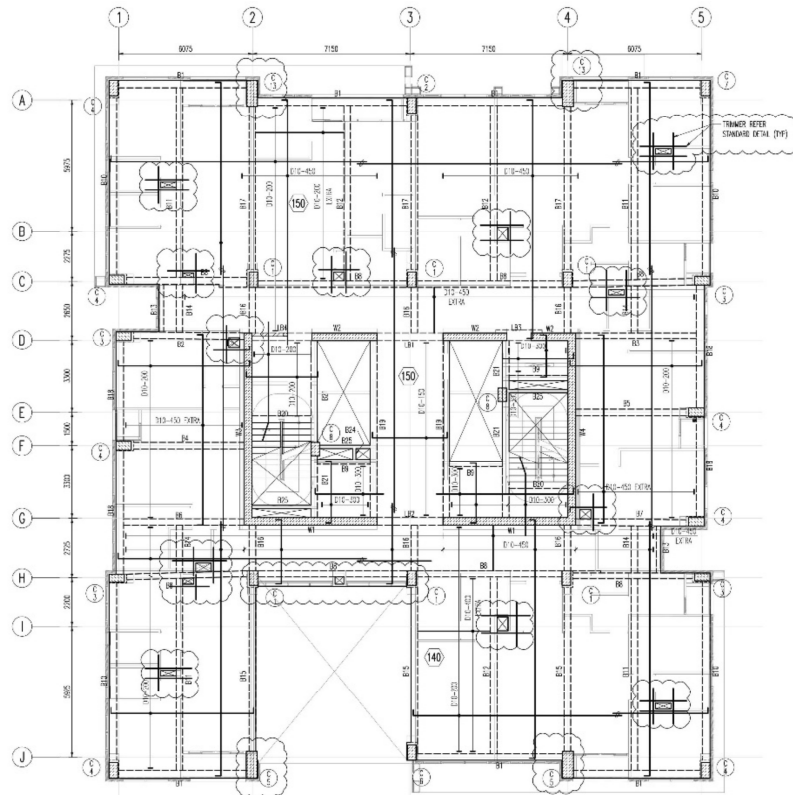
Gambar 3.12 Denah lantai 11.



Gambar 3.13 Denah lantai 16.

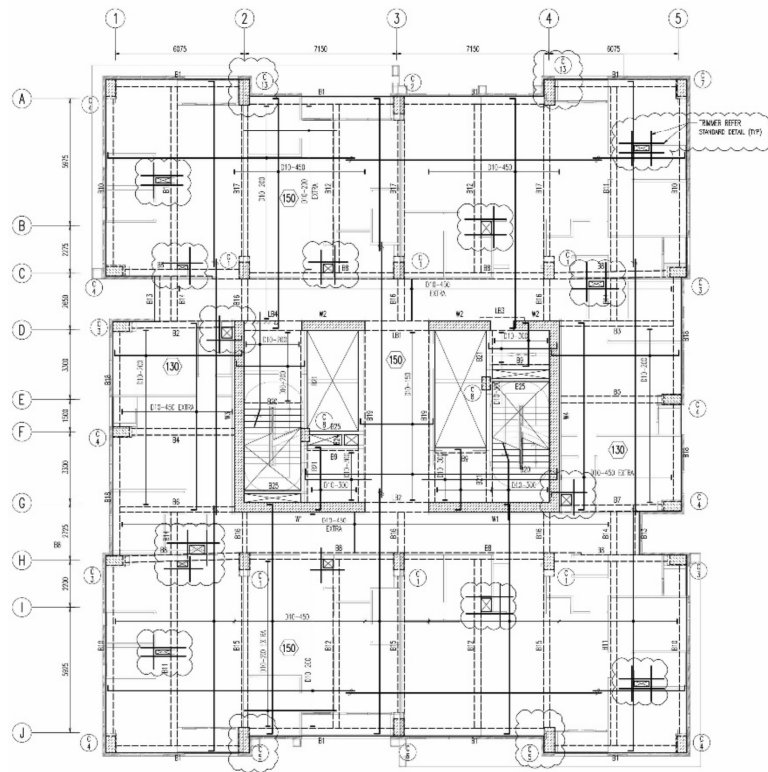


Gambar 3.14 Denah lantai 24.

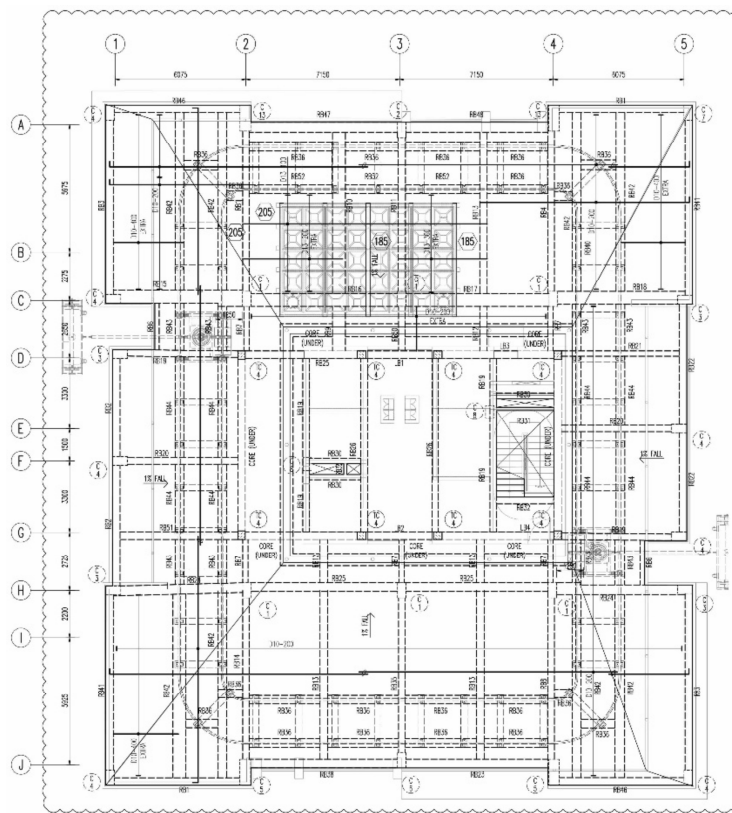


Gambar 3.15 Denah lantai 25.





Gambar 3.16 Denah lantai 17-23, 26-33 tipikal.



Gambar 3.17 Denah roof floor.



- b. Data elemen struktur dan spesifikasi material
1. Kolom

Tabel 3.2 Data dimensi elemen kolom dengan mutu beton

Lantai	Tipe Kolom	Mutu Beton (Mpa)	Dimensi (mm)							
			C1 = C2	C3	C4 = C7	C5 = C13	C6	C8	TC4	
Basement 2		55	600 X 1300	550 x 1200	550 x 1200	600 X 1300	600 x 2100	400 x 600	-	
Basement 1		55	600 X 1300	550 x 1200	550 x 1200	600 X 1300	600 x 2100	400 x 600	-	
<i>Lower Ground</i>		55	600 X 1300	550 x 1200	550 x 1200	600 X 1300	600 x 1300	400 x 600	-	
<i>Ground Floor</i>		55	600 X 1300	550 x 1200	550 x 1200	600 X 1300	600 x 1300	400 x 600	-	
<i>Upper Ground</i>		55	600 X 1300	550 x 1200	550 x 1200	600 X 1300	600 x 1300	400 x 600	-	
Lantai 1		55	550 X 1200	500 X 1100	500 X 1100	550 X 1200	550 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 2		55	550 X 1200	500 X 1100	500 X 1100	550 X 1200	550 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 3		55	500 X 1200	500 X 1100	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 4		55	500 X 1200	500 X 1100	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 5		55	500 X 1200	500 X 1100	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 6		55	500 X 1200	500 x 1000	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 7		55	500 X 1200	500 x 1000	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 8		45	500 X 1200	500 x 1000	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 9		45	500 X 1200	500 x 1000	500 X 1000	500 X 1200	500 X 1200	400 x 600	-	
Lantai 10		45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	
Lantai 11		45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	
Lantai 12		45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	

Tabel 3.2 Data dimensi elemen kolom dengan mutu beton (-lanjutan)

Lantai	Tipe Kolom Mutu Beton (Mpa)	Dimensi (mm)							
		C1 = C2	C3	C4 = C7	C5 = C13	C6	C8	TC4	
Lantai 13	45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	
Lantai 14	45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	
Lantai 15	45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	
Lantai 16	45	500 X 1100	500 x 900	500 x 900	500 X 1200	500 X 1100	400 x 600	-	
Lantai 17	45	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 18	45	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 19	45	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 20	45	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 21	35	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 22	35	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 23	35	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 24	35	500 X 800	450 x 800	450 x 800	500 X 1200	500 X 800	400 x 600	-	
Lantai 25	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 26	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 27	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 28	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 29	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 30	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 31	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	
Lantai 32	35	400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 x 600	-	

Tabel 3.2 Data dimensi elemen kolom dengan mutu beton (-lanjutan)

Lantai	Tipe Kolom		Dimensi (mm)							
	Mutu Beton (Mpa)		C1 = C2	C3	C4 = C7	C5 = C13	C6	C8	TC4	
Lantai 33	35		400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 X 600	-	
Roof	35		400 X 700	400 X 700	400 X 700	500 X 1200	400 X 700	400 X 600	350 x 400	

Tabel 3.2 Data dimensi elemen kolom dengan mutu beton (-lanjutan)

Lantai	Tipe Kolom		Dimensi (mm)				
	Mutu Beton		C9	C10	C11 = C12	TC1 = TC 2	TC5
Basement 2			500 x 500	550 x 550	550 x 550	-	-
Basement 1	35 Mpa		500 x 500	550 x 550	550 x 550	-	-
Lower Ground	35		-	-	550 x 550	500 x 500	400 x 400
Ground Floor			-	-	550 x 550	500 x 500	-

## 2. Balok

Tabel 3.3 Data dimensi elemen *tie beam* dengan mutu beton 25 Mpa

Tipe <i>Tie Beam</i>	Dimensi (mm)		Tipe <i>Tie Beam</i>	Dimensi (mm)		Tipe <i>Tie Beam</i>	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
TB1	1200	2000	TB16	400	800	TB31	250	450
TB2	1200	2000	TB17	400	800	TB32	250	500
TB3	1200	2000	TB18	400	800	TB33	400	800
TB4	1200	2000	TB19	400	800	TB34	400	700
TB5	1200	2000	TB20	400	800	TB35	300	600
TB6	400	800	TB21	400	800	TB36	300	600
TB7	400	700	TB22	400	600	TB37	400	700
TB8	400	700	TB23	400	600	TB38	300	400
TB9	400	700	TB24	400	600	TB39	450	1000
TB10	400	700	TB25	400	600	TB40	450	1000
TB11	400	700	TB26	400	1000	TB41	450	500
TB12	400	700	TB27	400	600	TB42	400	900
TB13	400	700	TB28	400	900	TB43	400	800
TB14	400	700	TB29	450	1200	TB44	400	500
TB15	400	700	TB30	400	900	TB45	400	700

Tabel 3.4 Data dimensi elemen balok *lower ground* dengan mutu beton 55Mpa

Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
BB1	300	600	BB7	300	700	BB12	150	300
BB2	300	600	BB8	300	600	BB13	150	400
BB3	300	600	BB9	300	450	BB14	300	600
BB4	300	600	BB10	250	400	BB15	250	300
BB5	250	450	BB11	300	650	BB16	300	650
BB6	250	300						

Tabel 3.5 Data dimensi elemen balok *ground floor* dengan mutu beton 55 Mpa

Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
GB1	300	700	GB17	300	700	GB33	300	700
GB2	300	700	GB18	300	700	GB34	300	600
GB3	300	700	GB19	300	700	GB35	250	300
GB4	400	750	GB20	300	700	GB36	300	700
GB5	300	700	GB21	300	700	GB37	300	450
GB6	500	800	GB22	250	600	GB38	300	600
GB7	300	700	GB23	250	600	GB39	150	300
GB8	250	600	GB24	250	600	GB40	150	450
GB9	300	700	GB25	300	600	GB41	400	700
GB10	300	700	GB26	300	650	GB42	400	700
GB11	300	700	GB27	250	600	GB43	400	700
GB12	300	700	GB28	300	700	GB44	650	750
GB13	300	700	GB29	300	700	GB45	550	700
GB14	300	700	GB30	300	700	GB46	300	700
GB15	300	700	GB31	300	700	GB47	300	700
GB16	300	700	GB32	300	750	GB48	650	750

Tabel 3.6 Data dimensi elemen balok *upper ground* dengan mutu beton 55 Mpa

Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
UP1	300	700	UP14	250	600	UP27	250	600
UP2	300	700	UP15	300	700	UP28	300	700
UP3	300	700	UP16	300	700	UP29	500	800
UP4	300	700	UP17	300	700	UP30	500	800
UP5	450	700	UP18	300	700	UP31	300	700
UP6	300	700	UP19	300	700	UP32	250	300
UP7	300	700	UP20	300	700	UP33	300	700
UP8	300	700	UP21	300	700	UP34	300	450
UP9	450	700	UP22	300	700	UP35	300	600
UP10	450	800	UP23	250	600	UP36	150	300
UP11	450	800	UP24	250	600	UP37	150	400
UP12	300	700	UP25	250	600	UP38	250	600
UP13	300	700	UP26	300	700			

Tabel 3.7 Data dimensi elemen balok lantai 1-8,  $F_c' = 55$  Mpa; lantai 9-15,  $F_c' = 45$  Mpa

Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
B1	350	600	B12	300	650	B23	300	400
B2	300	700	B13	250	300	B24	300	700
B3	300	600	B14	300	600	B25	350	600
B4	300	550	B15	300	700	B26	300	700
B5	300	550	B16	300	400	B27	300	400
B6	300	600	B17	300	700	B28	300	600
B7	300	700	B18	350	600	B29	300	600
B8	300	700	B19	300	700	B30	350	600
B9	250	300	B20	300	450	B31	300	700
B10	350	600	B21	300	600	B32	150	300
B11	300	600	B22	350	650	B33	150	400

Tabel 3.8 Data dimensi elemen balok lantai 16-21,  $F_c' = 45$  Mpa; lantai 22-33,  $F_c' = 35$  Mpa

Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
B1	350	600	B10	350	600	B18	350	600
B2	300	700	B11	300	600	B19	300	700
B3	300	600	B12	300	650	B20	300	450
B4	300	550	B13	250	300	B21	300	600
B5	300	550	B14	300	600	B22	350	650
B6	300	600	B15	300	700	B23	350	600
B7	300	700	B16	300	400	B24	150	300
B8	300	700	B17	300	700	B25	150	400
B9	250	300						

Tabel 3.9 Data dimensi elemen balok *roof floor* dengan mutu beton 55 Mpa

Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)		Tipe Balok	Dimensi (mm)	
	Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)		Lebar (b)	Tinggi (h)
RB1	350	700	RB19	300	700	RB36	400	300
RB2	350	700	RB20	300	700	RB37	400	700
RB3	350	600	RB21	250	600	RB38	400	700
RB4	450	700	RB22	350	600	RB39	400	350
RB5	450	700	RB23	400	700	RB40	400	300
RB6	200	400	RB24	450	700	RB41	350	600
RB7	250	400	RB25	400	700	RB42	400	650
RB8	300	700	RB26	300	700	RB43	400	650
RB9	600	700	RB27	300	650	RB44	400	400
RB10	600	700	RB28	300	700	RB45	400	400
RB11	400	700	RB29	300	700	RB46	350	600
RB12	350	600	RB30	250	300	RB47	450	700
RB13	350	600	RB31	150	400	RB48	450	750
RB14	400	700	RB32	300	450	RB49	450	700
RB15	600	750	RB33	150	300	RB50	300	600
RB16	600	900	RB34	600	700	RB51	350	700
RB17	600	900	RB35	300	700	RB52	400	350
RB18	600	700						

Tabel 3.10 Data dimensi elemen balok *link beam* dengan mutu beton

Tipe Link Beam	Fc' (Mpa)	Dimensi (mm)			
		LB1, LB2, LB4		LB3	
Lantai		lebar (b)	lebar (h)	lebar (b)	lebar (h)
Basement 1	55	550	600	600	600
<i>Lower Ground</i>	55	550	600	650	700
<i>Ground Floor</i>	55	550	600	700	1200
<i>Upper Ground</i>	55	550	600	700	1200
Lanta 1	55	550	600	650	700
Lanta 2	55	550	600	700	600
Lanta 3	55	550	600	700	600
Lanta 4	55	550	600	700	600
Lanta 5	55	550	600	650	600
Lanta 6	55	550	600	650	600
Lanta 7	55	550	600	650	600
Lanta 8	55	550	600	550	600
Lanta 9	45	550	600	550	600
Lanta 10	45	450	600	550	600

Tabel 3.10 Data dimensi elemen balok *link beam* dengan mutu beton – (lanjutan)

Tipe <i>Link Beam</i>		Dimensi (mm)			
Lantai	Fc' (Mpa)	LB1, LB2, LB4		LB3	
		lebar (b)	lebar (h)	lebar (b)	lebar (h)
Lanta 11	45	450	600	550	600
Lanta 12	45	450	600	550	600
Lanta 13	45	450	600	450	600
Lanta 14	45	450	600	450	600
Lanta 15	45	450	600	450	600
Lanta 16	45	450	600	450	600
Lanta 17	45	450	600	450	600
Lanta 18	45	450	600	450	600
Lanta 19	45	350	600	450	600
Lanta 20	45	350	600	450	600
Lanta 21	45	350	600	450	600
Lanta 22	35	350	600	450	600
Lanta 23	35	350	600	350	600
Lanta 24	35	350	600	350	600
Lanta 25	35	350	600	350	600
Lanta 26	35	350	600	350	600
Lanta 27	35	350	600	350	600
Lanta 28	35	350	600	350	600
Lanta 29	35	350	600	350	600
Lanta 30	35	350	600	350	600
Lanta 31	35	350	600	350	600
Lanta 32	35	350	600	350	600
Lanta 33	35	350	600	350	600
Roof	35	350	600	350	600

### 3. Pelat

Tabel 3.11 Data ketebalan elemen pelat dengan mutu beton

Tipe Pelat		Dimensi (mm)			
Lantai	Fc' (Mpa)	Pelat lantai	<i>Drop panel</i>		
		Ketebalan (t)	Lebar (b)	Lebar (h)	Ketebalan (t)
Basement 1	55	180	2400	2400	350
<i>Lower Ground</i>	55	200	2400	2400	400
<i>Ground Floor</i>	55	125	-	-	-
<i>Upper Ground</i>	55	125	-	-	-
Lanta 1	55	125	-	-	-
Lanta 2	55	120	-	-	-



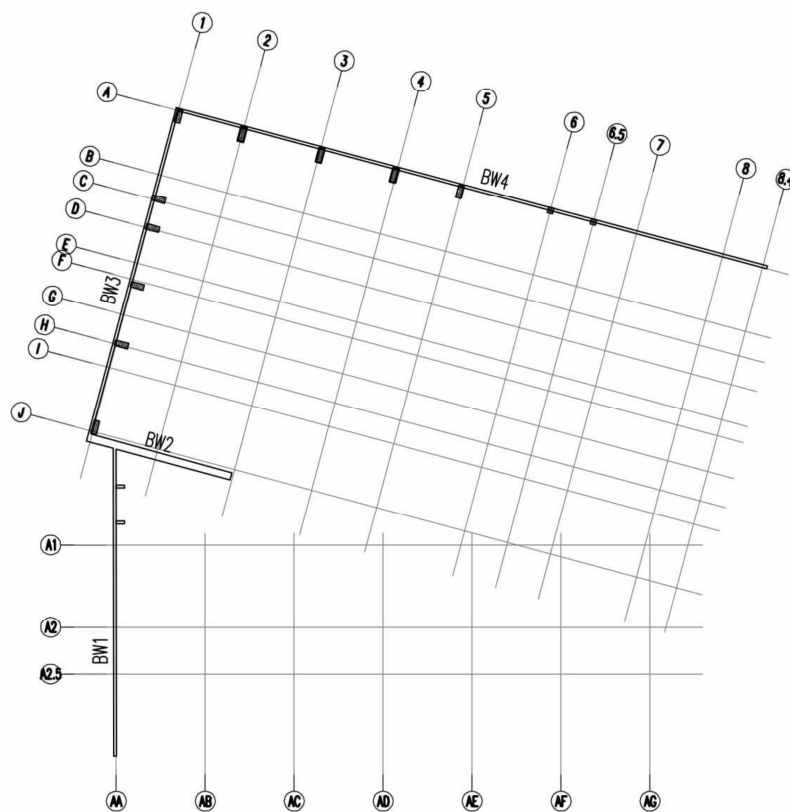
Tabel 3.11 Data ketebalan elemen pelat dengan mutu beton (-lanjutan)

Tipe Pelat		Dimensi (mm)			
Lantai	Fc' (Mpa)	Pelat lantai	<i>Drop panel</i>		
		Ketebalan (t)	lebar (b)	lebar (h)	Ketebalan (t)
Lanta 3	55	120	-	-	-
Lanta 4	55	120	-	-	-
Lanta 5	55	120	-	-	-
Lanta 6	55	120	-	-	-
Lanta 7	55	120	-	-	-
Lanta 8	55	120	-	-	-
Lanta 9	45	120	-	-	-
Lanta 10	45	120	-	-	-
Lanta 11	45	120	-	-	-
Lanta 12	45	120	-	-	-
Lanta 13	45	120	-	-	-
Lanta 14	45	120	-	-	-
Lanta 15	45	120	-	-	-
Lanta 16	45	120	-	-	-
Lanta 17	45	120	-	-	-
Lanta 18	45	120	-	-	-
Lanta 19	45	120	-	-	-
Lanta 20	45	120	-	-	-
Lanta 21	45	120	-	-	-
Lanta 22	35	120	-	-	-
Lanta 23	35	120	-	-	-
Lanta 24	35	120	-	-	-
Lanta 25	35	120	-	-	-
Lanta 26	35	120	-	-	-
Lanta 27	35	120	-	-	-
Lanta 28	35	120	-	-	-
Lanta 29	35	120	-	-	-
Lanta 30	35	120	-	-	-
Lanta 31	35	120	-	-	-
Lanta 32	35	120	-	-	-
Lanta 33	35	120	-	-	-
<i>Roof</i>	35	150	-	-	-

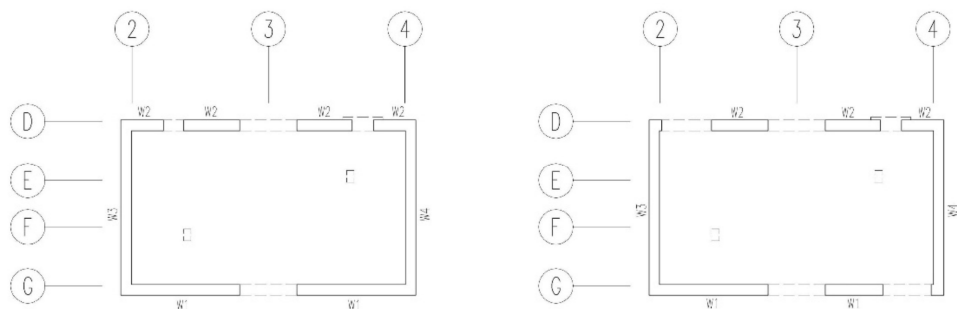
4. Wall

Tabel 3.12 Data ketebalan elemen *retain wall* dengan mutu beton

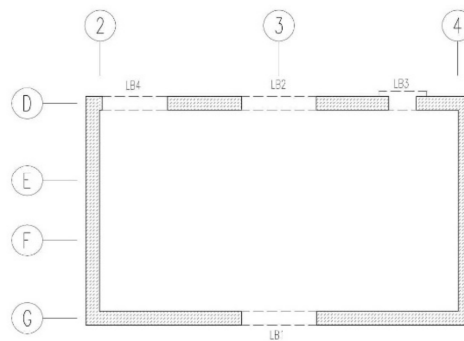
Tipe <i>Retain Wall</i>	Lantai	Fc' (Mpa)	Dimensi (mm)			
			BW 1 Ketebalan (t)	BW 2 Ketebalan (t)	BW 3 Ketebalan (t)	BW 4 Ketebalan (t)
	Basement 1	35	250	650	250	250
	Basement 2	35	250	650	250	250



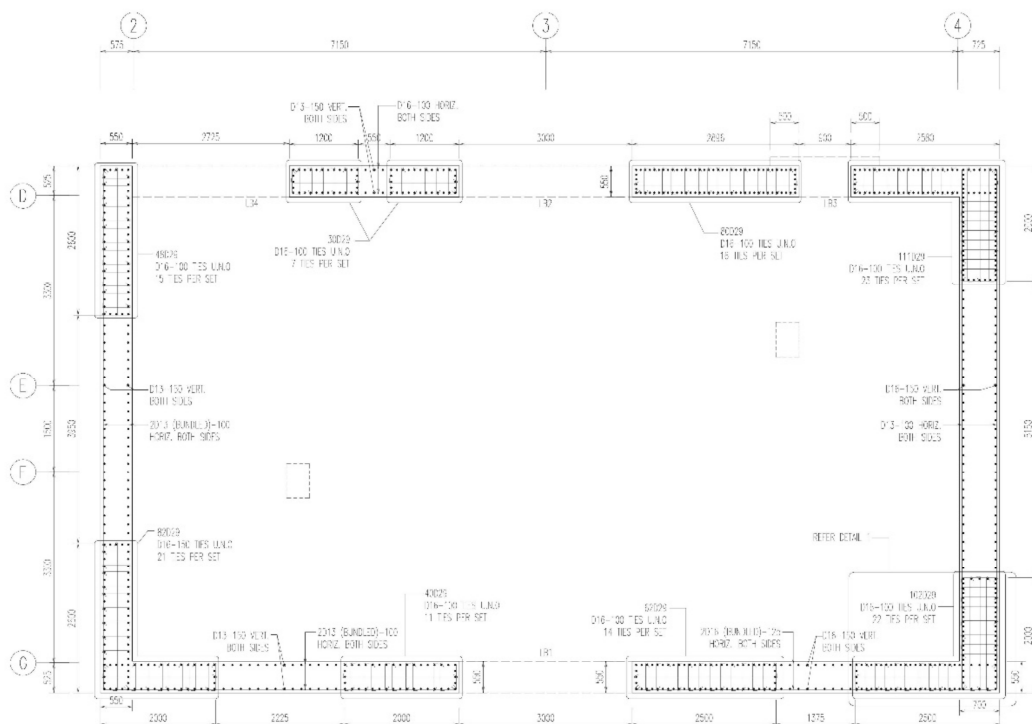
Gambar 3.18 Denah dinding *retain wall*.



Gambar 3.19 Denah *shear wall*.



Gambar 3.20 Denah link beam pada core wall.



Gambar 3.21 Dimensi dan penulangan shear wall.

c. Desain load

Tabel 3.13 Data desain load

Lantai	Jenis Elemen Struktur Pembebanan					
	Beban Hidup (kPa)		Beban Mati (kPa)			
Basement 2	MEP	=	2	Care park	=	4
					Genset	=
Basement 1	MEP room	=	1.5	Car park	=	4
	Care area	=	1.5	MEP room	=	5
				Care area	=	4.8

Tabel 3.13 Data desain *load* (-lanjutan)

Lantai	Jenis Elemen Struktur Pembebanan			
	Beban Hidup (kPa)		Beban Mati (kPa)	
Lower Ground	<i>Retail and Core area</i>	= 1.5	<i>Care park</i>	= 8
	<i>Landscape</i>	= 8	<i>Retail and care area</i>	= 4.8
			<i>Landscape</i>	= 4
Ground Floor	<i>Retail</i>	= 1.5	<i>Retail</i>	= 4.8
	<i>Apartement facility</i>	= 1.5	<i>Apartement facility</i>	= 4.8
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
Upper Ground	<i>Fitness &amp; facility</i>	= 1.5	<i>Fitness &amp; facility</i>	= 4.8
	<i>Loby roof</i>	= 1.5	<i>Swiming pool</i>	= 3.6
	<i>Swiming pool</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
			<i>Roof loby</i>	
	<i>Loby and corridor</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 3
Lantai 1 - 9 & 12- 15	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
Lantai 10	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
	<i>Garden</i>	= 4	<i>Garden</i>	= 4.8
Lantai 11	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
Lantai 16	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
	<i>Refuge</i>	= 1.5	<i>Refuge</i>	= 4.8
Lantai 17-23 & 26-33	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
Lantai 24	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
	<i>Garden</i>	= 4	<i>Garden</i>	= 4.8
Lantai 25	<i>Apartement</i>	= 4	<i>Apartement</i>	= 2
	<i>Loby and corridor</i>	= 1.5	<i>Loby and corridor</i>	= 4.8
	<i>Stairs</i>	= 1	<i>Stairs</i>	= 4.8
Roof	<i>Roof</i>	= 1.5	<i>Roof</i>	= 3
			<i>LMR</i>	= 5

### 3.4. Tahap Analisis

#### 3.4.1. Pembebanan

a. Beban mati tambahan

Berat dinding pasangan bata merah, setengah bata berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum, PPPURG 1987 pada tabel 1) sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$ . Untuk mendapatkan beban dinding pada balok basement 2 sampai basement 1, dilakukan analisis sebagai berikut :

$$Q_d = \text{Elevasi (basement 2-basement 1)} \times \text{Berat dinding}$$

$$Q_d = 3 \times 2.5 \text{ kN/m}^2 = 7.5 \text{ kN/m}$$

Tabel 3.14 Hasil rekapitulasi perhitungan beban dinding pada balok

Lantai	Elevasi (m)	Beban (kN/m)
Basement 2 - basement 1	3	7.5
Basement 1 - <i>lower ground</i>	3.5	8.75
<i>Lower ground - ground floor</i>	4	10
<i>Ground floor - upper ground</i>	4	10
<i>Upper ground - lantai 1</i>	3.5	8.75
Lantai 1-33 (tipikal)	3.4	8.5
Lantai 33-roof	3.4	8.5
<i>Roof floor - top roof</i>	2.5	6.25
<i>Top roof - FFL</i>	2.5	6.25

b. Beban angin

Untuk mendapatkan beban angin, pada keseluruhan elemen penampang ekterior, yang ditransfer sebagai beban terpusat ke *joint* pertemuan kolom dengan balok, dengan analisis sebagai berikut :

1. Kategori risiko, menggunakan tabel 2.6 dengan parameter penggunaan atau pemanfaatan fungsi gedung dan struktur sebagai apartemen didapat kategori risiko II.
2. Kecepatan angin dasar (V), untuk daerah surabaya 19,25 m/s barat laut (diambil dari <https://www.bps.go.id>).
3. Parameter-parameter beban angin sebagai berikut :
  - a) Faktor arah angin ( $K_d$ ), menggunakan tabel 2.7, dengan parameter tipe struktur sebagai bangunan gedung didapat 0,85.

- b) Kategori eksposur, menggunakan tabel 2.8, dengan tipe kekasaran permukaan tanah sebagai daerah perkotaan, didapat kategori eksposur B.
- c) Faktor topografi ( $K_{zt}$ ) = 1.
- d) Faktor efek tiupan angin ( $G$ ) = 0,85.
- e) Koefisien tekanan internal ( $GC_{pi}$ ), menggunakan tabel 2.10, dengan tipe sistem penahan beban angin sebagai bangunan gedung tertutup didapat  $\pm 0,18$ .
- f) Parameter eksponen pangkat kecepatan tiupan angin 3 detik ( $\alpha$ ), dan tinggi nominal lapisan batas atmosfer menggunakan tabel 2.11, dengan tipe eksposur B, didapat  $\alpha = 7$  m, dan  $z_g = 365,76$  m.
4. Menghitung koefisien eksposur tekanan velositas ( $K_z$ ), menggunakan persamaan 2.5 karena memenuhi syarat  $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$ .

$$\text{Cek syarat} = 15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$$

$$15 \times 0,3048 \text{ m} = 4,575 \leq 130,5 \text{ m} \leq 365,75 \text{ m} \rightarrow \text{Oke}$$

$$K_z = 2,01 \times \left(\frac{z}{z_g}\right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \times \left(\frac{130,5}{365,75}\right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 1,5$$

5. Koefisien tekanan eksternal ( $C_p$ ), menggunakan tabel 2.12, dengan penggunaan permukaan dinding; sisi angin datang didapat 0,8; sisi angin pergi -0,5; sisi tepi -0,7.
6. Menghitung tekanan velositas ( $q$  atau  $q_i$ ), menggunakan persamaan 2.7.

$$q_z = 0.613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0.613 \times 1,5 \times 1 \times 0,85 \times 19,25^2$$

$$q_z = 289,63 \text{ N/m}^2$$

7. Menghitung tekanan angin ( $p$ ), menggunakan persamaan 2.8, dengan ketinggian ( $z$ ) 130,5.

a) Angin tekan.

$$p = q \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi}$$

$$p = 289,63 \times 0,85 \times 0,85 - 289,63 \times 0,18$$

$$p = 144,82 \text{ N/m}^2$$

b) Angin tepi.

$$p = q \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi}$$

$$p = 289,63 \times 0,85 \times -0,7 - 289,63 \times -0,18$$

$$p = -120,2 \text{ N/m}^2$$

c) Angin hisab.

$$p = q \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi}$$

$$p = 289,63 \times 0,85 \times -0,5 - 289,63 \times -0,18$$

$$p = -70,96 \text{ N/m}^2$$

Tabel 3.15 Hasil rekapitulasi tekanan angin

Story	Tinggi Bangunan m	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> = q <sub>i</sub> N/m <sup>2</sup>	P		
				Tekan N/m <sup>2</sup>	Tepi N/m <sup>2</sup>	Hisab N/m <sup>2</sup>
Ground Floor	5.5	0.61	117.78	58.89	-48.88	-28.86
Upper Grpond	9.5	0.71	137.09	68.55	-56.9	-33.59
1	13	0.78	150.61	75.31	-62.51	-36.9
2	16.4	0.83	160.26	80.13	-66.51	-39.27
3	19.8	0.88	169.92	84.96	-70.52	-41.64
4	23.2	0.92	177.64	88.82	-73.73	-43.53
5	26.6	0.96	185.36	92.68	-76.93	-45.42
6	30	0.99	191.16	95.58	-79.34	-46.84
7	33.4	1.02	196.95	98.48	-81.74	-48.26
8	36.8	1.05	202.74	101.37	-84.14	-49.68
9	40.2	1.07	206.6	103.3	-85.74	-50.62
10	43.6	1.1	212.39	106.2	-88.15	-52.04
11	47	1.12	216.26	108.13	-89.75	-52.99
12	50.4	1.15	222.05	111.03	-92.16	-54.41
13	53.8	1.17	225.91	112.96	-93.76	-55.35
14	57.2	1.19	229.77	114.89	-95.36	-56.3
15	60.6	1.21	233.63	116.82	-96.96	-57.24
16	64	1.23	237.5	118.75	-98.57	-98.57
17	67.4	1.24	239.43	119.72	-99.37	-58.67
18	70.8	1.26	243.29	121.65	-100.97	-59.61
19	74.2	1.28	247.15	123.58	-102.57	-60.56
20	77.6	1.3	251.01	125.51	-104.17	-61.5

Tabel 3.15 Hasil rekapitulasi tekanan angin (-lanjutan)

Story	Tinggi Bangunan m	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> = q <sub>i</sub> N/m <sup>2</sup>	P		
				Tekan N/m <sup>2</sup>	Tepi N/m <sup>2</sup>	Hisab N/m <sup>2</sup>
21	81	1.31	252.94	126.47	-104.98	-61.98
22	84.4	1.33	256.8	128.4	-106.58	-62.92
23	87.8	1.34	258.73	129.37	-107.38	-63.39
24	91.2	1.36	262.6	131.3	-108.98	-64.34
25	94.6	1.37	264.53	132.27	-109.78	-64.81
26	98	1.38	266.46	133.23	-110.59	-65.29
27	101.4	1.4	270.32	135.16	-112.19	-66.23
28	104.8	1.41	272.25	136.13	-112.99	-66.71
29	108.2	1.42	274.18	137.09	-113.79	-67.18
30	111.6	1.44	278.04	139.02	-115.39	-68.12
31	115	1.45	279.97	139.99	-116.19	-68.6
32	118.4	1.46	281.9	140.95	-116.99	-69.07
33	121.8	1.47	283.83	141.92	-117.79	-69.54
Roof floor	125.2	1.48	285.77	142.89	-118.6	-70.02
Top Floor	128	1.49	287.7	143.85	-119.4	-70.49
FFL	130.5	1.5	289.63	144.82	-120.2	-70.96

8. Menghitung beban angin sebagai beban terpusat ke *joint* pertemuan kolom dengan balok, *ground floor*.

Diketahui :

Lebar daerah tekan = hisab = 29,85 m

Lebar daerah tepi = 26,45 m

Jumlah *joint* daerah tekan = hisab = 6 titik

Jumlah *joint* daerah tepi = 5 titik

Selisih ketinggian lower – ground = 4 m

a) Angin tekan.

$$W \text{ hisab} = \frac{\text{Ptekan} \times \text{luas daerah tekan}}{\text{Jumlah } \textit{joint} \text{ daerah tekan}}$$

$$W \text{ hisab} = \frac{58,89 \times (4 \times 29,85)}{6}$$

$$W \text{ hisab} = 1171,91 \text{ N}$$

b) Angin tepi.

$$W \text{ hisab} = \frac{\text{Ptepi} \times \text{luas daerah tepi}}{\text{Jumlah } \textit{joint} \text{ daerah tepi}}$$



$$W \text{ hisab} = \frac{-48,88 \times (4 \times 26,45)}{5}$$

$$W \text{ hisab} = -1034,3 \text{ N}$$

c) Angin hisab.

$$W \text{ hisab} = \frac{\text{Phisab} \times \text{luas daerah hisab}}{\text{Jumlah joint daerah hisab}}$$

$$W \text{ hisab} = \frac{-28,86 \times (4 \times 29,85)}{6}$$

$$W \text{ hisab} = -574,31 \text{ N}$$

Tabel 3.16 Hasil rekapitulasi beban angin pada sebagai beban terpusat ke *joint* pertemuan kolom dengan balok

Story	Ketinggian (m)	Lebar bangunan		Jumlah joint		Beban (W)		
		Tekan = Hisab	Tepi	Tekan = Hisab	Tepi	Tekan	Tepi	Hisab
		m	m	buah		N	N	N
Ground Floor	4	29.85	26.45	6	5	1171.91	-1034.3	-574.31
Upper Grpond	4	29.85	26.45	6	5	1364.15	-1204	-668.44
1	3.5	29.85	26.45	6	5	1311.34	-1157.4	-642.52
2	3.4	29.85	26.45	6	5	1355.4	-1196.2	-664.25
3	3.4	29.85	26.45	6	5	1437.1	-1268.4	-704.34
4	3.4	29.85	26.45	6	5	1502.39	-1326.1	-736.31
5	3.4	29.85	26.45	6	5	1567.68	-1383.7	-768.28
6	3.4	29.85	26.45	6	5	1616.74	-1427	-792.3
7	3.4	29.85	26.45	6	5	1665.79	-1470.2	-816.32
8	3.4	29.85	26.45	6	5	1714.67	-1513.3	-840.34
9	3.4	29.85	26.45	6	5	1747.32	-1542.1	-856.24
10	3.4	29.85	26.45	6	5	1796.37	-1585.5	-880.26
11	3.4	29.85	26.45	6	5	1829.02	-1614.2	-896.33
12	3.4	29.85	26.45	6	5	1878.07	-1657.6	-920.35
13	3.4	29.85	26.45	6	5	1910.72	-1686.4	-936.25
14	3.4	29.85	26.45	6	5	1943.36	-1715.1	-952.31
15	3.4	29.85	26.45	6	5	1976.01	-1743.9	-968.21

Tabel 3.16 Hasil rekapitulasi beban angin pada sebagai beban terpusat ke *joint* pertemuan kolom dengan balok (-lanjutan)

Story	Ketinggian (m)	Lebar bangunan		Jumlah <i>joint</i>		Beban (W)		
		Tekan = Hisab	Tepi	Tekan = Hisab	Tepi	Tekan	Tepi	Hisab
		m	m			N	N	N
16	3.4	29.85	26.45	6	5	2008.66	-1772.9	-984.3
17	3.4	29.85	26.45	6	5	2025.1	-1787.3	-992.5
18	3.4	29.85	26.45	6	5	2057.71	-1816	-1008.3
19	3.4	29.85	26.45	6	5	2090.36	-1844.8	-1024.4
20	3.4	29.85	26.45	6	5	2123	-1873.6	-1040.3
21	3.4	29.85	26.45	6	5	2139.24	-1888.2	-1048.4
22	3.4	29.85	26.45	6	5	2171.89	-1916.9	-1064.3
23	3.4	29.85	26.45	6	5	2188.29	-1931.3	-1072.2
24	3.4	29.85	26.45	6	5	2220.94	-1960.1	-1088.3
25	3.4	29.85	26.45	6	5	2237.35	-1974.5	-1096.3
26	3.4	29.85	26.45	6	5	2253.59	-1989.1	-1104.4
27	3.4	29.85	26.45	6	5	2286.23	-2017.8	-1120.3
28	3.4	29.85	26.45	6	5	2302.64	-2032.2	-1128.4
29	3.4	29.85	26.45	6	5	2318.88	-2046.6	-1136.3
30	3.4	29.85	26.45	6	5	2351.52	-2075.4	-1152.2
31	3.4	29.85	26.45	6	5	2367.93	-2089.8	-1160.4
32	3.4	29.85	26.45	6	5	2384.17	-2104.2	-1168.3
33	3.4	29.85	26.45	6	5	2400.58	-2118.6	-1176.3
Roof floor	3.4	29.85	26.45	6	5	2416.98	-2133.1	-1184.4
Top Floor	2.8	14.4	7.8	6	5	966.67	-521.54	-473.7
FFL	2.5	14.4	7.8	6	5	868.92	-468.78	-425.76

9. Beban angin pada penutup atap

Berdasarkan (BSN, SNI 1727-2013 pada pasal 27.1.5) sebesar  $0,38 \text{ kN/m}^2$

c. Beban hujan

Analisis untuk mendapatkan beban hujan, menggunakan persamaan 2.9, jika direncana  $d_s = 15 \text{ mm}$  dan  $d_h = 20 \text{ mm}$ .

$$R = 0,0098 \times (d_s + d_h)$$

$$R = 0,0098 \times (15 + 20)$$

$$R = 0,294 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban gempa

Analisis desain beban gempa berupa *time history*, dengan menggunakan tiga buah rekaman data gempa; Gempa Tabas di Iran 1978 sebesar  $M = 7,35$ ; Gempa Kobe di Jepang 1995 sebesar  $M = 6,90$ ; Gempa Imperial Valley di California 1979 sebesar  $M = 6,53$ . Pemilihan tiga buah gempa berdasarkan (Irsyam, et al., 2017) bahwa Surabaya memiliki dua sumber sesar gempa yaitu baribis-kendeng dan fold-trust dengan magnitudo maksimal sebesar 6,5, maka untuk pemilihan data gempa dipilih yang melebihi magnitudenya 6,5. Untuk analisis beban gempa, dilakukan sebagai berikut :

1. Respons spektrum desain

- a) Kategori jenis tanah dengan mengklasifikasikan koefisien situs menggunakan persamaan 2.14, ke kelas situs menggunakan tabel 2.17, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Analisis pada kedalaman } 1-1,5 \text{ m, pada kedalaman } \frac{d_i}{N_i} = \frac{2}{6} = 0,33$$

Maka untuk pengeboran dengan titik pengeboran BH-1.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{j=1}^n d_i}{\sum_{j=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{30}{3.37}$$

$$\bar{N} = 0,33 \rightarrow \text{tanah lunak}$$

Tabel 3.17 Hasil perhitungan koefisien situs pada titik pengeboran BH-

1

No	SPT Depth [m]	BH - 1			
		Soil Type	N [blow/ft]	di [m]	di / N [ - ]
1	1.00 - 1.50	Cohesive	6	2.00	0.33
2	3.00 - 3.50		5	2.00	0.40
3	5.00 - 5.50		8	2.00	0.25
4	7.00 - 7.50		7	2.00	0.29
5	9.00 - 9.50		7	3.00	0.43
6	11.00 - 11.50		10	1.00	0.10

Tabel 3.17 Hasil perhitungan koefisien situs pada titik pengeboran  
BH-1 (-lanjutan)

No	BH - 1				
	SPT Depth [m]	Soil Type	N [blow/ft]	di [m]	di / N [ - ]
7	13.00 - 13.50	Cohesive	10	2.00	0.20
8	15.00 - 15.50		10	2.00	0.20
9	17.00 - 17.50		11	2.00	0.18
10	19.00 - 19.50		12	2.00	0.17
11	21.00 - 21.50		13	2.00	0.15
12	23.00 - 23.50		13	2.00	0.15
13	25.00 - 25.50		10	2.00	0.20
14	27.00 - 27.50		11	2.00	0.18
15	29.00 - 29.50		14	2.00	0.14
Soil category		$\Sigma$	30.00		3.37
==>	$\Sigma t_i / \Sigma [t_i/N_i]$			8.9	

Tabel 3.18 Hasil rekapitulasi perhitungan koefisien situs untuk  
menentukan jenis tanah

Sampel Bor	$\Sigma t_i$	$\Sigma t_i / N$	$\overline{N_{BH}}$	Jenis tanah
BH - 1	30	8.9	8.786	SE  (Tanah lunak)
BH - 2	30	9.38		
BH - 3	30	9.62		
BH - 4	30	7.56		
BH - 5	30	8.47		

- b) Kategori risiko struktur bangunan dan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ), menggunakan tabel 2.16, dengan jenis pemanfaatan gedung apartemen didapat kategori risiko II untuk  $I_e$  kategori II didapat 1.
- c) Parameter percepatan batuan dasar periode pendek 0,2 detik ( $S_s$ ) dan periode 1 detik ( $S_1$ ), menggunakan gambar 2.35 dan gambar 2.35 untuk daerah surabaya didapat  $S_s = 1$  dan  $S_1 = 0,5$ .
- d) Parameter faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan periode 1 detik ( $F_v$ ), menggunakan tabel 2.18 dengan kelas situs SE didapat  $F_a = 1,1$  dan  $F_v = 2,2$ .

- e) Menghitung parameter percepatan respons spektrum, menggunakan persamaan 2.15 dan persamaan 2.16, dengan analisis sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{MS} = 1,1 \times 1$$

$$S_{MS} = 1,1$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$S_{M1} = 2,2 \times 0,5$$

$$S_{M1} = 1,1$$

- f) Menghitung parameter percepatan respons spektrum desain, menggunakan persamaan 2.17 dan persamaan 2.18, dengan analisis sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{Ms}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 1,1$$

$$S_{DS} = 0,73$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 1,1$$

$$S_{D1} = 0,73$$

- g) Menggambar respons spektrum desain, yang mempunyai tiga segmen spektrum respons desain sebagai berikut :

- 1) Segmen garis lurus menanjak anatar periode  $T = 0 \leq T < T_o$ , menggunakan persamaan 2.19 sampai persamaan 2.21.

$$S_a = S_{DS} \times 0,4$$

$$S_a = 0,73 \times 0,4$$

$$S_a = 0,292 \text{ g}$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{0,73}{0,73}$$

$$T_o = 0,2 \text{ detik}$$

Untuk mengkoreksi nilai  $S_a$  berdasarkan persamaan 2.20, maka  $S_a$  sesuai persamaan 2.19, jika nilai  $T_o = 0,2$  maka  $S_a$  menjadi :

$$S_a = S_{DS} \times \left( 0,4 + 0,6 \times \frac{T}{T_o} \right)$$

$$S_a = 0,73 S_{DS} \times \left( 0,4 + 0,6 \times \frac{0}{0,2} \right)$$

$$S_a = 0,292 \text{ g} \rightarrow \text{sama}$$

- 2) Segmen percepatan konstan antara  $T = T_0$  dan  $T = T_s$  ( $S_a = SDS$ ), menggunakan persamaan 2.22.

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{0,73}{0,73}$$

$$T_s = 1 \text{ detik}$$

- 3) Segmen kecepatan konstan menurun untuk periode  $T > T_s$ , menggunakan persamaan 2.23.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$S_a = \frac{0,73}{1,02}$$

$$S_a = 0,72 \text{ detik}$$

Tabel 3.19 Hasil rekapitulasi perhitungan nilai respon spektrum untuk daerah Kota Surabaya pada tanah lunak

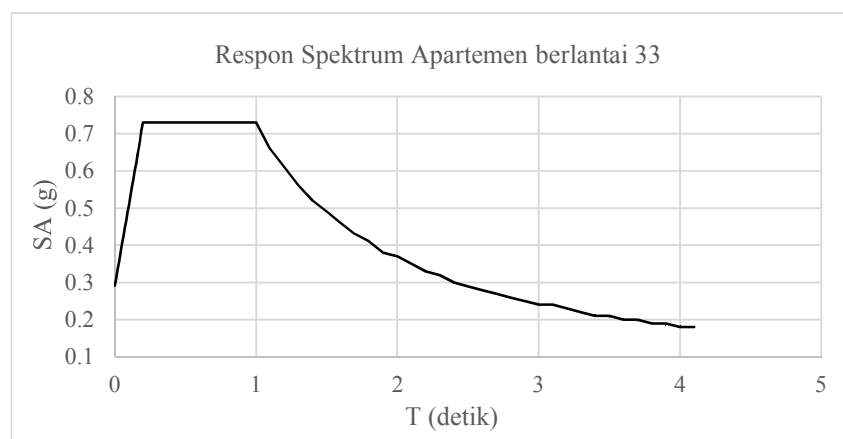
<i>Period d (sec)</i>	<i>Pseudo- Accerleratio n (g)</i>	<i>Period (sec)</i>	<i>Pseudo- Accerleration (g)</i>	<i>Period (sec)</i>	<i>Pseudo- Accerleration (g)</i>
0	0.292	1.36	0.54	2.72	0.27
0.02	0.3358	1.38	0.53	2.74	0.27
0.04	0.3796	1.4	0.52	2.76	0.26
0.06	0.4234	1.42	0.51	2.78	0.26
0.08	0.4672	1.44	0.51	2.8	0.26
0.1	0.511	1.46	0.5	2.82	0.26
0.12	0.5548	1.48	0.49	2.84	0.26
0.14	0.5986	1.5	0.49	2.86	0.26
0.16	0.6424	1.52	0.48	2.88	0.25
0.18	0.6862	1.54	0.47	2.9	0.25
0.2	0.73	1.56	0.47	2.92	0.25
0.22	0.73	1.58	0.46	2.94	0.25
0.24	0.73	1.6	0.46	2.96	0.25
0.26	0.73	1.62	0.45	2.98	0.24
0.28	0.73	1.64	0.45	3	0.24
0.3	0.73	1.66	0.44	3.02	0.24
0.32	0.73	1.68	0.43	3.04	0.24
0.34	0.73	1.7	0.43	3.06	0.24
0.36	0.73	1.72	0.42	3.08	0.24
0.38	0.73	1.74	0.42	3.1	0.24
0.4	0.73	1.76	0.41	3.12	0.23

Tabel 3.19 Hasil rekapitulasi perhitungan nilai respon spektrum untuk daerah Kota Surabaya pada tanah lunak (-lanjutan)

<i>Period</i> <i>d</i> <i>(sec)</i>	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleratio</i> <i>n (g)</i>	<i>Period</i> <i>(sec)</i>	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> <i>(g)</i>	<i>Period</i> <i>(sec)</i>	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> <i>(g)</i>
0.42	0.73	1.78	0.41	3.14	0.23
0.44	0.73	1.8	0.41	3.16	0.23
0.46	0.73	1.82	0.4	3.18	0.23
0.48	0.73	1.84	0.4	3.2	0.23
0.5	0.73	1.86	0.39	3.22	0.23
0.52	0.73	1.88	0.39	3.24	0.23
0.54	0.73	1.9	0.38	3.26	0.22
0.56	0.73	1.92	0.38	3.28	0.22
0.58	0.73	1.94	0.38	3.3	0.22
0.6	0.73	1.96	0.37	3.32	0.22
0.62	0.73	1.98	0.37	3.34	0.22
0.64	0.73	2	0.37	3.36	0.22
0.66	0.73	2.02	0.36	3.38	0.22
0.68	0.73	2.04	0.36	3.4	0.21
0.7	0.73	2.06	0.35	3.42	0.21
0.72	0.73	2.08	0.35	3.44	0.21
0.74	0.73	2.1	0.35	3.46	0.21
0.76	0.73	2.12	0.34	3.48	0.21
0.78	0.73	2.14	0.34	3.5	0.21
0.8	0.73	2.16	0.34	3.52	0.21
0.82	0.73	2.18	0.33	3.54	0.21
0.84	0.73	2.2	0.33	3.56	0.21
0.86	0.73	2.22	0.33	3.58	0.2
0.88	0.73	2.24	0.33	3.6	0.2
0.9	0.73	2.26	0.32	3.62	0.2
0.92	0.73	2.28	0.32	3.64	0.2
0.94	0.73	2.3	0.32	3.66	0.2
0.96	0.73	2.32	0.31	3.68	0.2
0.98	0.73	2.34	0.31	3.7	0.2
1	0.73	2.36	0.31	3.72	0.2
1.02	0.72	2.38	0.31	3.74	0.2
1.04	0.7	2.4	0.3	3.76	0.19
1.06	0.69	2.42	0.3	3.78	0.19
1.08	0.68	2.44	0.3	3.8	0.19
1.1	0.66	2.46	0.3	3.82	0.19
1.12	0.65	2.48	0.29	3.84	0.19

Tabel 3.19 Hasil rekapitulasi perhitungan nilai respon spektrum untuk daerah Kota Surabaya pada tanah lunak (-lanjutan)

<i>Period (sec)</i>	<i>Pseudo-Acceleration (g)</i>	<i>Period (sec)</i>	<i>Pseudo-Acceleration (g)</i>	<i>Period (sec)</i>	<i>Pseudo-Acceleration (g)</i>
1.14	0.64	2.5	0.29	3.86	0.19
1.16	0.63	2.52	0.29	3.88	0.19
1.18	0.62	2.54	0.29	3.9	0.19
1.2	0.61	2.56	0.29	3.92	0.19
1.22	0.6	2.58	0.28	3.94	0.19
1.24	0.59	2.6	0.28	3.96	0.18
1.26	0.58	2.62	0.28	3.98	0.18
1.28	0.57	2.64	0.28	4	0.18
1.3	0.56	2.66	0.27	4.02	0.18
1.32	0.55	2.68	0.27		
1.34	0.54	2.7	0.27		

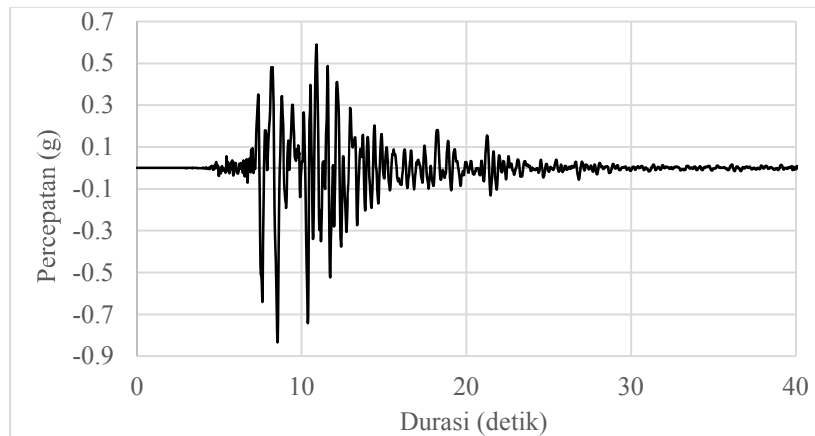


Gambar 3.22 Grafik respon spektrum daerah Kota Surabaya pada tanah lunak.

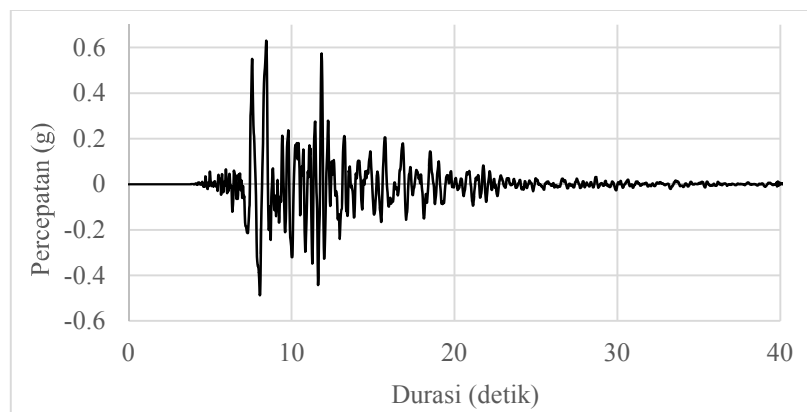
## 2. Akselogram gempa masukan

Data gempa yang diambil berupa *ground motion*, asli yang belum diskala terhadap gempa surabaya. Data *ground motion unscaled* disajikan pada gambar 3.23-gambar 3.28.

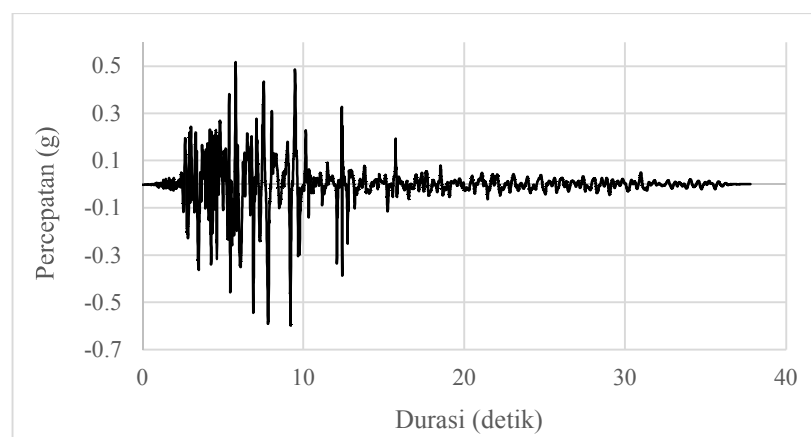




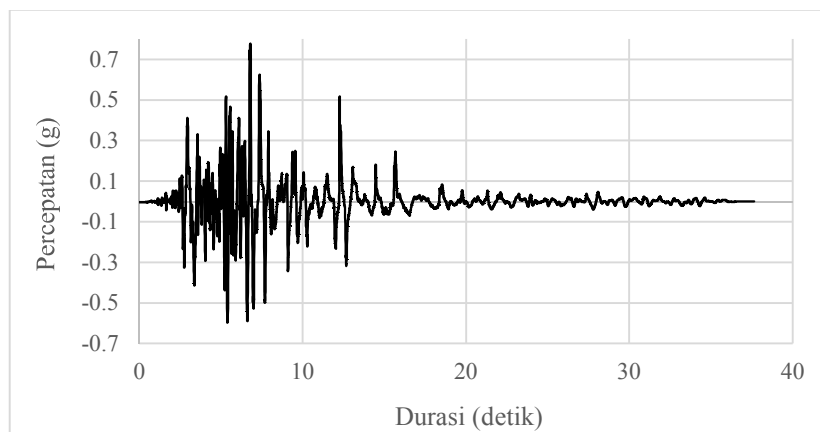
Gambar 3.23 Rekaman Gempa Kobe arah x  
(<https://ngawest2.berkeley.edu/>).



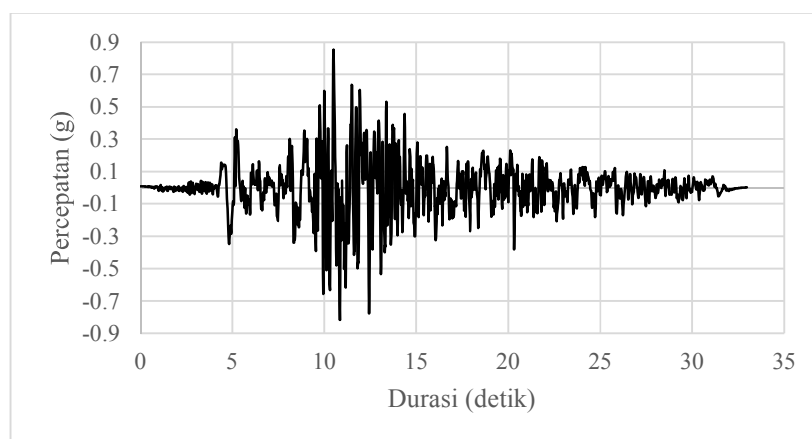
Gambar 3.24 Rekaman Gempa Kobe arah y  
(<https://ngawest2.berkeley.edu/>).



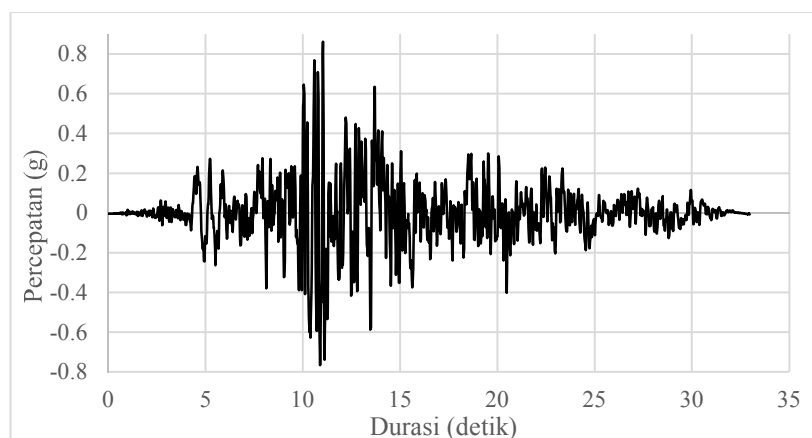
Gambar 3.25 Rekaman Gempa Imperial Valley arah x  
(<https://ngawest2.berkeley.edu/>).



Gambar 3.26 Rekaman Gempa Imperial Valley arah y  
(<https://ngawest2.berkeley.edu/>).



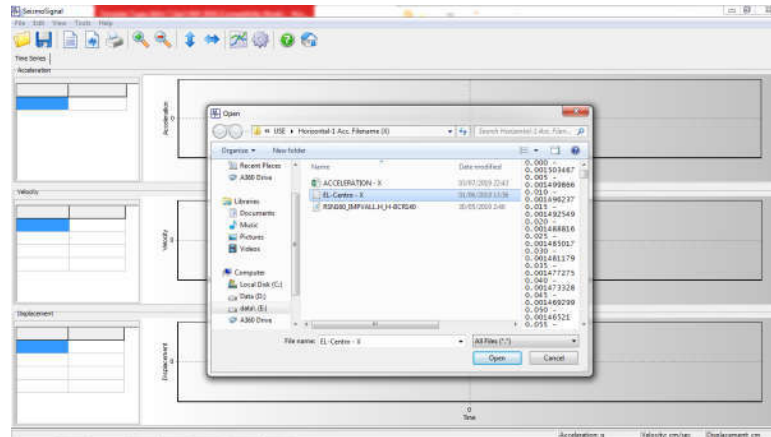
Gambar 3.27 Rekaman Gempa Tabas arah x  
(<https://ngawest2.berkeley.edu/>).



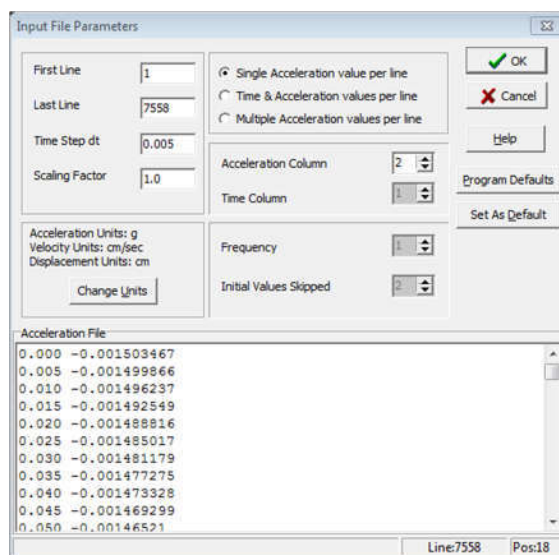
Gambar 3.28 Rekaman Gempa Tabas arah y  
(<https://ngawest2.berkeley.edu/>).

3. Respons gempa masukan

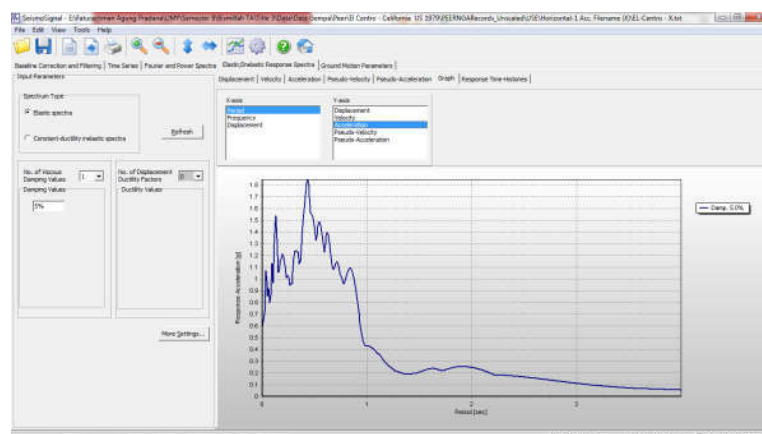
Data *ground motion* dirubah menjadi respon spektrum, menggunakan bantuan program seimosignal, dengan tahapan sebagai berikut :



Gambar 3.29 Tahapan *input file* data *ground motion*.



Gambar 3.30 Tahapan *input data* *ground motion*.



Gambar 3.31 Tahapan hasil grafik respons spektrum

Tabel 3.20 Hasil nilai respon spektrum yang dirubah dari data *ground motion* untuk Gempa Kobe arah x *unscaled*

<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )
0	0.8342	1.36	0.9482	2.72	0.2055
0.02	0.8445	1.38	0.9356	2.74	0.2028
0.04	0.8426	1.4	0.9156	2.76	0.2
0.06	0.863	1.42	0.8905	2.78	0.1973
0.08	0.8709	1.44	0.8623	2.8	0.1946
0.1	0.9309	1.46	0.8327	2.82	0.1918
0.12	0.8797	1.48	0.8144	2.84	0.1891
0.14	1.1369	1.5	0.7994	2.86	0.1863
0.16	1.0616	1.52	0.778	2.88	0.1834
0.18	1.144	1.54	0.7514	2.9	0.1806
0.2	1.0691	1.56	0.7209	2.92	0.1777
0.22	1.1081	1.58	0.6871	2.94	0.1748
0.24	1.258	1.6	0.6543	2.96	0.1719
0.26	1.7854	1.62	0.6428	2.98	0.169
0.28	1.8172	1.64	0.6308	3	0.1661
0.3	1.8722	1.66	0.6182	3.02	0.1633
0.32	2.1796	1.68	0.6051	3.04	0.1605
0.34	2.5933	1.7	0.5914	3.06	0.1577
0.36	2.61	1.72	0.5775	3.08	0.1548
0.38	2.4452	1.74	0.5632	3.1	0.152
0.4	2.2706	1.76	0.5487	3.12	0.1492
0.42	2.2543	1.78	0.534	3.14	0.1464
0.44	2.3717	1.8	0.5195	3.16	0.1436
0.46	2.3739	1.82	0.5048	3.18	0.1408
0.48	2.2615	1.84	0.4903	3.2	0.138
0.5	2.1297	1.86	0.476	3.22	0.1353
0.52	1.8977	1.88	0.4618	3.24	0.1326
0.54	1.6391	1.9	0.4479	3.26	0.1299
0.56	1.6199	1.92	0.4342	3.28	0.1272
0.58	1.4569	1.94	0.4208	3.3	0.1246
0.6	1.6046	1.96	0.4077	3.32	0.122
0.62	1.6797	1.98	0.3948	3.34	0.1195
0.64	1.709	2	0.3817	3.36	0.1169
0.66	2.0014	2.02	0.3693	3.38	0.1144
0.68	2.1144	2.04	0.3571	3.4	0.112
0.7	1.948	2.06	0.3455	3.42	0.1095
0.72	1.7108	2.08	0.3341	3.44	0.1071
0.74	1.764	2.1	0.3229	3.46	0.1047

Tabel 3.20 Hasil nilai respon spektrum yang dirubah dari data *ground motion* untuk Gempa Kobe arah x *unscaled* (-lanjutan)

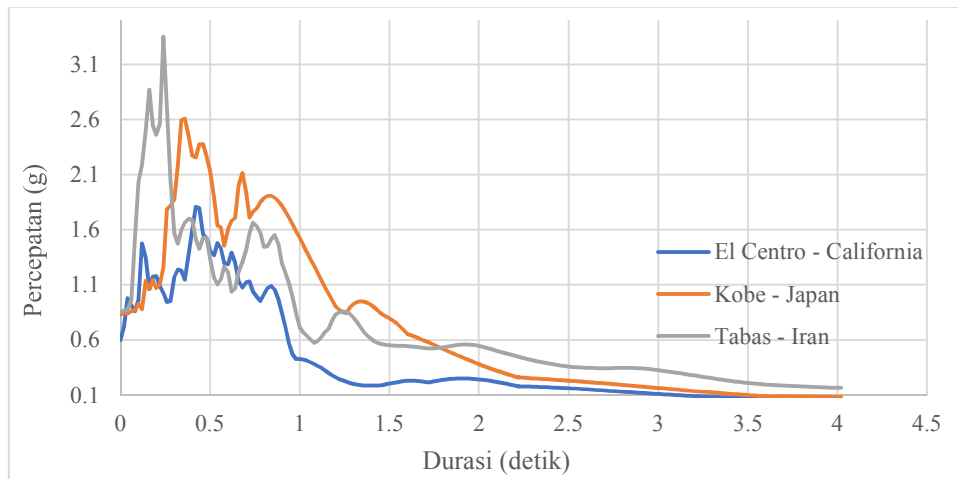
<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )
0.76	1.7956	2.12	0.3118	3.48	0.1024
0.78	1.8498	2.14	0.3009	3.5	0.1001
0.8	1.8871	2.16	0.2903	3.52	0.0978
0.82	1.9057	2.18	0.2801	3.54	0.0955
0.84	1.906	2.2	0.27	3.56	0.0933
0.86	1.8895	2.22	0.2622	3.58	0.0911
0.88	1.8588	2.24	0.26	3.6	0.0894
0.9	1.8168	2.26	0.258	3.62	0.0887
0.92	1.7663	2.28	0.2559	3.64	0.0891
0.94	1.7101	2.3	0.2538	3.66	0.0893
0.96	1.6503	2.32	0.2517	3.68	0.0894
0.98	1.589	2.34	0.2496	3.7	0.0895
1	1.5255	2.36	0.2476	3.72	0.0894
1.02	1.4625	2.38	0.2456	3.74	0.0893
1.04	1.3991	2.4	0.2436	3.76	0.0891
1.06	1.3356	2.42	0.2414	3.78	0.0888
1.08	1.272	2.44	0.2392	3.8	0.0884
1.1	1.2084	2.46	0.237	3.82	0.088
1.12	1.1452	2.48	0.2349	3.84	0.0876
1.14	1.0826	2.5	0.2327	3.86	0.087
1.16	1.0212	2.52	0.2305	3.88	0.0864
1.18	0.9617	2.54	0.2281	3.9	0.0858
1.2	0.904	2.56	0.2258	3.92	0.0851
1.22	0.8757	2.58	0.2233	3.94	0.0844
1.24	0.8536	2.6	0.2208	3.96	0.0836
1.26	0.844	2.62	0.2184	3.98	0.0828
1.28	0.8928	2.64	0.2159	4	0.082
1.3	0.9259	2.66	0.2134	4.02	0.0812
1.32	0.9452	2.68	0.2108		
1.34	0.9522	2.7	0.2082		

Tabel 3.21 Hasil nilai respon spektrum yang dirubah dari data *ground motion* untuk Gempa Kobe arah *y unscaled*

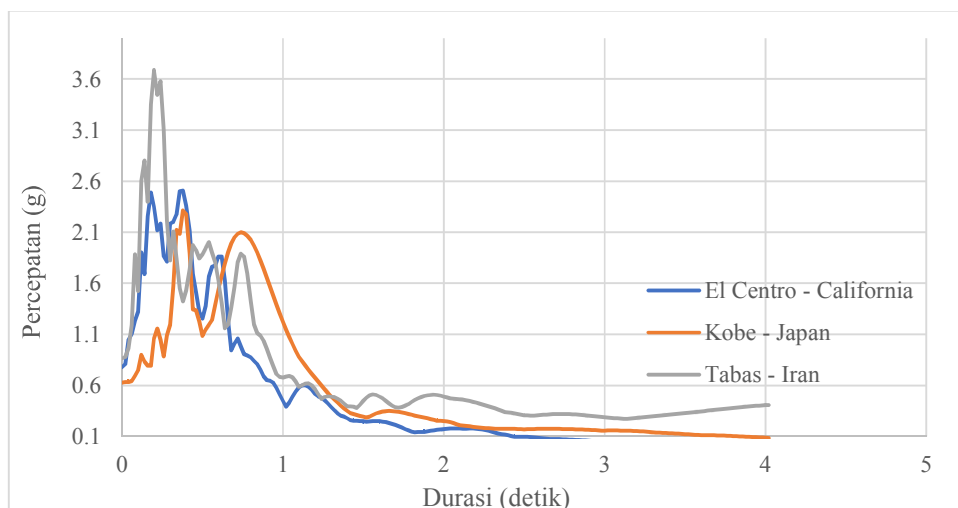
<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )
0	0.6297	1.36	0.4021	2.72	0.1751
0.02	0.6336	1.38	0.3758	2.74	0.1746
0.04	0.6343	1.4	0.3515	2.76	0.1739
0.06	0.6427	1.42	0.3293	2.78	0.1731
0.08	0.6945	1.44	0.3185	2.8	0.1722
0.1	0.7505	1.46	0.3098	2.82	0.1711
0.12	0.9007	1.48	0.3015	2.84	0.1699
0.14	0.8355	1.5	0.2933	2.86	0.1687
0.16	0.795	1.52	0.2853	2.88	0.1673
0.18	0.7938	1.54	0.2938	2.9	0.1658
0.2	1.0597	1.56	0.3114	2.92	0.1643
0.22	1.1573	1.58	0.3256	2.94	0.1626
0.24	1.0453	1.6	0.3362	2.96	0.1609
0.26	0.8829	1.62	0.3435	2.98	0.1591
0.28	1.0914	1.64	0.3479	3	0.1586
0.3	1.196	1.66	0.3496	3.02	0.1594
0.32	1.5702	1.68	0.3489	3.04	0.1597
0.34	2.1231	1.7	0.3462	3.06	0.1597
0.36	2.0832	1.72	0.3417	3.08	0.1594
0.38	2.3129	1.74	0.3357	3.1	0.1589
0.4	2.279	1.76	0.3285	3.12	0.1585
0.42	1.894	1.78	0.3204	3.14	0.1579
0.44	1.3453	1.8	0.3121	3.16	0.157
0.46	1.337	1.82	0.3043	3.18	0.1559
0.48	1.2288	1.84	0.2973	3.2	0.1544
0.5	1.0851	1.86	0.2911	3.22	0.1526
0.52	1.15	1.88	0.2849	3.24	0.1504
0.54	1.195	1.9	0.278	3.26	0.1479
0.56	1.2416	1.92	0.2705	3.28	0.1451
0.58	1.3938	1.94	0.2624	3.3	0.142
0.6	1.5354	1.96	0.2535	3.32	0.1386
0.62	1.6705	1.98	0.2544	3.34	0.1376
0.64	1.7956	2	0.2525	3.36	0.1367
0.66	1.9044	2.02	0.248	3.38	0.1355
0.68	1.9904	2.04	0.2411	3.4	0.1342
0.7	2.0503	2.06	0.2322	3.42	0.1327
0.72	2.0854	2.08	0.2215	3.44	0.131
0.74	2.0989	2.1	0.2107	3.46	0.1291

Tabel 3.21 Hasil nilai respon spektrum yang dirubah dari data *ground motion* untuk Gempa Kobe arah *y unscaled* (-lanjutan)

<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )	<i>Period</i> ( <i>sec</i> )	<i>Pseudo-</i> <i>Accerleration</i> ( <i>g</i> )
0.76	2.0921	2.12	0.2087	3.48	0.1271
0.78	2.0672	2.14	0.2052	3.5	0.1249
0.8	2.0261	2.16	0.2004	3.52	0.1226
0.82	1.9706	2.18	0.1943	3.54	0.1202
0.84	1.9029	2.2	0.191	3.56	0.1177
0.86	1.8257	2.22	0.1888	3.58	0.1156
0.88	1.742	2.24	0.1864	3.6	0.1153
0.9	1.6548	2.26	0.184	3.62	0.1148
0.92	1.5664	2.28	0.1817	3.64	0.1142
0.94	1.4783	2.3	0.1794	3.66	0.1135
0.96	1.3917	2.32	0.1773	3.68	0.1127
0.98	1.3078	2.34	0.1763	3.7	0.1118
1	1.2253	2.36	0.1765	3.72	0.1107
1.02	1.1478	2.38	0.1766	3.74	0.1096
1.04	1.0741	2.4	0.1764	3.76	0.1084
1.06	1.0045	2.42	0.1759	3.78	0.1071
1.08	0.9391	2.44	0.1752	3.8	0.1058
1.1	0.8817	2.46	0.174	3.82	0.1044
1.12	0.8375	2.48	0.1726	3.84	0.1029
1.14	0.7954	2.5	0.1714	3.86	0.1014
1.16	0.7545	2.52	0.1725	3.88	0.0998
1.18	0.715	2.54	0.1736	3.9	0.0981
1.2	0.6754	2.56	0.1744	3.92	0.0964
1.22	0.6368	2.58	0.175	3.94	0.0947
1.24	0.5991	2.6	0.1755	3.96	0.0929
1.26	0.5623	2.62	0.1758	3.98	0.0911
1.28	0.5268	2.64	0.1759	4	0.0892
1.3	0.4928	2.66	0.176	4.02	0.0874
1.32	0.4607	2.68	0.1758		
1.34	0.4305	2.7	0.1755		



Gambar 3.32 Rekapitulasi grafik respon spektrum gempa masukan arah x *unscaled*.



Gambar 3.33 Rekapitulasi grafik respon spektrum gempa masukan arah y *unscaled*.

#### 4. Penskalaan respons spektrum

- a) Menskala periode respons spektrum gempa masukan pada rentang  $0,2T$  hingga  $1,5T$ .

Menentukan parameter  $T$  yang digunakan berdasarkan nilai output  $T_c$  dari  $T_{\text{tabas}}$ , dan nilai  $T_a$  menggunakan persamaan 2.10

$$T_c = 2,6719 \text{ detik.}$$

Niali  $C_t$  diambil dari tabel 2.13 dengan tipe struktur rangka beton pemikul momen  $C_t = 0,0466^a$  dan  $x = 0,9$



Nilai  $h_n$  merupakan ketinggian struktur yaitu 130,5 m.

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$T_a = 0,0466 \times 130,5^{0,9}$$

$$T_a = 3,7362 \text{ detik}$$

Niali  $C_u$  diambil dari tabel 2.14 dengan parameter  $S_{D1} = 0,73$ , didapat  $C_u = 1,4$

$$C_u \times T_a$$

$$1,4 \times 3,7362 = 5,2307 \text{ detik}$$

Cek T

$T_c > C_u \times T_a$  maka T yang dipakai  $C_u \times T_a$

$$T_c = 3,7362 \text{ detik} > C_u \times T_a = 5,2307 \text{ detik} \rightarrow \text{tidak menentukan}$$

$T_a < T_c < C_u \times T_a$  maka T yang dipakai  $T_c$

$$T_a = 3,7362 \text{ detik} < T_c = 2,6719 \text{ detik} < C_u \times T_a = 5,2307 \text{ detik} \rightarrow \text{tidak menentukan}$$

$T_c < T_a$  maka T yang dipakai  $T_a$

$$T_c = 2,6719 \text{ detik} < T_a = 3,7362 \text{ detik} \rightarrow \text{menentukan } T_a = T_a = 3,7362 \text{ detik}$$

Maka untuk T penentuan periode getar struktur umumnya cek T yang menentukan dalam penentuan T, karena struktur tersebut sebelumnya, belum selesai dimodelkan seutuhnya, maka T yang diambil adalah T dengan bantuan software yaitu  $T_c = 2,6719$  detik

$$0,2 T$$

$$0,2 \times 2,6719 = 0,534 \text{ detik}$$

$$1,5 T$$

$$1,5 \times 2,6719 = 4,008 \text{ detik}$$

b) Faktor skala gempa, menggunakan persamaan 2.11, dengan analisis sebagai berikut

Tabel 3.22 Hasil nilai respon spektrum untuk Gempa Kobe arah  $x$  scaled

$\bar{A}_i \times A_i$ ASNI $x$ GRDMTN	$A_i \times A_i$ AGRM $x$ GRDMTN	$\bar{A}_i \times A_i$ ASNI $x$ GRDMTN	$A_i \times A_i$ AGRM $x$ GRDMTN	$\bar{A}_i \times A_i$ ASNI $x$ GRDMTN	$A_i \times A_i$ AGRM $x$ GRDMTN
1.385321	3.601265	0.254302	0.349754	0.045850	0.033636
1.196543	2.686649	0.242550	0.333506	0.045150	0.032616
1.182527	2.624076	0.236544	0.317194	0.044425	0.031577
1.063537	2.122558	0.224967	0.301072	0.043700	0.030555
1.171358	2.574741	0.218940	0.285156	0.042975	0.029550
1.226181	2.821392	0.212995	0.269880	0.040560	0.028561
1.24757	2.920681	0.201920	0.254823	0.039864	0.027589
1.461022	4.005602	0.196120	0.240394	0.039192	0.026667
1.543512	4.470687	0.185640	0.226576	0.038520	0.025760
1.42204	3.794704	0.180102	0.213259	0.037848	0.024869
1.248884	2.926837	0.170202	0.200614	0.037152	0.023963
1.28772	3.111696	0.164996	0.188530	0.036480	0.023104
1.310788	3.224179	0.159904	0.177073	0.034316	0.022261
1.350354	3.421760	0.150849	0.166219	0.033672	0.021433
1.377583	3.561146	0.146076	0.155867	0.033028	0.020621
1.391161	3.631692	0.141229	0.145695	0.032384	0.019825
1.39138	3.632836	0.132948	0.136382	0.031740	0.019044
1.379335	3.570210	0.128556	0.127520	0.031119	0.018306
1.356924	3.455137	0.120925	0.119370	0.030498	0.017583
1.326264	3.300762	0.116935	0.111623	0.028578	0.016874
1.289399	3.119816	0.113015	0.104264	0.027984	0.016180
1.248373	2.924442	0.106012	0.097219	0.027412	0.015525
1.204719	2.723490	0.102306	0.090541	0.026840	0.014884
1.15997	2.524921	0.098702	0.084274	0.026290	0.014280
1.113615	2.327150	0.092433	0.078456	0.025718	0.013666
1.053	2.138906	0.089100	0.072900	0.025168	0.013087
0.97937	1.957481	0.086526	0.068749	0.023520	0.012544
0.921564	1.783827	0.085800	0.067600	0.022995	0.011990
0.86496	1.617984	0.082560	0.066564	0.022491	0.011470
0.797544	1.460231	0.081888	0.065485	0.021987	0.010962
0.74438	1.311483	0.081216	0.064414	0.021504	0.010486
0.692864	1.172023	0.078027	0.063353	0.021021	0.010020
0.643356	1.042849	0.077376	0.062300	0.020538	0.009565
0.596254	0.924867	0.076756	0.061306	0.020055	0.009120

Tabel 3.22 Hasil nilai respon spektrum untuk Gempa Kobe arah x *scaled*

(-lanjutan)

$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$	$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$	$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$
ASNI	AGRM	ASNI	AGRM	ASNI	AGRM
$x$	$x$	$x$	$x$	$x$	$x$
GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN
0.48952	0.712336	0.071760	0.057217	0.017740	0.007868
0.55144	0.817216	0.076136	0.060319	0.019593	0.008705
0.52542	0.766850	0.073080	0.059341	0.018220	0.008299
0.503624	0.728633	0.072420	0.058274	0.017880	0.007992
0.508896	0.797092	0.071100	0.056169	0.017820	0.007939
0.518504	0.857291	0.068121	0.055178	0.017860	0.007974
0.51986	0.893403	0.067483	0.054149	0.017880	0.007992
0.514188	0.906685	0.066845	0.053130	0.017900	0.008010
0.512028	0.899083	0.066149	0.052030	0.017880	0.007992
0.495868	0.875347	0.065482	0.050986	0.017860	0.007974
0.476112	0.838323	0.062524	0.049863	0.016929	0.007939
0.454155	0.792990	0.061824	0.048753	0.016872	0.007885
0.439773	0.743561	0.061152	0.047699	0.016796	0.007815
0.41635	0.693389	0.060452	0.046613	0.016720	0.007744
0.399056	0.663247	0.057618	0.045540	0.016644	0.007674
0.391706	0.639040	0.056916	0.044437	0.016530	0.007569
0.37344	0.605284	0.056214	0.043347	0.016416	0.007465
0.353158	0.564602	0.055485	0.042230	0.016302	0.007362
0.338823	0.519697	0.054756	0.041128	0.016169	0.007242
0.316066	0.472106	0.052000	0.040000	0.016036	0.007123
0.300978	0.428108	0.051298	0.038927	0.015048	0.006989
0.28926	0.413192	0.050596	0.037869	0.014904	0.006856
0.28386	0.397909	0.049868	0.036787	0.014760	0.006724
0.272008	0.382171	0.049166	0.035759	0.014616	0.006593
0.260193	0.366146	0.048438	0.034708		

Skala Gempa kobe arah x.

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{A} x A}{\sum_{i=1}^n A x A}$$

$$SF = \frac{57,984907}{116,672072}$$

$$SF = 0,49699$$

Tabel 3.23 Hasil nilai respon spektrum untuk Gempa Kobe arah *y scaled*

$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$	$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$	$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$
ASNI	AGRM	ASNI	AGRM	ASNI	AGRM
$x$	$x$	$x$	$x$	$x$	$x$
GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN
0.8395	3.601265	0.254302	0.349754	0.045850	0.033636
0.87235	2.686649	0.242550	0.333506	0.045150	0.032616
0.906368	2.624076	0.236544	0.317194	0.044425	0.031577
1.017474	2.122558	0.224967	0.301072	0.043700	0.030555
1.120842	2.574741	0.218940	0.285156	0.042975	0.029550
1.219465	2.821392	0.212995	0.269880	0.040560	0.028561
1.310788	2.920681	0.201920	0.254823	0.039864	0.027589
1.390212	4.005602	0.196120	0.240394	0.039192	0.026667
1.452992	4.470687	0.185640	0.226576	0.038520	0.025760
1.496719	3.794704	0.180102	0.213259	0.037848	0.024869
1.522342	2.926837	0.170202	0.200614	0.037152	0.023963
1.532197	3.111696	0.164996	0.188530	0.036480	0.023104
1.527233	3.224179	0.159904	0.177073	0.034316	0.022261
1.509056	3.421760	0.150849	0.166219	0.033672	0.021433
1.479053	3.561146	0.146076	0.155867	0.033028	0.020621
1.438538	3.631692	0.141229	0.145695	0.032384	0.019825
1.389117	3.632836	0.132948	0.136382	0.031740	0.019044
1.332761	3.570210	0.128556	0.127520	0.031119	0.018306
1.27166	3.455137	0.120925	0.119370	0.030498	0.017583
1.208004	3.300762	0.116935	0.111623	0.028578	0.016874
1.143472	3.119816	0.113015	0.104264	0.027984	0.016180
1.079159	2.924442	0.106012	0.097219	0.027412	0.015525
1.015941	2.723490	0.102306	0.090541	0.026840	0.014884
0.954694	2.524921	0.098702	0.084274	0.026290	0.014280
0.894469	2.327150	0.092433	0.078456	0.025718	0.013666
0.826416	2.138906	0.089100	0.072900	0.025168	0.013087
0.75187	1.957481	0.086526	0.068749	0.023520	0.012544
0.693105	1.783827	0.085800	0.067600	0.022995	0.011990
0.638588	1.617984	0.082560	0.066564	0.022491	0.011470
0.581922	1.460231	0.081888	0.065485	0.021987	0.010962
0.544375	1.311483	0.081216	0.064414	0.021504	0.010486
0.509056	1.172023	0.078027	0.063353	0.021021	0.010020
0.475335	1.042849	0.077376	0.062300	0.020538	0.009565
0.4433	0.924867	0.076756	0.061306	0.020055	0.009120
0.411994	0.817216	0.076136	0.060319	0.019593	0.008705
0.38208	0.766850	0.073080	0.059341	0.018220	0.008299
0.353469	0.728633	0.072420	0.058274	0.017880	0.007992

Tabel 3.23 Hasil nilai respon spektrum untuk Gempa Kobe arah y *scaled*

(-lanjutan)

$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$	$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$	$\bar{A}_i \times A_i$	$A_i \times A_i$
ASNI	AGRM	ASNI	AGRM	ASNI	AGRM
$x$	$x$	$x$	$x$	$x$	$x$
GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN	GRDMTN
0.48952	0.712336	0.071760	0.057217	0.017740	0.007868
0.508896	0.797092	0.071100	0.056169	0.017820	0.007939
0.518504	0.857291	0.068121	0.055178	0.017860	0.007974
0.51986	0.893403	0.067483	0.054149	0.017880	0.007992
0.514188	0.906685	0.066845	0.053130	0.017900	0.008010
0.512028	0.899083	0.066149	0.052030	0.017880	0.007992
0.495868	0.875347	0.065482	0.050986	0.017860	0.007974
0.476112	0.838323	0.062524	0.049863	0.016929	0.007939
0.454155	0.792990	0.061824	0.048753	0.016872	0.007885
0.439773	0.743561	0.061152	0.047699	0.016796	0.007815
0.41635	0.693389	0.060452	0.046613	0.016720	0.007744
0.399056	0.663247	0.057618	0.045540	0.016644	0.007674
0.391706	0.639040	0.056916	0.044437	0.016530	0.007569
0.37344	0.605284	0.056214	0.043347	0.016416	0.007465
0.353158	0.564602	0.055485	0.042230	0.016302	0.007362
0.338823	0.519697	0.054756	0.041128	0.016169	0.007242
0.316066	0.472106	0.052000	0.040000	0.016036	0.007123
0.300978	0.428108	0.051298	0.038927	0.015048	0.006989
0.28926	0.413192	0.050596	0.037869	0.014904	0.006856
0.28386	0.397909	0.049868	0.036787	0.014760	0.006724
0.272008	0.382171	0.049166	0.035759	0.014616	0.006593
0.260193	0.366146	0.048438	0.034708		

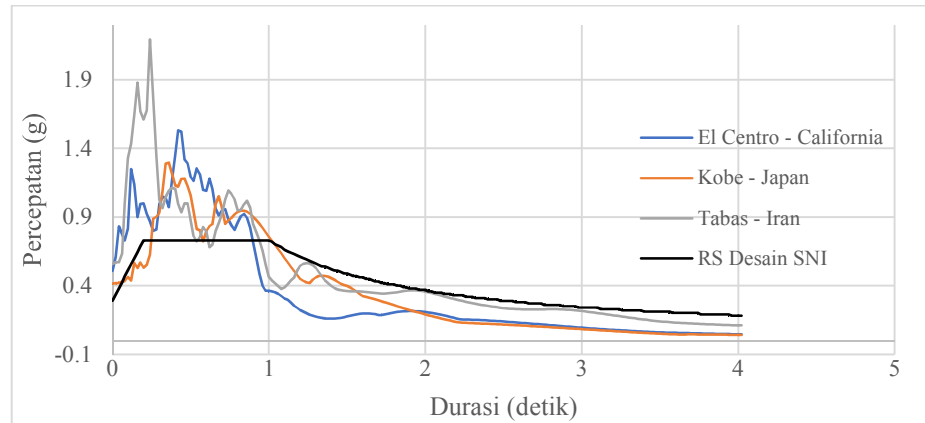
Gempa kobe arah y.

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{A} x A}{\sum_{i=1}^n A x A}$$

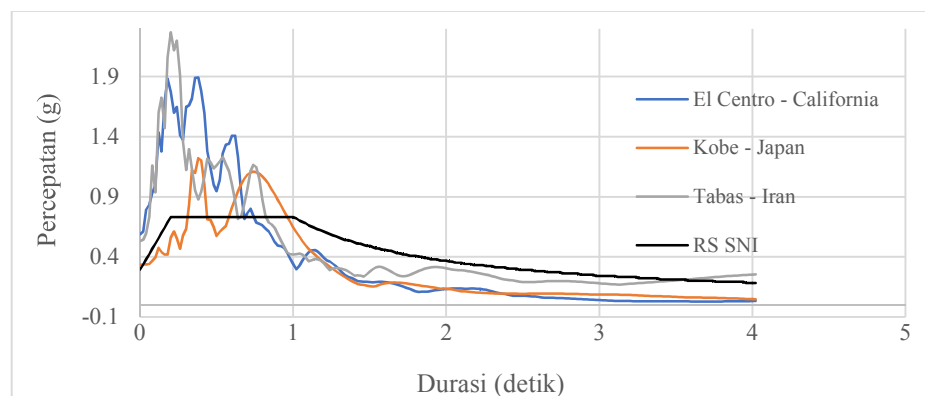
$$SF = \frac{47,587464}{90,11065062}$$

$$SF = 0,5281$$

- c) Pemilihan gempa berdasarkan respons spektrum, melalui gambar 3.24 untuk gempa arah x dan gambar 3.35 untuk gempa arah y, maka dipilih Gempa Kobe Japan karena memiliki respons spektrum yang mendekati spektrum respons desain dalam rentang periode dari  $0.2T-1,5T$  dan memiliki spektrum respon maksimum dari tiap periode-periode tertentu.

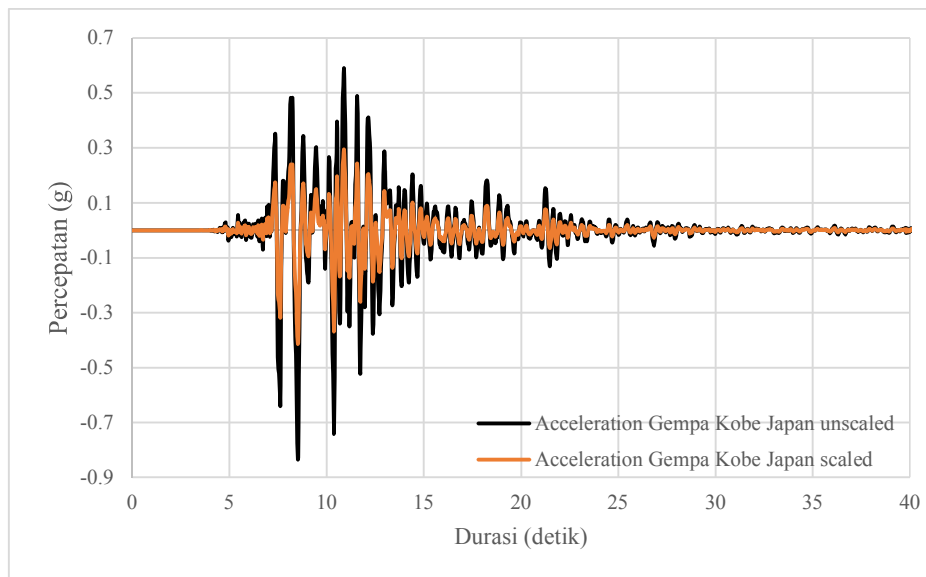


Gambar 3.34 Rekapitulasi grafik respon spektrum arah x *scaled*.

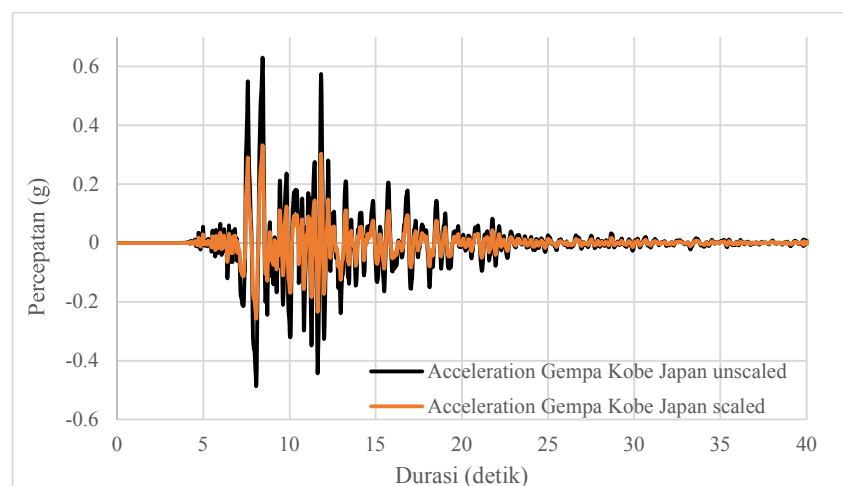


Gambar 3.35 Rekapitulasi grafik respon spektrum arah y *scaled*.

5. Gempa masukan, adalah gempa kobe



Gambar 3.36 *Acceleration* Gempa Kobe Japan arah x *unscaled* dan *scaled*.



Gambar 3.37 *Acceleration* Gempa Kobe Japan arah y *unscaled* dan *scaled*.

6. Penskalaan percepatan gempa (PGA), menggunakan persamaan 2.12  
 Nilai parameter  $F_{PGA}$ , menggunakan gambar 2.34 dengan letak lokasi surabaya didapat  $F_{PGA} = 0,5$  g.

Nilai parameter PGA, menggunakan tabel 2.15, dengan parameter  $F_{PGA} = 0,5$  g dan kelas situs SE (tanah lunak) didapat  $PGA = 1,2$ .

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA$$

$$PGA_M = 0,5 \times 1,2$$

$$PGA_M = 0,6 \text{ g} \rightarrow A_0$$

Nilai parameter R, berdasarkan (BSN, SNI 1726-2012 pada tabel 9), dengan sistem gaya penahan seismik dinding geser bertulang khusus dan parameter KDS didapat  $R = 7$

Nilai parameter KSD menggunakan tabel 2.20 dengan  $S_{DS} = 0,73$  dan  $D_{S1} = 0,73$  didapat kategori desain seismik = D

$$PGA_{M(\text{diskalakan})} = \frac{A_0 \times I_e}{R}$$

$$PGA_{M(\text{diskalakan})} = \frac{0,6 \times 1}{7}$$

$$PGA_{M(\text{diskalakan})} = 0,0857$$

Tabel 3.24 Hasil rekapitulasi skala percepatan gempa

Data akeselogram	A $PGA_{Mmax} (m/s^2)$	B $PGA_{MSkala}$	C $C=B/A$	D $D=C \times g$
Kobe- x	0.293431146	0.0857	0.29211	2.8656
Kobe -y	0.332521334	0.0857	0.25777	2.52873

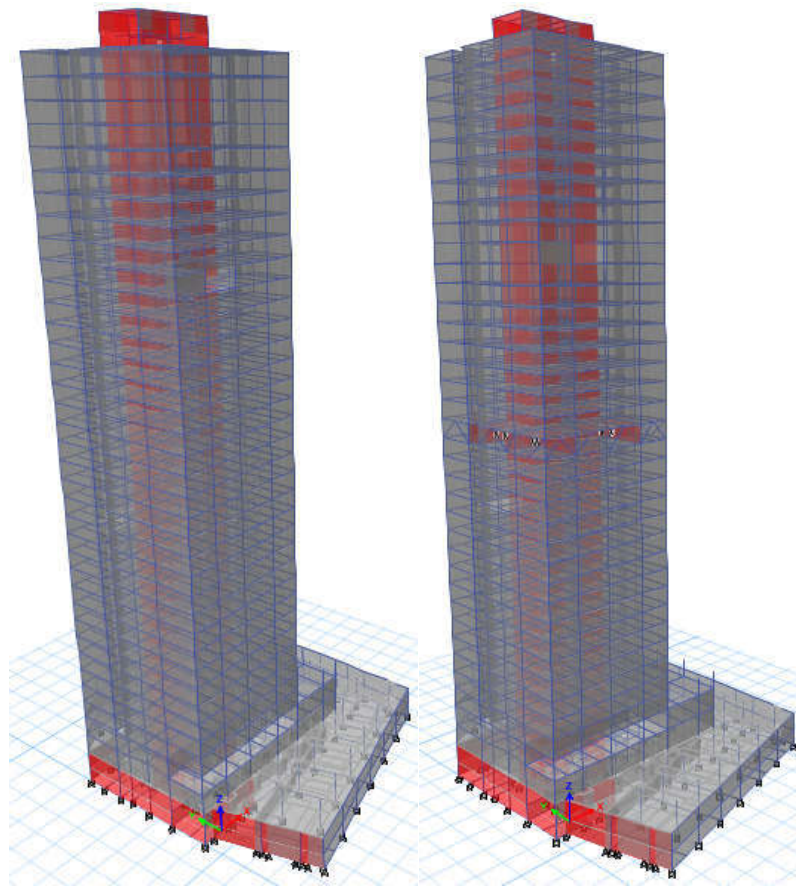
### 3.4.2. Pemodelan struktur

Pemodelan struktur dimodelkan sebagai struktur *open frame* dan *shell element*, yang terdiri balok, kolom, dan pelat lantai. Ketiganya dimodelkan secara utuh untuk mendapatkan analisis struktur dan kontrol struktur yang lebih akurat dengan kondisi aslinya. Model struktur dengan modifikasi penambahan sistem *outrigger* dan *belt-truss* menggunakan dua model pemodelan yaitu pemodelan eksisting apartemen dari gambar fortender pada gambar 3.38 kiri dan pemodelan apartemen dengan penambahan sistem *outrigger* dan *belt-truss* pada gambar 3.38 kiri.

Tabel 3.25 Kriteria profil penambahan sistem *outrigger* dan *belt-truss*

Jenis Sistem	Ukuran (mm)		Mutu
	Lebar	Tebal	
<i>Outrigger</i>		300	$F_c' = 35$
<i>Belt-truss</i>	318,5	9	BJ-55





Gambar 3.38 Pemodelan apartemen berlantai 33.