

## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Pendahuluan

Program RF 2018 merupakan program yang dibuat dengan bahasa MATLAB (*Matrix Laboratory*) dengan cara mengaplikasikan tahapan hitungan manual yang terdapat pada landasan teori. Perhitungan analisis dinamika meliputi perhitungan simpangan, kecepatan, percepatan, rotasi fondasi, simpangan rotasi, simpangan total, *drift ratio*, gaya horizontal tingkat, gaya geser tingkat dan momen guling (*overtuning moment*) yang semuanya merupakan respon struktur akibat beban dinamik berupa percepatan tanah.

### 5.2 Penentuan Kelas Situs

Data yang digunakan dalam menentukan kelas situs merupakan data dari pengujian SPT pada tanah di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Data pengujian SPT dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian SPT**

Kedalaman (m)	Tebal (m)	NSPT	$\check{N} = \text{tebal}/\text{NSPT}$
0	0	0	0,00
2	2	27	0,07
4	2	25	0,08
6	2	27	0,07
8	2	43	0,05
10	2	32	0,06
12	2	40	0,05
14	2	12	0,17
16	2	22	0,09
18	2	60	0,03
20	2	60	0,03
22	2	60	0,03
24	2	60	0,03
26	2	57	0,03

$$\begin{aligned}\Sigma \check{N} &= 0,00 + 0,07 + 0,08 + 0,07 + 0,05 + 0,06 + 0,05 + 0,17 + 0,09 + 0,03 \\ &\quad + 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,04 \\ &= 0,81\end{aligned}$$

$$\bar{N} = \frac{30}{\Sigma \check{N}} = 30/0,81 = 36,89$$

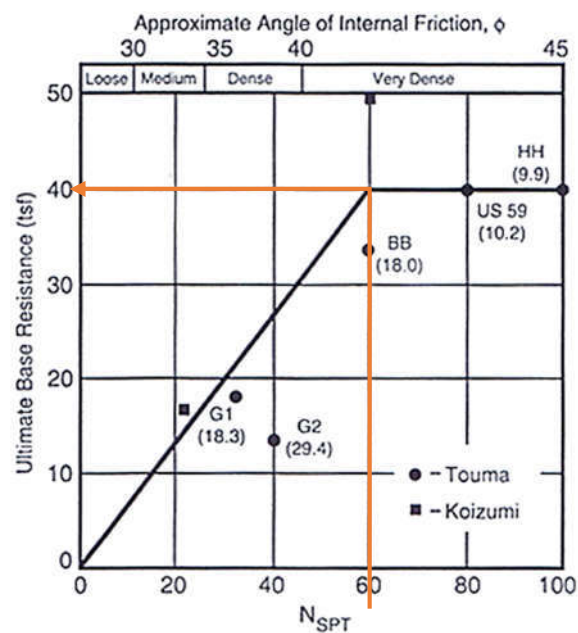
Karena  $15 < \bar{N} = 36,89 < 50$  maka termasuk tanah sedang

### 5.3 Perhitungan Daya Dukung Fondasi

Tiang fondasi ditanam sampai kedalaman 20 m. Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan metode Reese & Wright (1977). Adapun perhitungan daya dukung fondasi adalah sebagai berikut.

#### 1. Daya dukung ujung fondasi

Perhitungan tahanan ujung fondasi menggunakan Gambar 5.1.



**Gambar 5.1 Tahanan Ujung Ultimit pada Tanah Non-Kohesif**

(Sumber : Reese & Wright, 1977)

Dari Gambar 5.1 didapat sebuah Persamaan 5.1.

$$q_p = \frac{N_{SPT}}{60} 40 \quad (5.1)$$

Dengan menggunakan Persamaan 5.1 maka hasil perhitungan tahanan ujung fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Tahanan Ujung Fondasi**

Kedalaman	Tebal	NSPT	NSPT rata- rata	qp	
				t/sf	t/m <sup>2</sup>
0	0	0	0	0	0
2	2	27	13.5	9	96.88
4	2	25	26	17.33	186.57
6	2	27	26	17.33	186.57
8	2	43	35	23.33	251.16
10	2	32	37.5	25	269.10
12	2	40	36	24	258.33
14	2	12	26	17.33	186.57
16	2	22	17	11.33	121.99
18	2	18	20	13.33	143.52
20	2	60	39	26	279.86

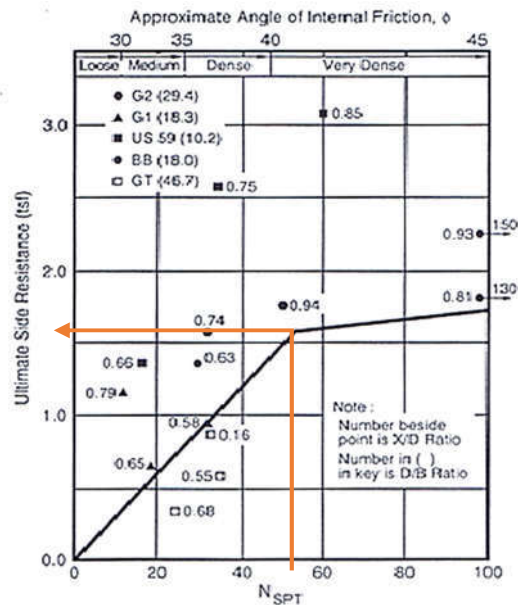
Diameter tiang yang digunakan 0,4 m, 0,8 m, 1 m dan 1,2 m. Menggunakan Persamaan 3.5 maka didapat nilai daya dukung ujung fondasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Daya Dukung Ujung Fondasi**

Uraian	Diameter Tiang (m)			
	0.4	0.8	1	1.2
Qp (ton)	35.16845	140.6738	219.8028	316.5161

## 2. Daya dukung selimut fondasi

Perhitungan tahanan selimut fondasi menggunakan Gambar 5.2.



**Gambar 5.2 Tahanan Selimut Ultimit pada Tanah Non-Kohesif**  
(Sumber : Wright, 1977)

Dari Gambar 5.2 didapat sebuah Persamaan 5.2.

$$f_s = \frac{NSPT}{53} \cdot 1.6 \quad (5.2)$$

Dengan menggunakan Persamaan 5.2 maka hasil perhitungan Tahanan selimut fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Tahanan Selimut Fondasi**

Kedalaman	Tebal	NSPT	NSPT rata-rata	fs	
				t/sf	t/m <sup>2</sup>
0	0	0	0	0	0
2	2	27	13.5	0.41	4.39
4	2	25	26	0.78	8.45
6	2	27	26	0.78	8.45
8	2	43	35	1.06	11.37
10	2	32	37.5	1.13	12.19
12	2	40	36	1.09	11.70
14	2	12	26	0.78	8.45
16	2	22	17	0.51	5.52
18	2	18	20	0.60	6.50
20	2	60	39	1.18	12.67

Diameter tiang yang digunakan 0,4 m, 0,8 m, 1 m dan 1,2 m. Menggunakan Persamaan 3.6 maka didapat nilai daya dukung ujung fondasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Daya Dukung Selimut Fondasi**

Uraian	Diameter Tiang (m)			
	0.4	0.8	1	1.2
Qst (ton)	225.4048	450.8096	563.512	676.2144

### 3. Daya dukung fondasi

Menggunakan Persamaan 3.4 maka didapatkan daya dukung fondasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6 Daya Dukung Fondasi**

Uraian	Diameter Tiang (m)			
	0.4	0.8	1	1.2
Qu (ton)	260.5732	591.4834	783.3148	992.7304

### 4. Daya dukung ijin fondasi

Menggunakan Persamaan 3.8 maka didapatkan daya dukung ijin fondasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7 Daya Dukung Ijin Fondasi**

Uraian	Diameter Tiang (m)			
	0.4	0.8	1	1.2
SF	3	3	3	3
Qall (ton)	86.85775	197.1611	261.1049	330.9101

## 5.4 Perhitungan Jumlah Tiang dan Dimensi *Pile Cap*

Dari perhitungan daya dukung fondasi digunakan tiang dengan diameter sebesar 0,4 m.

### 1. Jumlah Tiang

Dari hasil ETABS didapatkan Pd+Pl sebesar 189,56 ton. Jumlah tiang didapatkan dengan menggunakan Persamaan 3.9.

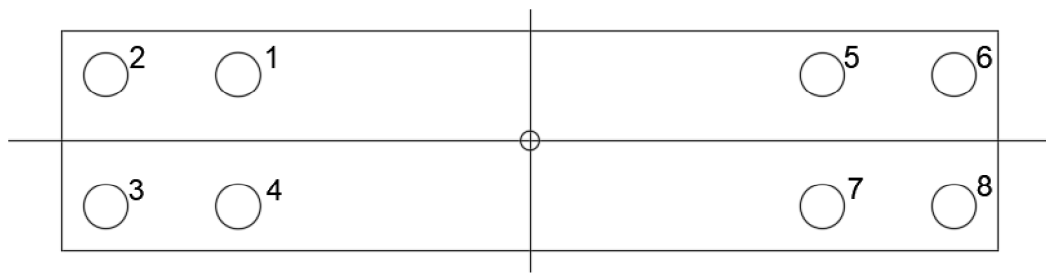
$$n = 189.56/86.86 = 2.18 \approx 4 \text{ buah}$$

## 2. Jarak Antar Tiang

$$s = 3d = 3 \times 0,4 = 1,2 \text{ m}$$

## 3. Dimensi *Pile Cap*

*Pile cap* yang digunakan menghubungkan antara ke 2 kolom dikarenakan peninjauan menggunakan *lumped mass*, sehingga rotasi yang terjadi berada di tengah *pile cap*. Gambar *pile cap* dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3 *Pile cap***

$$\text{Panjang } \textit{pile cap} = (2 \times 1d) + (2 \times 3d) + 5,3 = (2 \times 0,4) + (6 \times 0,4) + 5,3 = 8,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar } \textit{pile cap} = 1d + 3d + 1d = (1 \times 0,4) + (3 \times 0,4) + (1 \times 0,4) = 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi } \textit{pile cap} = 2d = 2 \times 0,4 = 0,8 \text{ m}$$

## 5.5 Perhitungan Pengaruh Muka Air Terhadap Fleksibilitas Fondasi

Muka air pada hasil pengujian SPT didapatkan pada kedalaman 0,8 m. Untuk mengetahui pengaruh muka air terhadap nilai modulus geser maka diasumsikan setiap penurunan 1 m terdapat muka air. Data tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

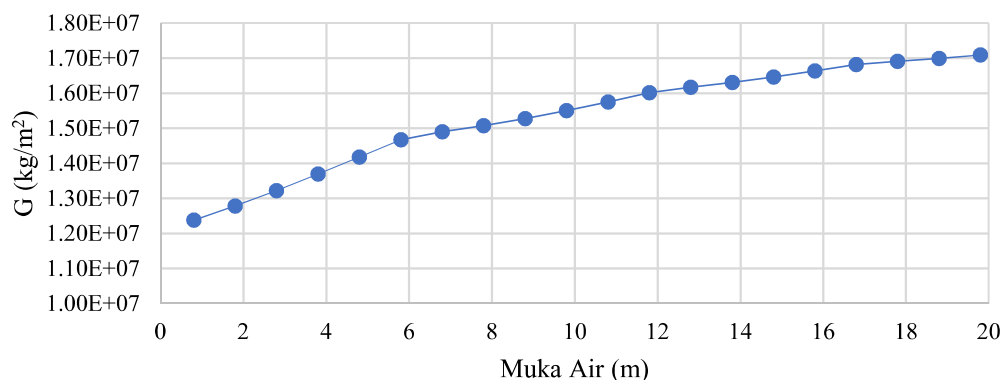
**Tabel 5.8 Data Tanah**

Lap. Tanah	Kedalaman	Deskripsi Tanah	$\gamma_{\text{sat}}$	$\gamma_w$	e	PI	OCR	Koheksi	$\theta$
	m		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>					
1	6	Pasir	1828	1800	0.4	5	1	300	33
2	12	Lanau	1957	1800	0.6	20	1	360	26
3	17	Lanau	1820	1800	0.6	21	1	220	26
4	20	Lempung	1960	1800	0.6	25	1	370	20
5	24	Pasir	1895	1800	0.4	5	1	200	40
6	26	Pasir	1895	1800	0.4	3	1	200	34

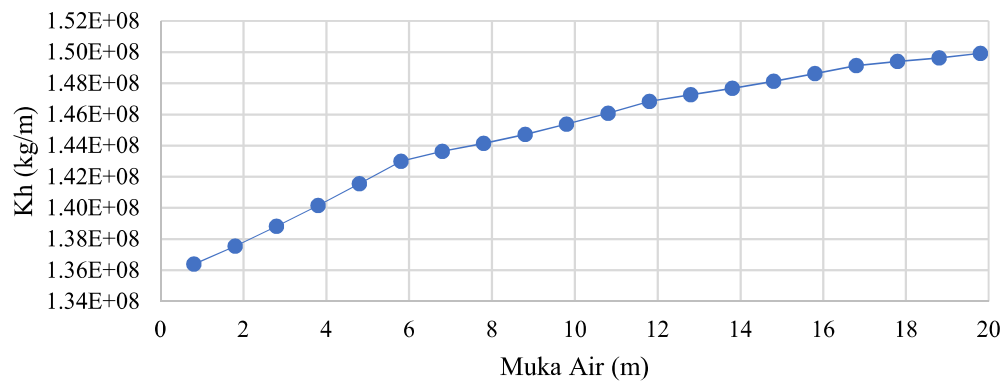
Menggunakan Persamaan 3.11 sampai 3.36 maka didapatkan  $G$ ,  $K_h$ ,  $K_r$ ,  $C_h$ , dan  $C_r$  yang dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.4 sampai 5.8.

**Tabel 5.9 Pengaruh Muka Air Terhadap Fleksibilitas Fondasi**

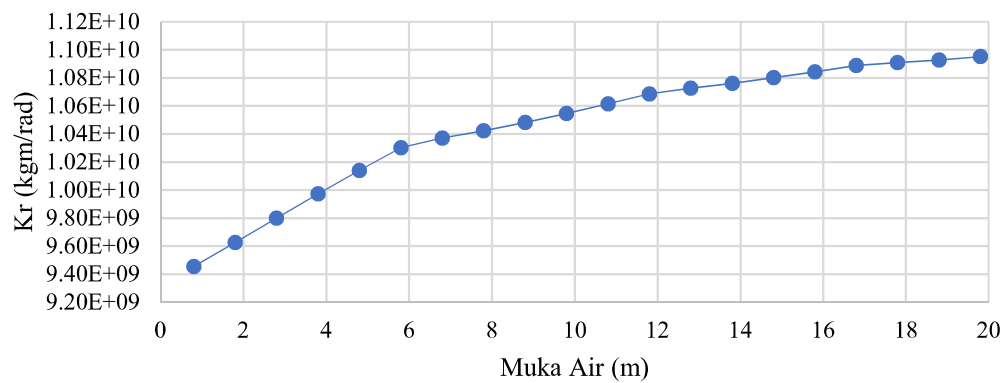
Muka Air (m)	$G$ (kg/m <sup>2</sup> )	$K_h$ (kg/m)	$K_r$ (kgm/rad)	$C_h$ (kgdt/m)	$C_r$ (kgmdt/rad)
0.8	12376373	136385430.7	9455044295	1014026.739	11882995.9
1.8	12778829	87092238.27	274083592.8	499626.5314	372867.7836
2.8	13222317	88365048.09	277943162.9	505115.4012	370326.6758
3.8	13690694	89709288.23	281821230.7	510867.4277	367834.747
4.8	14176798	91104408.99	285652098.9	516788.0094	365439.0814
5.8	14676747	92539261.66	289406380.5	522824.8085	363160.2726
6.8	14898213	93174869.31	291014141.7	543707.3046	374768.9845
7.8	15075555	93683841.19	292278558.2	545901.139	374003.0226
8.8	15279142	94268133.87	293705843	548411.1479	373149.3496
9.8	15505655	94918226.92	295264594.4	551193.1964	372230.6499
10.8	15752539	95626783.99	296929924.9	554212.7393	371265.2493
11.8	16017771	96388000.84	298681771.1	557442.002	370268.1599
12.8	16170771	96827109.55	299675498.2	539365.8958	356535.5702
13.8	16309659	97225719.9	300567278.6	540986.4101	356058.7592
14.8	16465411	97672728.38	301555997.7	542798.9549	355535.968
15.8	16636681	98164271.08	302629769.1	544786.3309	354975.2739
16.8	16822325	98697069.97	303778236.3	546933.7423	354383.8457
17.8	16911311	98952460.33	303778236.3	568645.578	367473.4055
18.8	16992019	99184093.04	304323199.2	569610.6186	367215.4713
19.8	17091564	99469784.98	304814427.1	570799	366901.6773



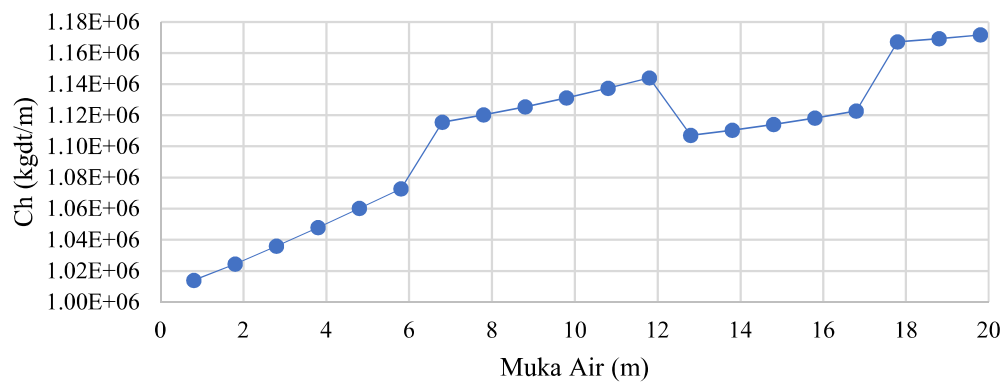
**Gambar 5.4 Modulus Geser Tanah**



**Gambar 5.5 Kekakuan Horizontal**

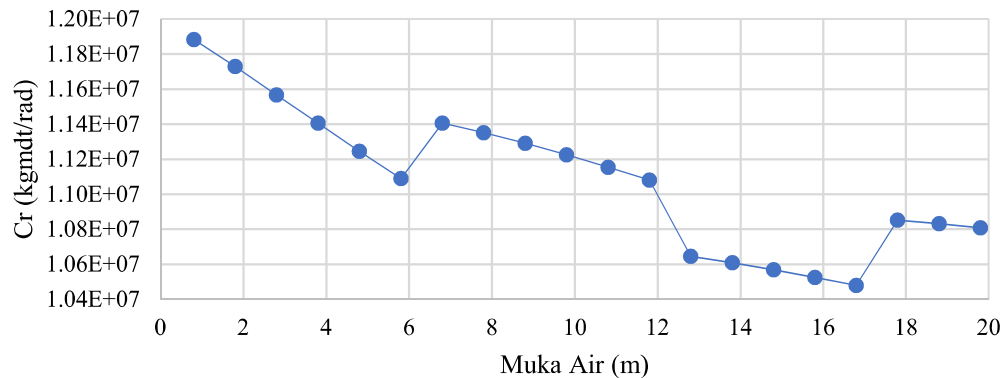


**Gambar 5.6 Kekakuan Rotasi**



**Gambar 5.7 Redaman Horizontal**





**Gambar 5.8 Redaman Rotasi**

### 5.6 Perhitungan Massa dan Kekakuan

Dengan menggunakan  $E_{baja} = 20.400.000.000 \text{ kg/m}^2$ . Perhitungan massa struktur menggunakan Persamaan 3.59. Perhitungan kekakuan struktur menggunakan Persamaan 3.60 dan Perhitungan kekakuan bracing menggunakan Persamaan 3.65. Hasil perhitungan massa dan kekakuan dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10 Massa dan Kekakuan Struktur**

Lantai	Massa		Kekakuan	
	Open Frame	Bracing X	Open Frame	Bracing X
	kgdt <sup>2</sup> /m	kgdt <sup>2</sup> /m	kg/m	kg/m
1	2743.92	2791.73	21022355.31	29128191.33
2	2743.92	2791.73	21022355.31	29128191.33
3	2743.92	2791.73	21022355.31	29128191.33
4	2743.92	2791.73	21022355.31	29128191.33
5	2743.92	2791.73	21022355.31	29128191.33
6	2676.79	2717.77	16732867.37	23654409.17
7	2676.79	2717.77	16732867.37	23654409.17
8	2676.79	2717.77	16732867.37	23654409.17
9	2676.79	2717.77	16732867.37	23654409.17
10	2676.79	2717.77	16732867.37	23654409.17
11	2536.39	2570.54	10279313.44	16121831.61
12	2536.39	2570.54	10279313.44	16121831.61
13	2536.39	2570.54	10279313.44	16121831.61
14	2536.39	2570.54	10279313.44	16121831.61
15	2536.39	2570.54	10279313.44	16121831.61

### 5.7 Perhitungan *Mode Shapes* Berdasarkan Kondisi Jepit

Dengan menyusun matriks massa dan kekakuan sesuai Persamaan 3.103 kemudian di cangkokkan kedalam Persamaan 3.99 maka didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 5.11 dan 5.14. Grafik disajikan pada Gambar 5.9 sampai 5.11.

**Tabel 5.11 Kecepatan Sudut dan Periode Getar Struktur Open Frame**

Mode	$\lambda$	$f(\lambda)$	$\omega$ (rad/dt)	T (dt)
1	0.07158131	0.0000	8.46	0.74
2	0.5000598	0.0000	22.36	0.28
3	1.3946115	0.0000	37.34	0.17
4	2.71011	0.0000	52.06	0.12
5	4.3157727	0.0000	65.69	0.10
6	6.3276595	0.0000	79.55	0.08
7	8.1047589	0.0000	90.03	0.07
8	10.6420251	0.0000	103.16	0.06
9	12.4130224	0.0000	111.41	0.06
10	14.6913534	0.0000	121.21	0.05
11	15.7795256	0.0000	125.62	0.05
12	19.0316157	0.0000	137.96	0.05
13	22.52897226	0.0000	150.10	0.04
14	24.39934786	-0.0001	156.20	0.04
15	28.71526641	0.0021	169.46	0.04

**Tabel 5.12 Kecepatan Sudut dan Periode Getar Struktur dengan Bracing X**

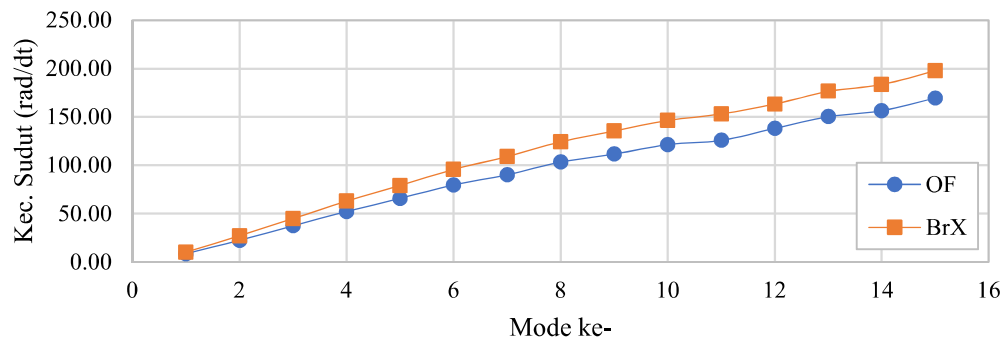
Mode	$\lambda$	$f(\lambda)$	$\omega$ (rad/dt)	T (dt)
1	0.10003	-0.0001	10.00	0.63
2	0.72997	0.0001	27.02	0.23
3	2.0014	0.0008	44.74	0.14
4	3.95035	-0.0001	62.85	0.10
5	6.2262	-0.0004	78.91	0.08
6	9.1298	0.0005	95.55	0.07
7	11.84437	-0.0001	108.83	0.06
8	15.3937	0.0009	124.07	0.05
9	18.307	-0.0002	135.30	0.05
10	21.35242	0.0002	146.12	0.04
11	23.39022	0.0001	152.94	0.04
12	26.62899	-0.0001	163.18	0.04
13	31.17332	-0.0002	176.56	0.04
14	33.69994	-0.0004	183.58	0.03
15	39.15934	0.0005	197.89	0.03

**Tabel 5.13 Koordinat Mode Shapes Struktur Open Frame**

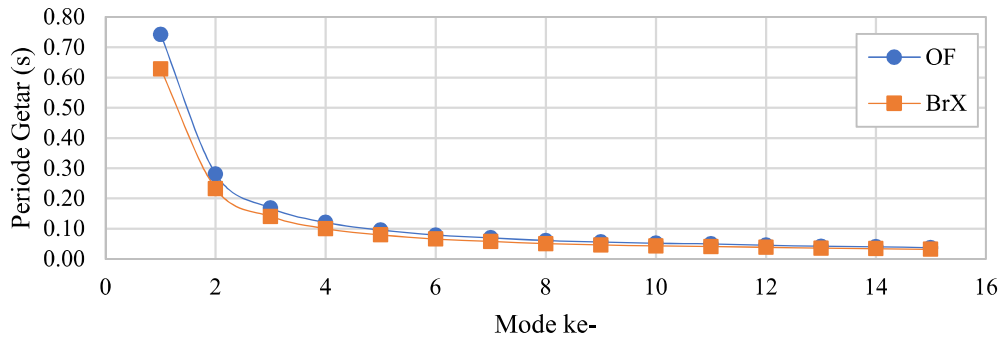
Massa	Mode ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Nilai $\lambda$														
	0.0715813	0.5000598	1.3946115	2.71011	4.31577	6.32766	8.10476	10.642	12.413	14.6914	15.7795	19.0316	22.529	24.3993	28.7153
Koordinat Mode Shape															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1.990656937	1.934730307	1.817970043	1.64626621	1.436689	1.17409	0.942136	0.610963	0.379805	0.082429	-0.0596	-0.48408	-0.94057	-1.18469	-1.74802
3	2.962715042	2.743181362	2.305015077	1.71019244	1.064075	0.378487	-0.11238	-0.62672	-0.85575	-0.99321	-0.99645	-0.76567	-0.11533	0.403502	2.055591
4	3.907092314	3.372585813	2.372478315	1.16916583	0.092056	-0.72971	-1.04801	-0.99387	-0.70482	-0.1643	0.118995	0.854722	1.049046	0.706668	-1.8452
5	4.814965377	3.781862624	2.008079427	0.21456575	-0.93182	-1.23523	-0.87499	0.019508	0.588052	0.979662	0.989355	0.351916	-0.87136	-1.24069	1.169864
6	5.89953777	3.98593901	1.091031742	-1.08010303	-1.5587	-0.58863	0.50529	1.25862	1.015358	0.056732	-0.47721	-1.37807	-0.06492	1.27686	-0.55085
7	6.915592075	3.871157918	-0.06942383	-1.90650204	-1.10945	0.653816	1.230446	0.355024	-0.57357	-0.99953	-0.73916	1.087514	0.975498	-1.18945	0.258853
8	7.852939884	3.446701328	-1.21439103	-1.90635281	0.105766	1.234436	0.360286	-1.15297	-1.02354	0.293309	0.864737	0.242134	-1.49978	0.986913	-0.12052
9	8.700363629	2.746523888	-2.08842903	-1.07972003	1.247964	0.565501	-0.977	-0.69812	0.55897	0.896812	0.285797	-1.34043	1.43016	-0.68886	0.053726
10	9.448159454	1.826636693	-2.496541	0.21501646	1.528564	-0.67586	-1.04757	0.945233	1.031512	-0.60738	-1.01458	1.157979	-0.7942	0.324129	-0.01883
11	10.4893208	0.091364703	-2.25421831	2.17087076	0.267452	-1.58292	1.048472	1.000844	-1.53355	-0.73228	1.037621	-0.51394	0.244259	-0.08634	0.003858
12	11.34521453	-1.655180634	-1.23618146	2.67503671	-1.27847	-0.01851	1.04775	-1.57165	0.598473	1.797366	-0.95022	0.227596	-0.07511	0.022996	-0.00079
13	12.00072342	-3.197495828	0.207246066	1.39037225	-1.46294	1.574799	-1.04829	-0.01716	0.897449	-2.18854	0.761671	-0.09966	0.023042	-0.00612	0.000159
14	12.44426955	-4.345277025	1.579356762	-0.82405147	-0.08952	0.709324	-1.04793	1.582393	-1.55235	1.759122	-0.49205	0.04109	-0.00609	0.001599	-1.9E-05
15	12.66801878	-4.956901302	2.407984426	-2.48742169	1.379234	-1.26364	1.048111	-0.97325	0.752518	-0.67013	0.17005	-0.01112	0.00151	-0.00029	-0.00011

**Tabel 5.14 Koordinat Mode Shapes Struktur dengan Bracing X**

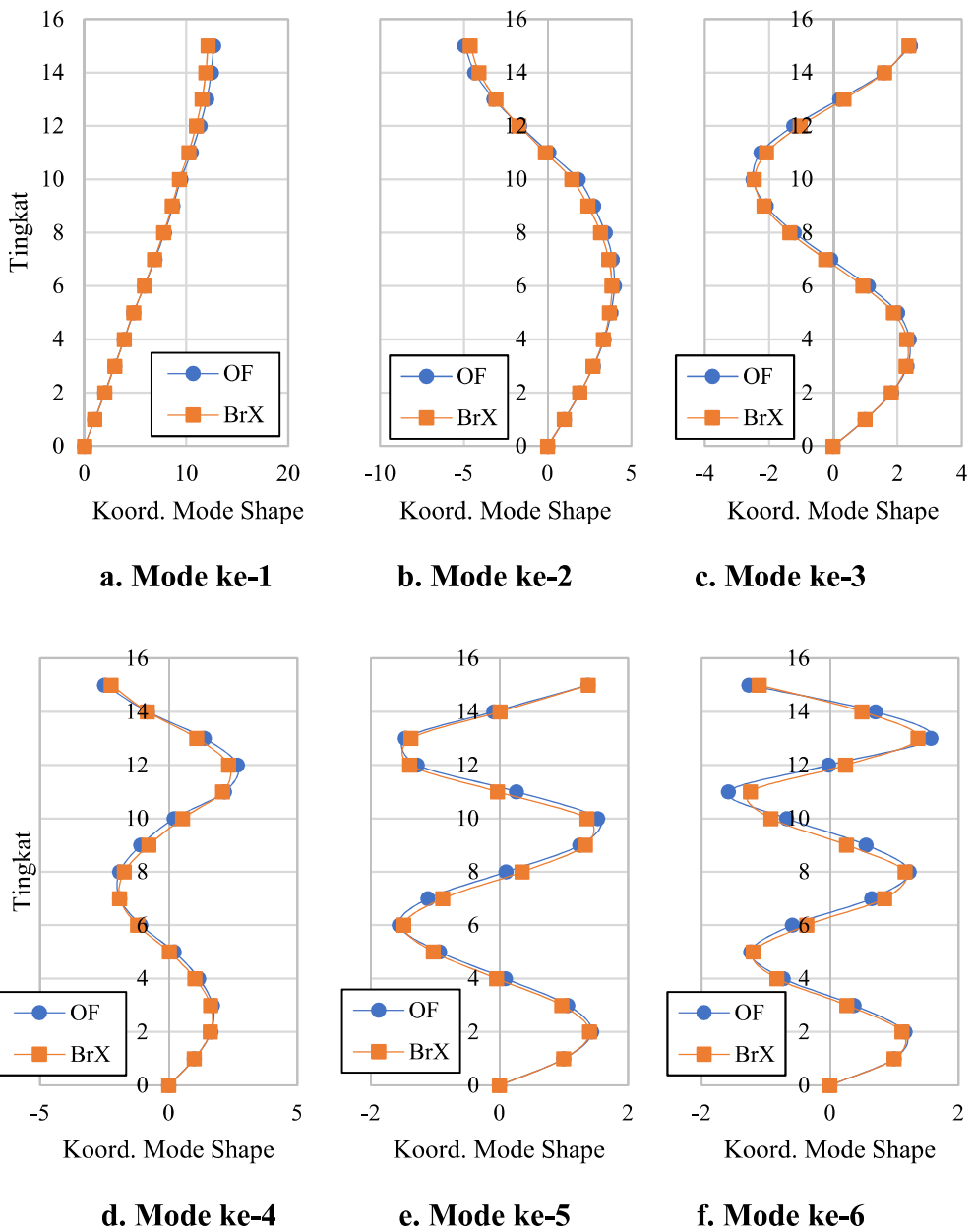
Massa	Mode ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Nilai $\lambda$														
	0.10003	0.72997	2.0014	3.95035	6.2262	9.1298	11.8444	15.3937	18.307	21.3524	23.3902	26.629	31.1733	33.6999	39.1593
Koordinat Mode Shape															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1.99041284	1.930037597	1.808180126	1.62138721	1.403263	1.124974	0.864802	0.524624	0.245405	-0.04648	-0.24179	-0.5522	-0.98774	-1.2299	-1.75314
3	2.961743274	2.725045125	2.269515367	1.62889648	0.969148	0.265566	-0.25212	-0.72477	-0.93978	-0.99784	-0.94154	-0.69508	-0.02437	0.51265	2.07351
4	3.904679001	3.329401949	2.295512457	1.01968471	-0.04329	-0.82622	-1.08283	-0.90486	-0.47603	0.092853	0.469436	0.936018	1.011811	0.599391	-1.88202
5	4.810179945	3.70082581	1.881184636	0.02440727	-1.0299	-1.19504	-0.68432	0.250061	0.822956	0.993524	0.828037	0.178211	-0.97504	-1.24984	1.225933
6	5.868432128	3.83936543	0.926627413	-1.21256308	-1.48802	-0.36154	0.763018	1.217925	0.644442	-0.40111	-1.01622	-1.31504	0.165626	1.444015	-0.61274
7	6.859238768	3.655898013	-0.24100846	-1.89918109	-0.88167	0.851205	1.171995	0.031696	-0.88958	-0.81171	-0.12947	1.215118	0.713074	-1.45329	0.305445
8	7.771212583	3.165810948	-1.35322426	-1.72380786	0.355391	1.171063	-0.01395	-1.21059	-0.55248	0.769044	1.105217	0.027576	-1.29346	1.276471	-0.15063
9	8.593872312	2.410207766	-2.15426516	-0.76604095	1.338217	0.262513	-1.18091	-0.31176	0.946695	0.463112	-0.63027	-1.24434	1.332742	-0.93621	0.071003
10	9.317763176	1.4524608	-2.4599312	0.53941296	1.363738	-0.9214	-0.74082	1.13847	0.454605	-0.97897	-0.67196	1.290842	-0.81448	0.476061	-0.02682
11	10.22275312	-0.131507109	-2.07845632	2.09559609	-0.03019	-1.24037	1.384078	0.311925	-1.67038	0.428993	1.916447	-0.78411	0.315229	-0.15634	0.006717
12	10.96469754	-1.700168902	-1.03371878	2.33184008	-1.39415	0.246271	0.895112	-1.28022	1.080404	0.37643	-2.64245	0.470159	-0.12189	0.051328	-0.00168
13	11.53176294	-3.070947992	0.340891982	1.0993435	-1.37408	1.374416	-1.2843	0.26987	0.677532	-0.9577	2.65354	-0.2718	0.046833	-0.0168	0.000418
14	11.91490506	-4.084299365	1.606719642	-0.82558925	0.010081	0.501823	-1.03828	1.157582	-1.70303	0.968696	-1.94672	0.140264	-0.01723	0.005345	-9.1E-05
15	12.10801305	-4.622279029	2.359821997	-2.23051359	1.384239	-1.10127	1.168553	-0.79593	0.88748	-0.40287	0.713226	-0.04321	0.004331	-0.00123	-4E-05

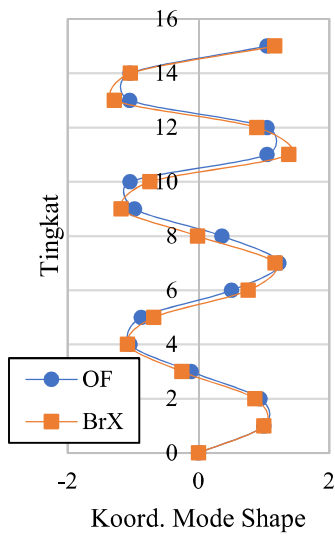


**Gambar 5.9 Kecepatan Sudut**

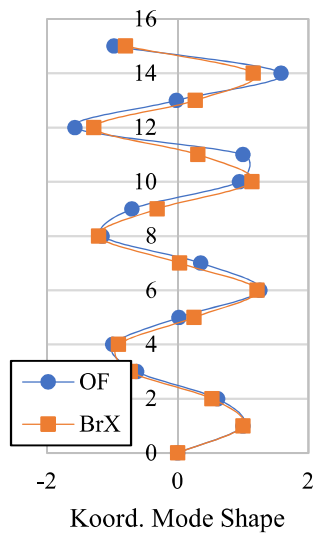


**Gambar 5.10 Periode Getar**

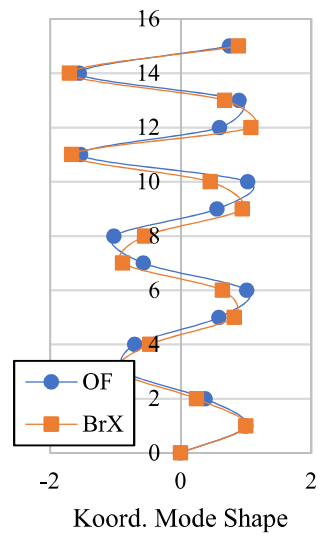




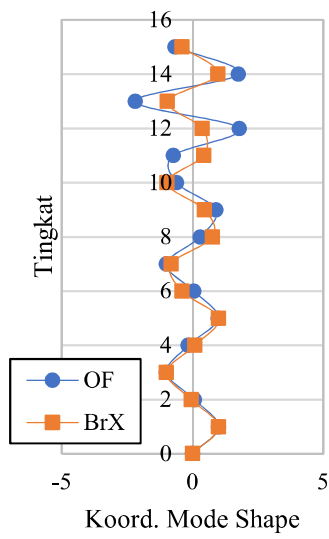
g. Mode ke-7



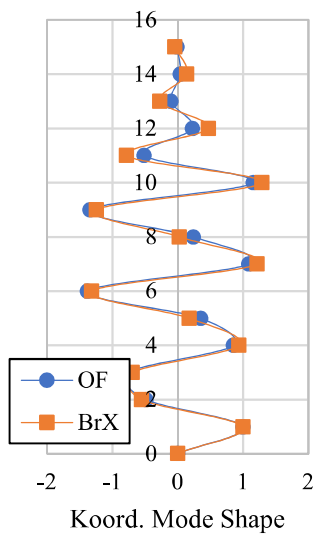
h. Mode ke-8



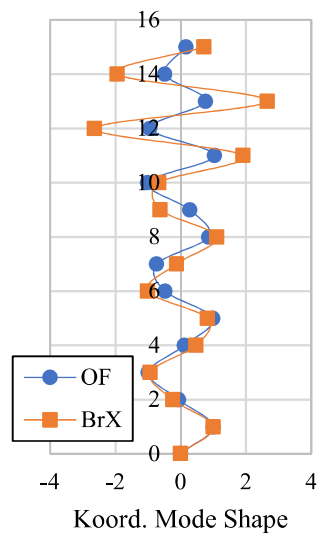
i. Mode ke-9



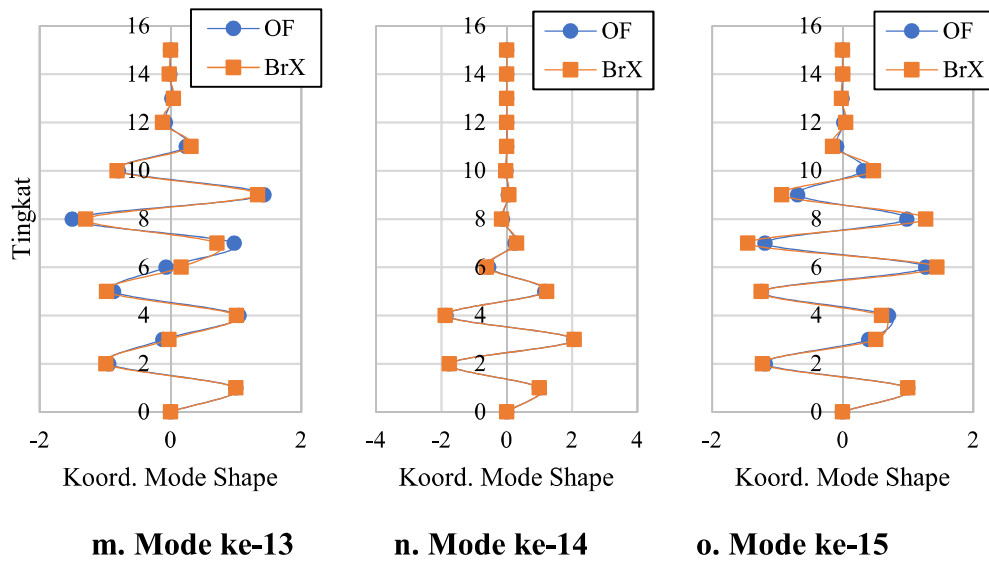
j. Mode ke-10



k. Mode ke-11



l. Mode ke-12



**Gambar 5.11 Mode Shapes**

### 5.8 Analisis Respon Struktur dengan Memperhitungkan Fleksibilitas Fondasi

Analisis respon struktur meliputi simpangan relatif, rotasi fondasi, simpangan rotasi, simpangan total, *drift ratio*, gaya horizontal, gaya geser dan momen guling (*overtuning moment*). Nilai kekakuan horizontal ( $k_h$ ), kekakuan rotasi ( $k_r$ ), redaman horizontal ( $c_h$ ) dan redaman rotasi ( $c_r$ ) antara fondasi dengan tanah diambil pada kondisi muka air di kedalaman -0,8 m. Dengan anggapan fondasi berupa jepit digunakan sebagai pembanding untuk mempertajam analisis dan pengambilan kesimpulan. Adapun nilai  $k_h$ ,  $k_r$ ,  $c_h$  dan  $c_r$  adalah sebagai berikut.

#### 1. Kombinasi 1 (Fleksibel)

$$k_h = 136385430.7 \text{ kg/m}, k_r = 9455044295 \text{ kgm/rad}$$

$$c_h = 1014026.739 \text{ kgdt/m}, c_r = 11882995.9 \text{ kgmdt/rad}$$

#### 2. Kombinasi 2 (Jepit)

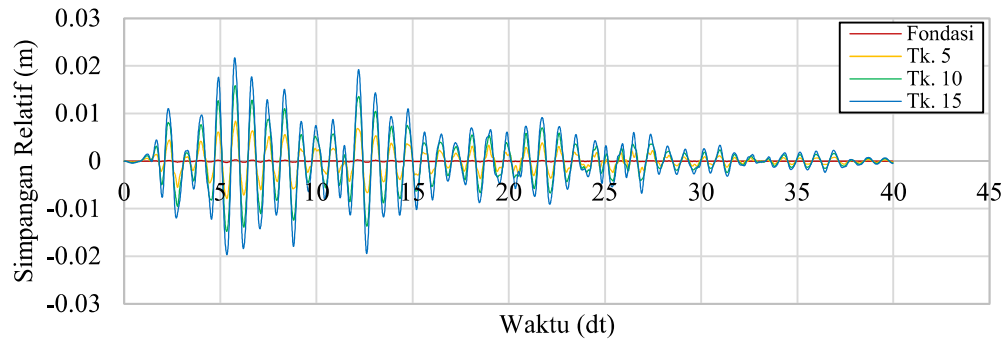
Ada 2 cara untuk mengasumsikan fondasi jepit, yang pertama dengan menganggap semua dapat  $k_h$ ,  $k_r$ ,  $c_h$  dan  $c_r$  bernilai 0 dan yang kedua memperbesar nilai  $k_h$  dan  $k_r$ . Jika memilih pilihan pertama kita harus membuat matrik baru sedangkan pilihan kedua tidak. Sehingga untuk mempermudah analisis diambil pilihan yang kedua, sehingga nilai  $k_h$ ,  $k_r$ ,  $c_h$  dan  $c_r$  bernilai,

$$k_h = 1.36\text{E}+25 \text{ kg/m}, k_r = 9.46\text{E}+25 \text{ kgm/rad}$$

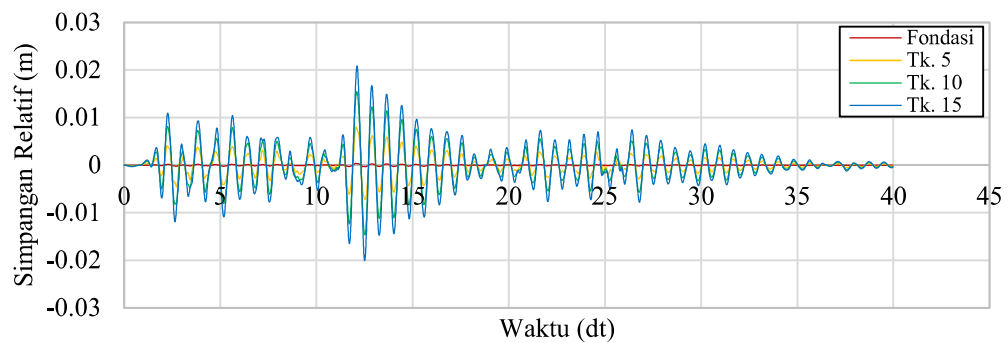
$$c_h = 1014026.739 \text{ kgdt/m}, c_r = 11882995.9 \text{ kgmdt/rad}$$

### 5.8.1 Perhitungan Simpangan Relatif

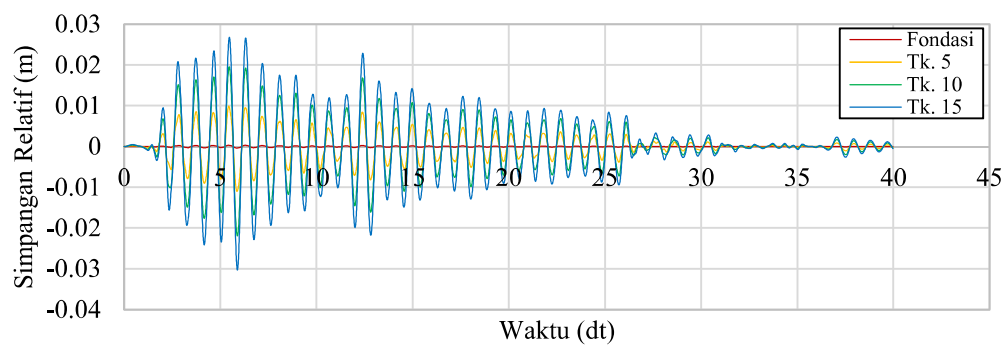
Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.12 sampai 5.28.



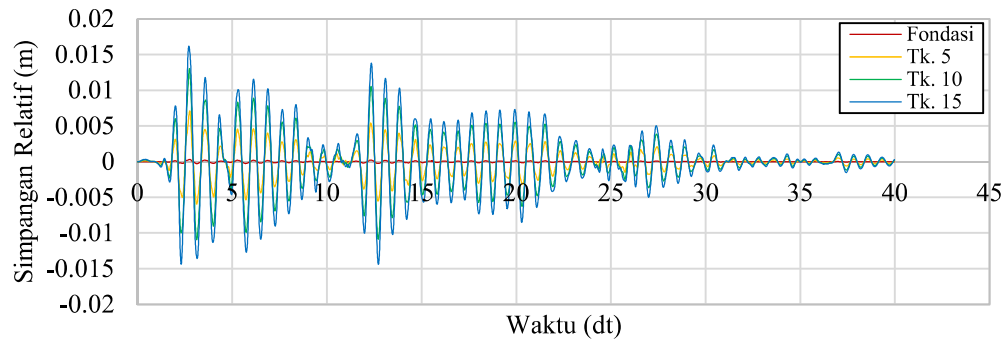
**Gambar 5.12 Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



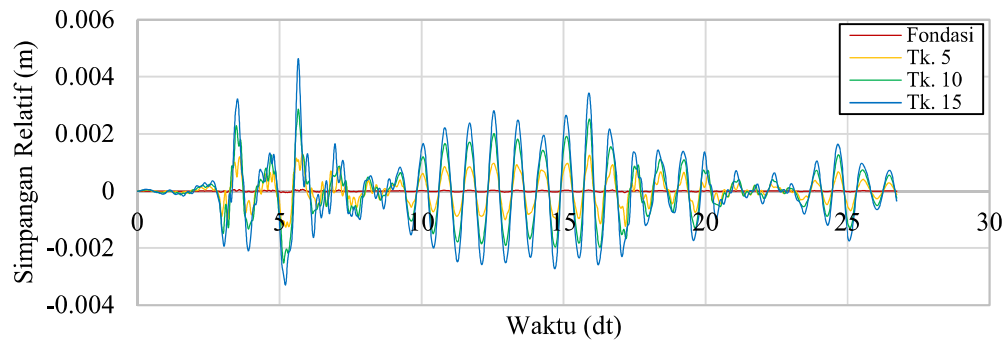
**Gambar 5.13 Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



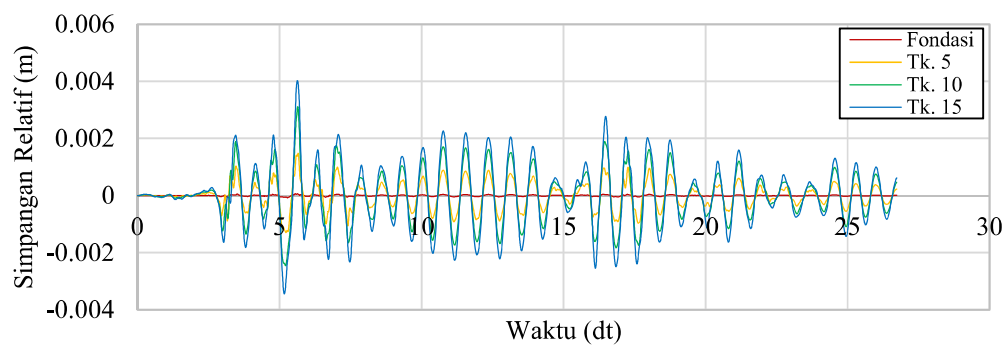
**Gambar 5.14 Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



**Gambar 5.15 Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**

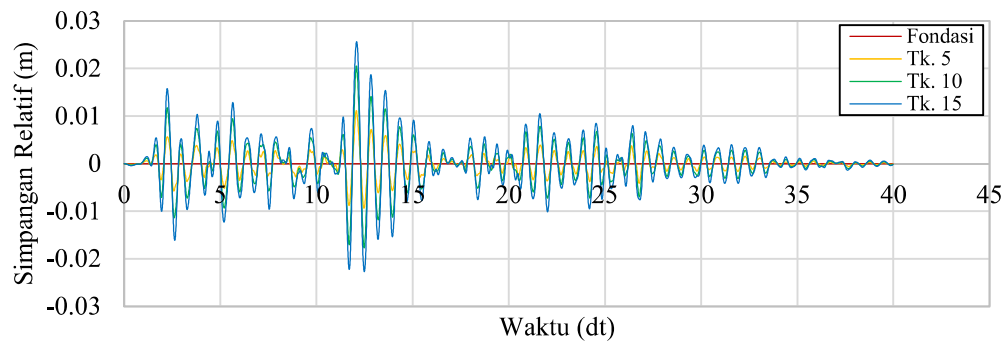


**Gambar 5.16 Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

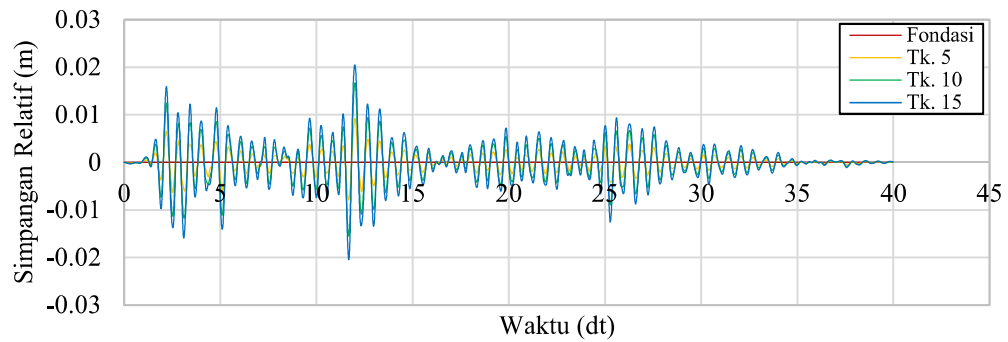


**Gambar 5.17 Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

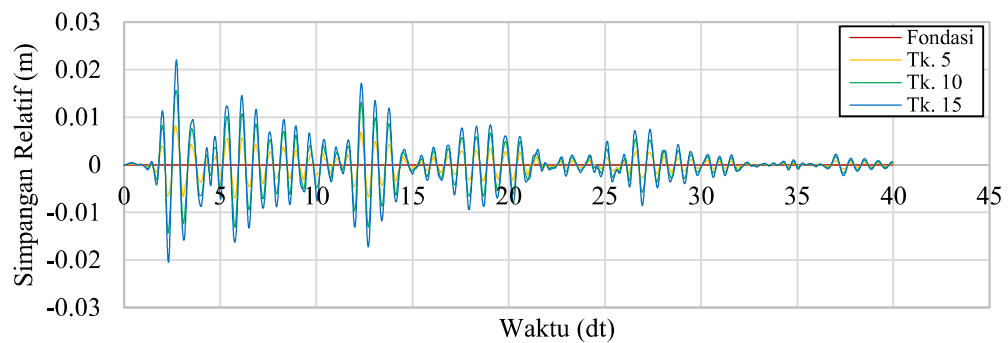




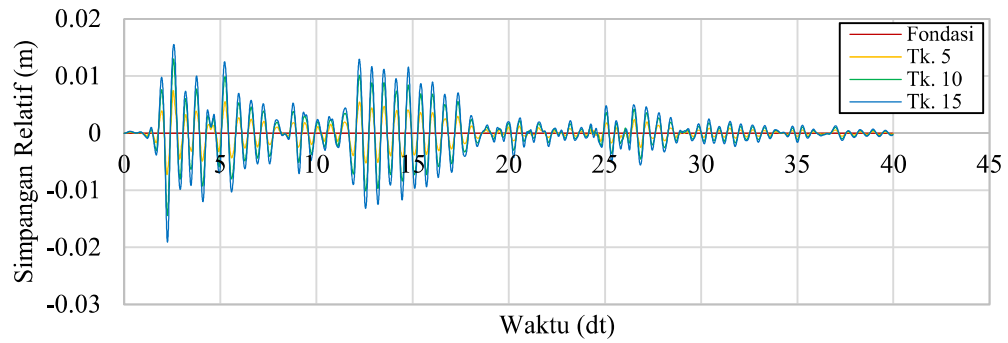
**Gambar 5.18 Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



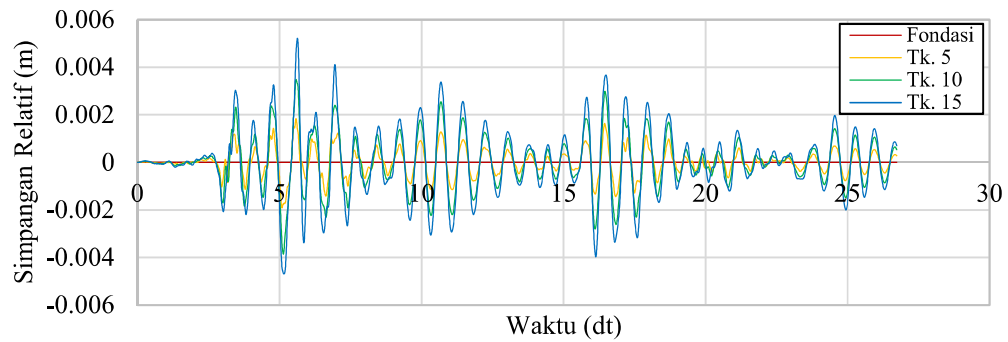
**Gambar 5.19 Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



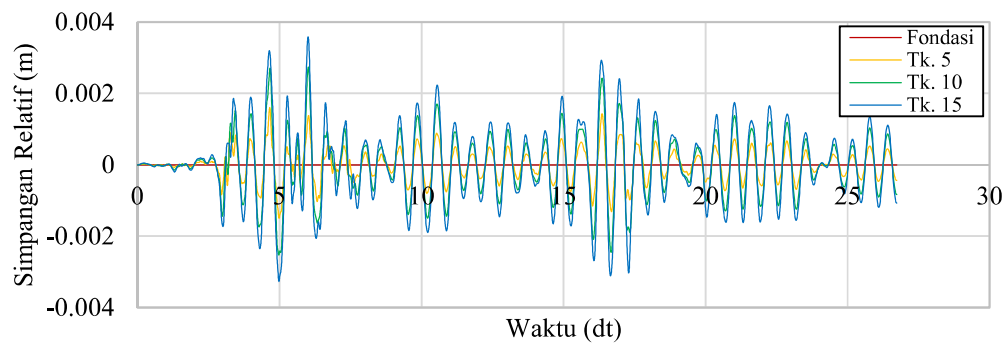
**Gambar 5.20 Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.21 Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



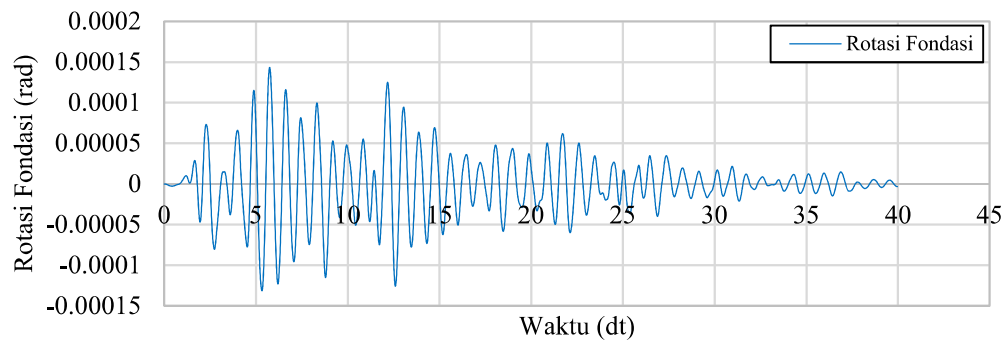
**Gambar 5.22 Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



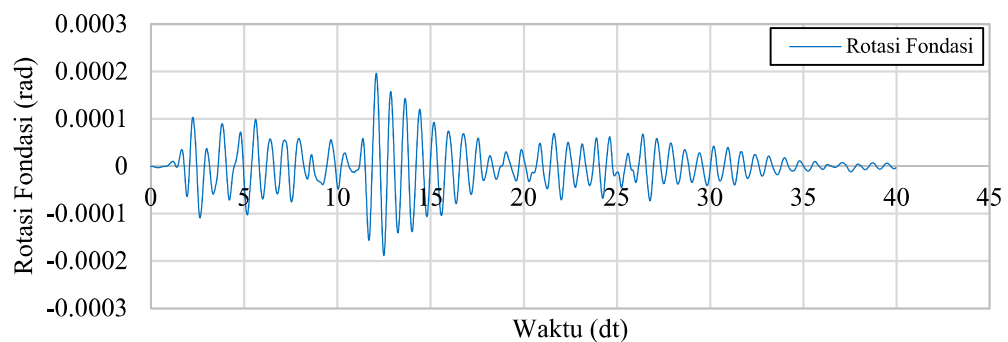
**Gambar 5.23 Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

### 5.8.2 Perhitungan Rotasi Fondasi

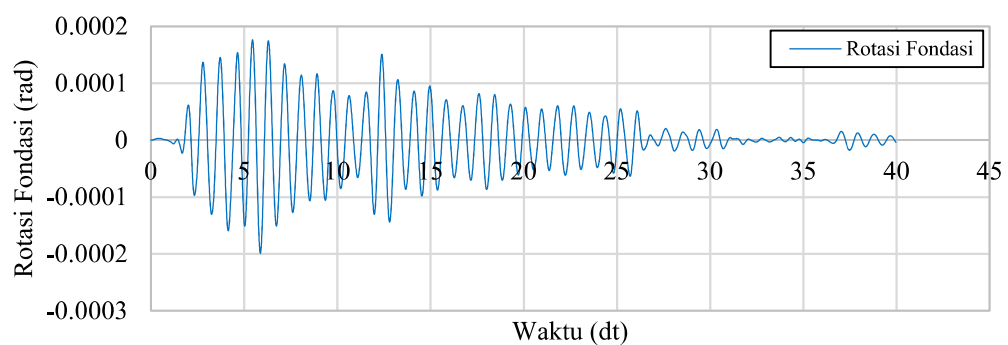
Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.24 sampai 5.35.



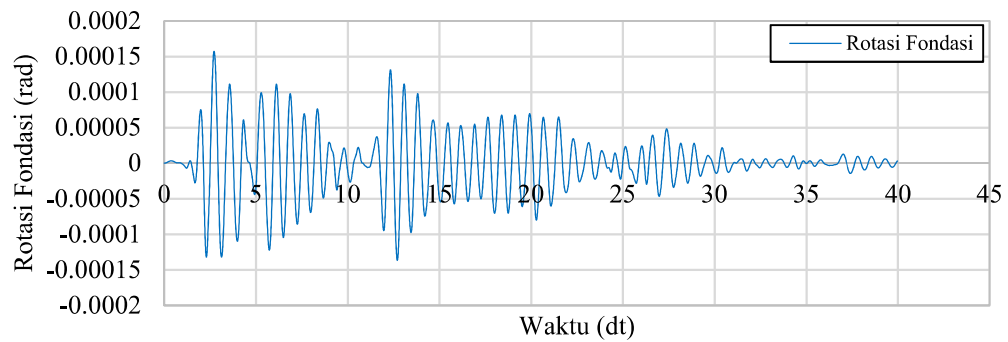
**Gambar 5.24 Rotasi Fondasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



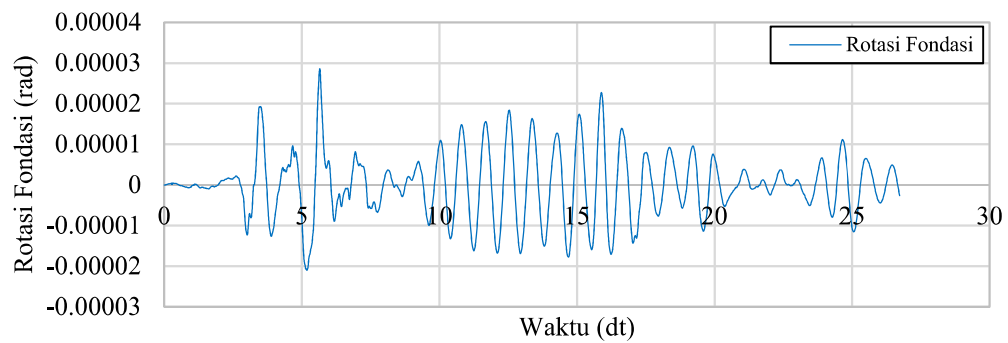
**Gambar 5.25 Rotasi Fondasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



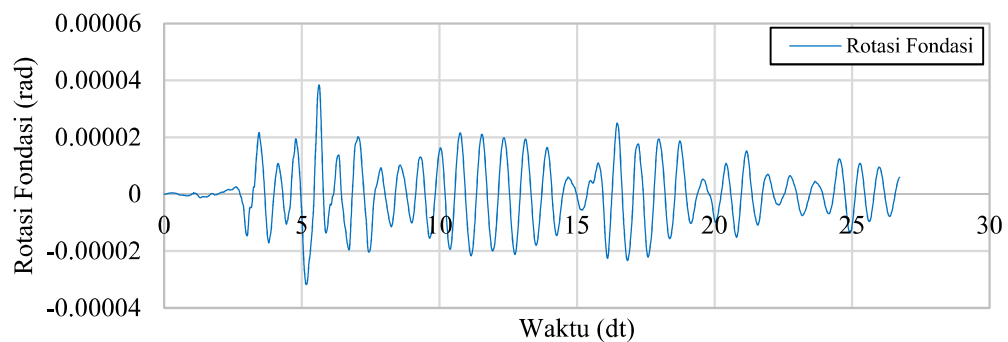
**Gambar 5.26 Rotasi Fondasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



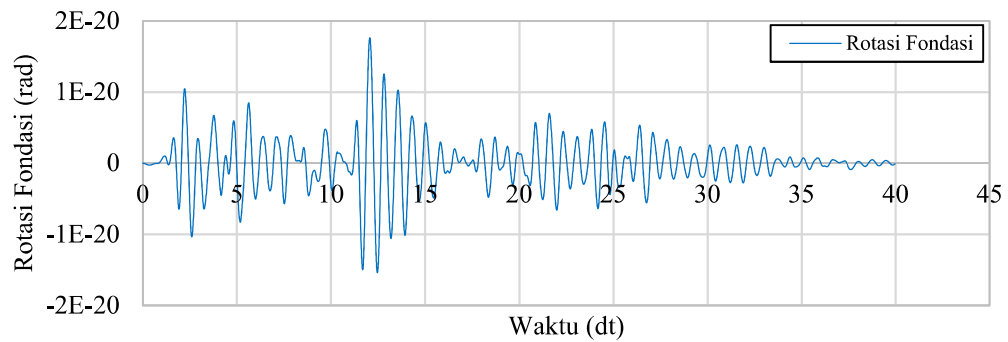
**Gambar 5.27 Rotasi Fondasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



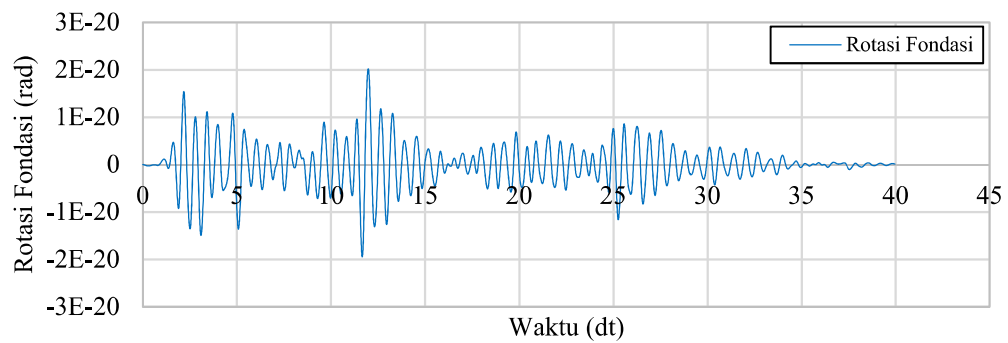
**Gambar 5.28 Rotasi Fondasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**



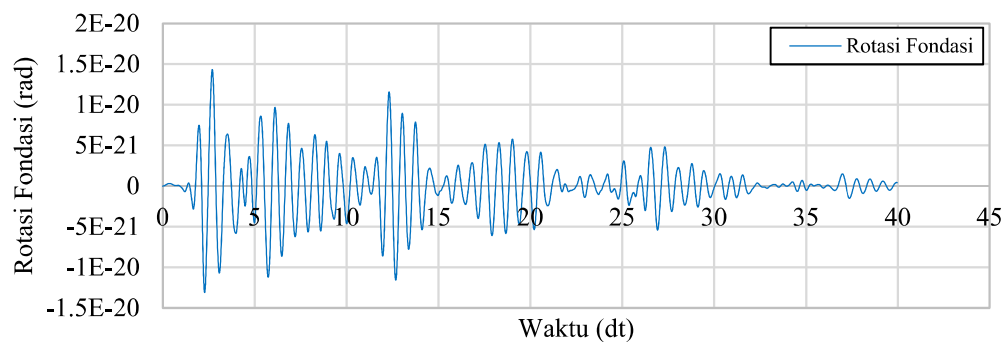
**Gambar 5.29 Rotasi Fondasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**



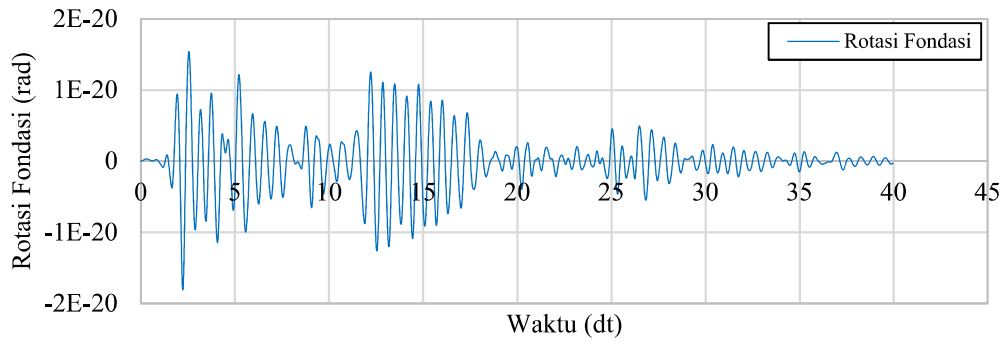
**Gambar 5.30 Rotasi Fondasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



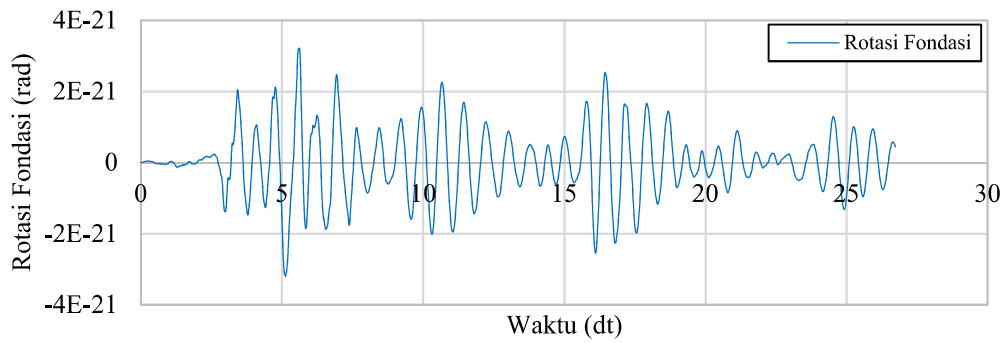
**Gambar 5.31 Rotasi Fondasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



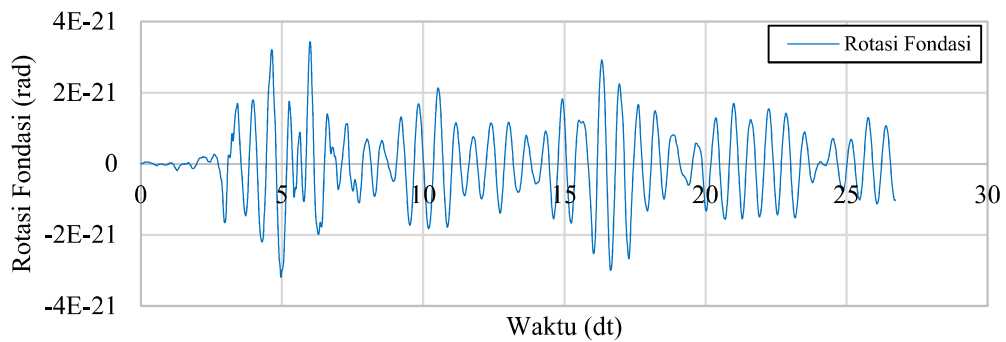
**Gambar 5.32 Rotasi Fondasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.33 Rotasi Fondasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



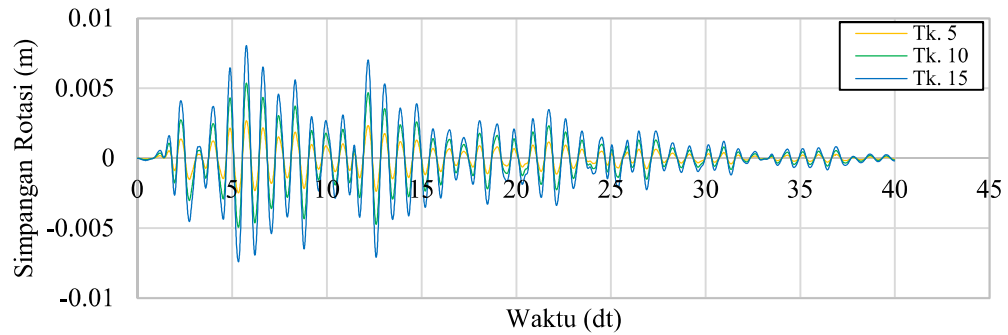
**Gambar 5.34 Rotasi Fondasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



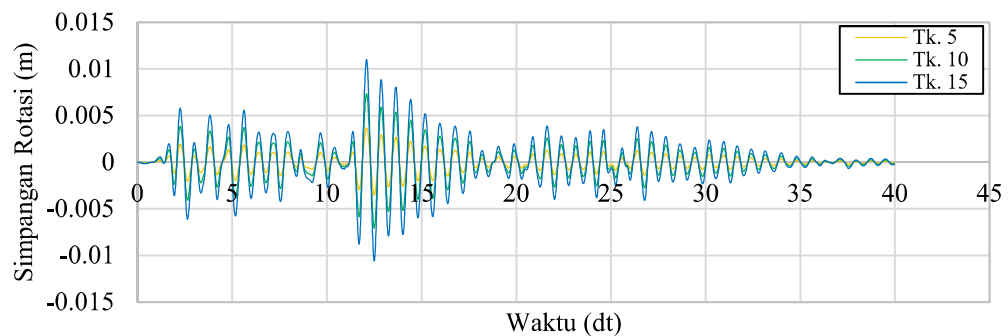
**Gambar 5.35 Rotasi Fondasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

### 5.8.3 Perhitungan Simpangan Rotasi

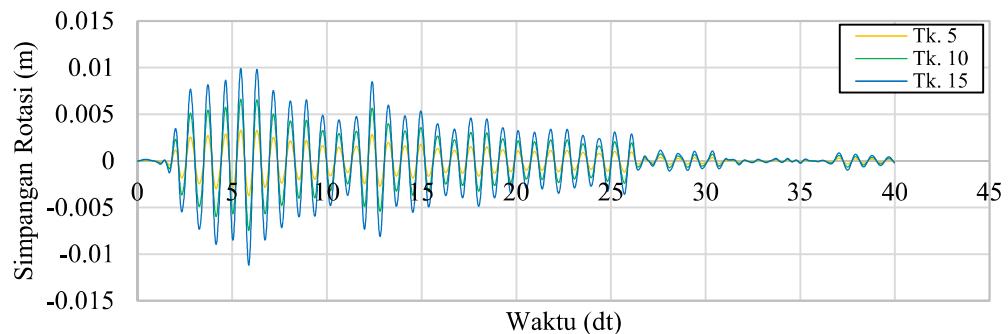
Perhitungan menggunakan Persamaan 3.118 dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.36 sampai 5.47.



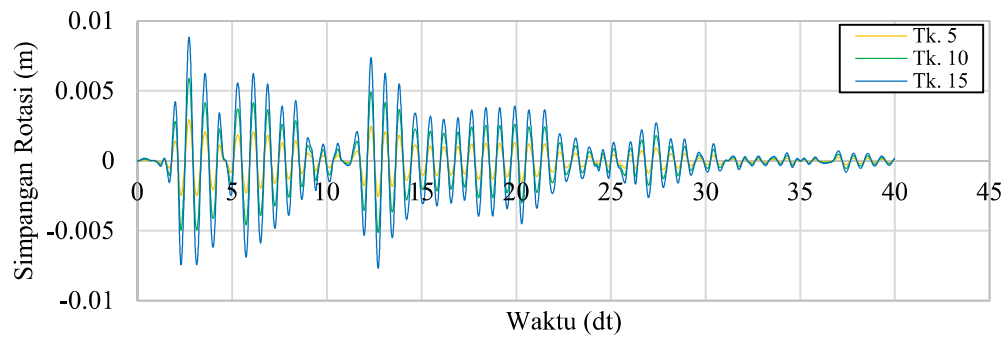
**Gambar 5.36 Simpangan Rotasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



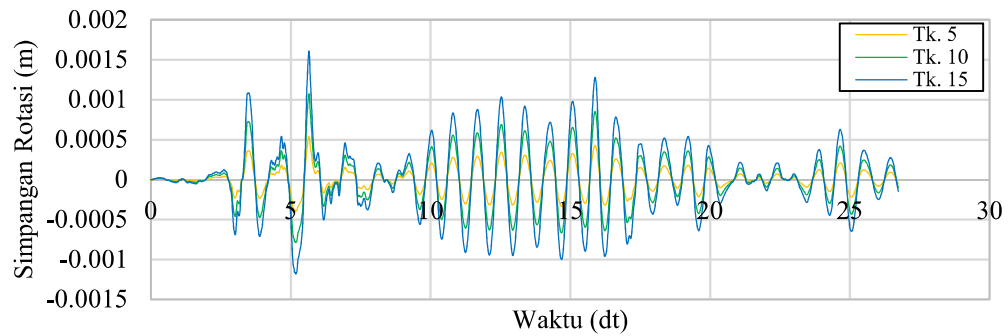
**Gambar 5.37 Simpangan Rotasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



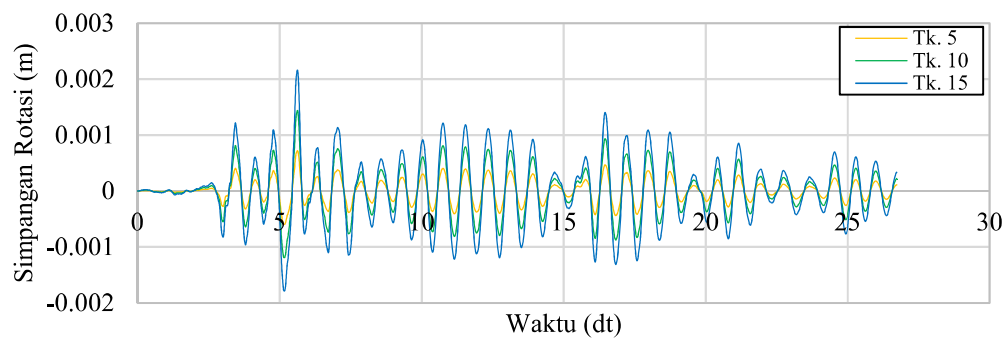
**Gambar 5.38 Simpangan Rotasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



**Gambar 5.39 Simpangan Rotasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**

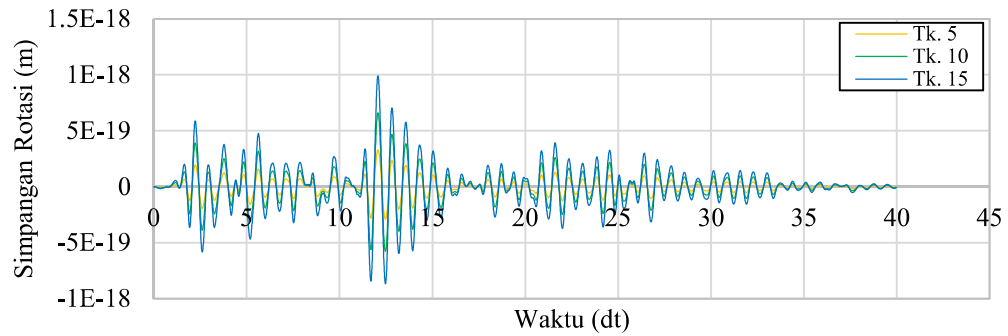


**Gambar 5.40 Simpangan Rotasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

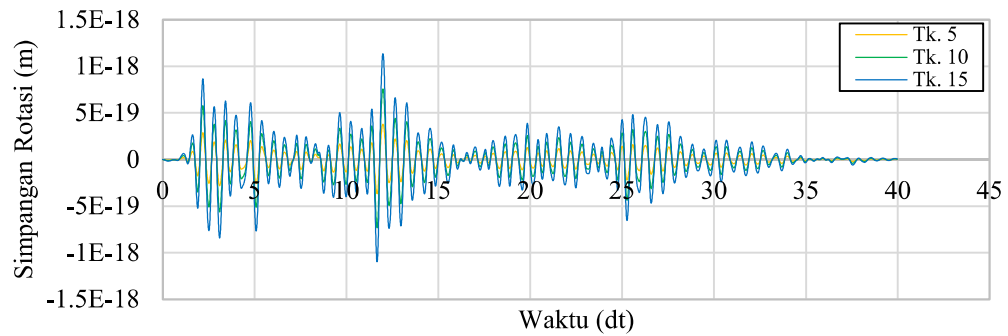


**Gambar 5.41 Simpangan Rotasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

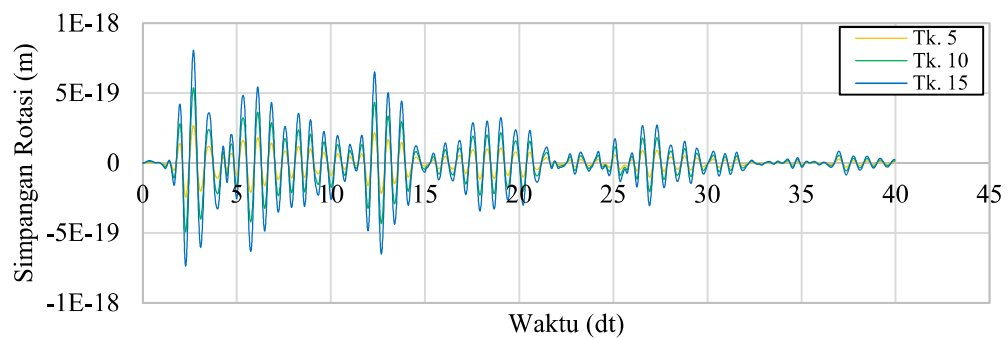




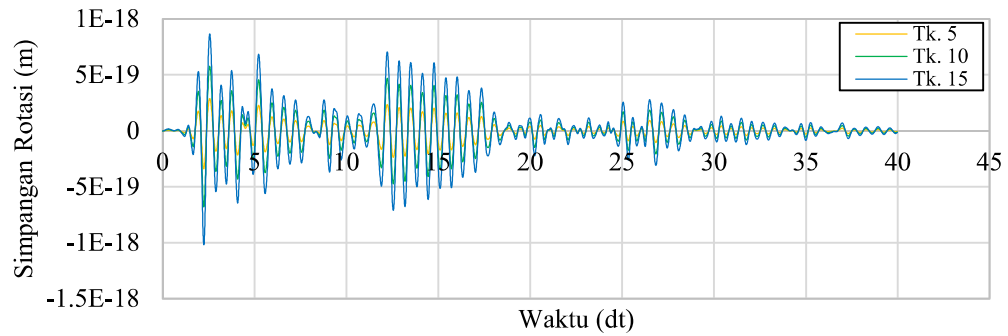
**Gambar 5.42 Simpangan Rotasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



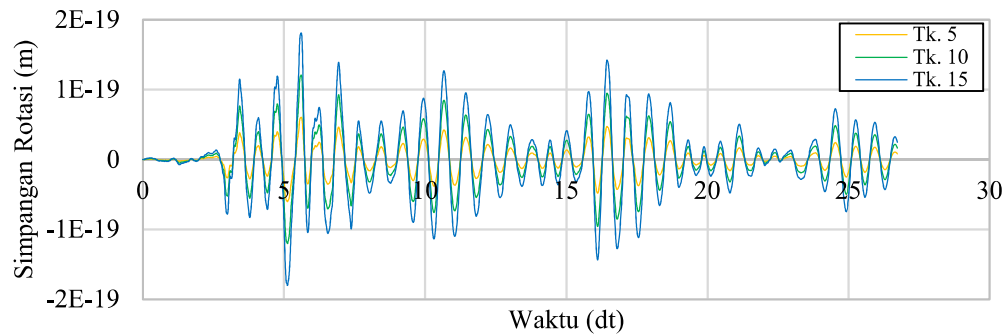
**Gambar 5.43 Simpangan Rotasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



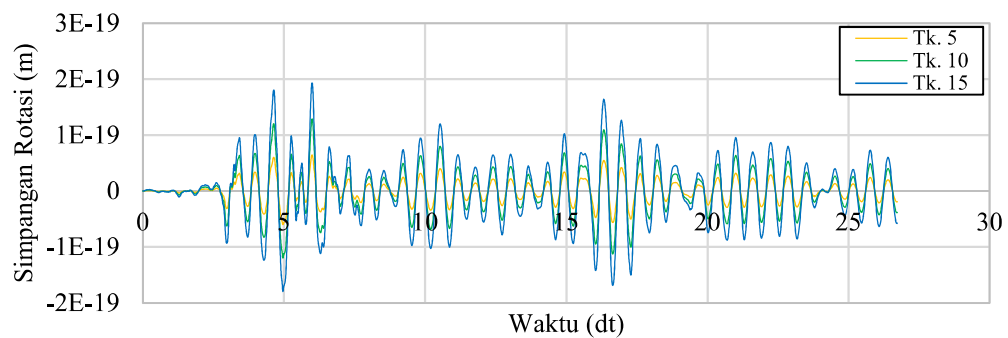
**Gambar 5.44 Simpangan Rotasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.45 Simpangan Rotasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



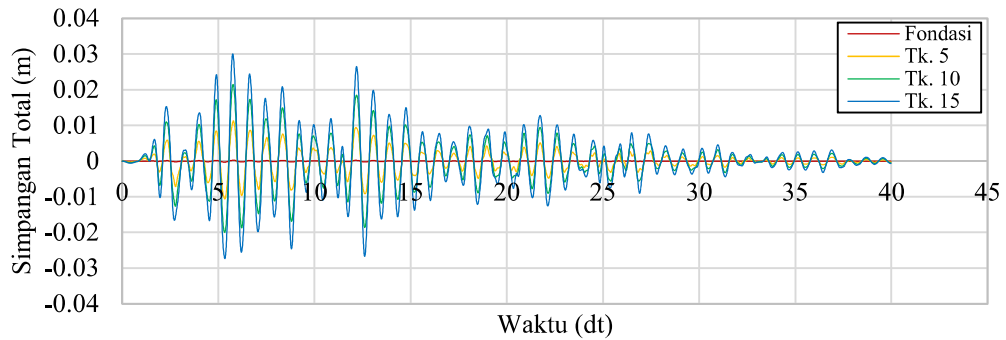
**Gambar 5.46 Simpangan Rotasi Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



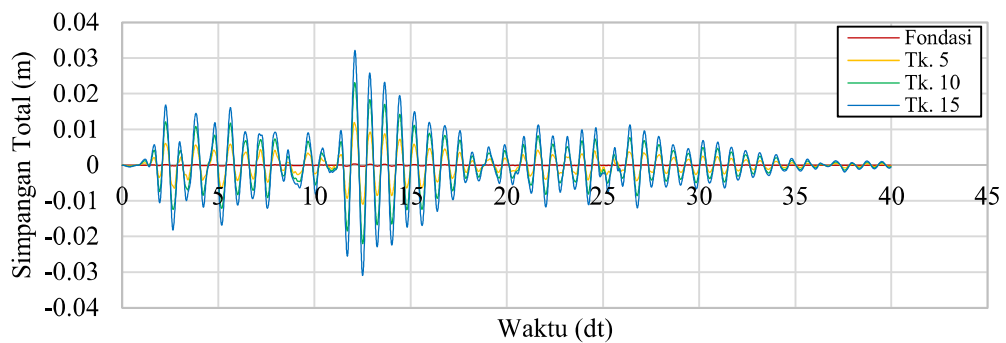
**Gambar 5.47 Simpangan Rotasi Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

### 5.8.4 Perhitungan Simpangan Total

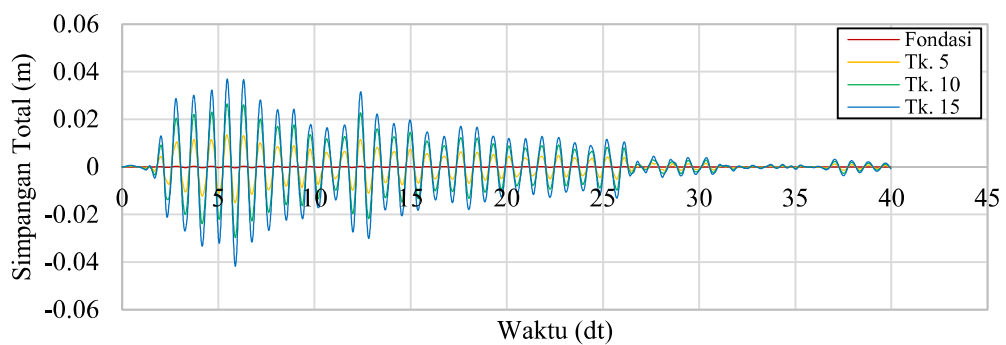
Perhitungan menggunakan Persamaan 3.119 dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.48 sampai 5.59.



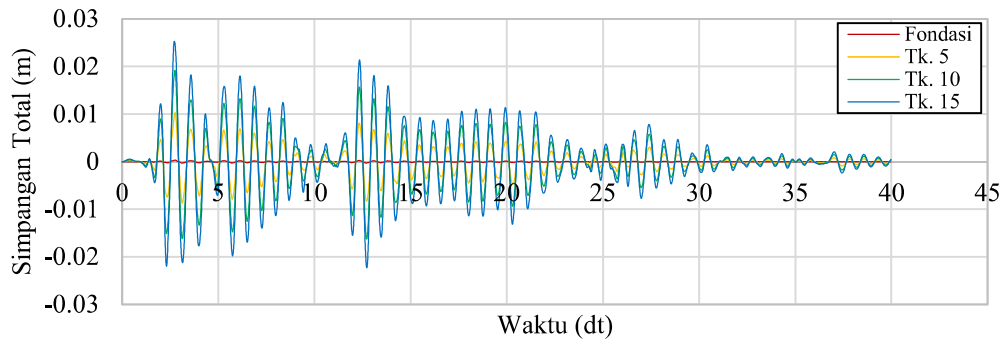
**Gambar 5.48 Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



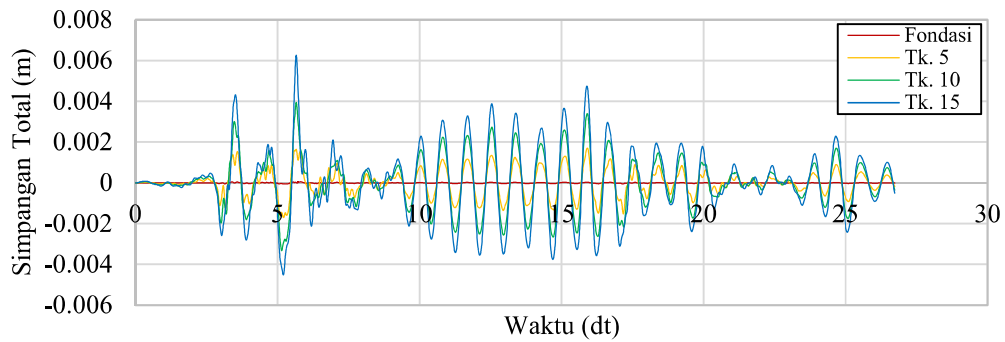
**Gambar 5.49 Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



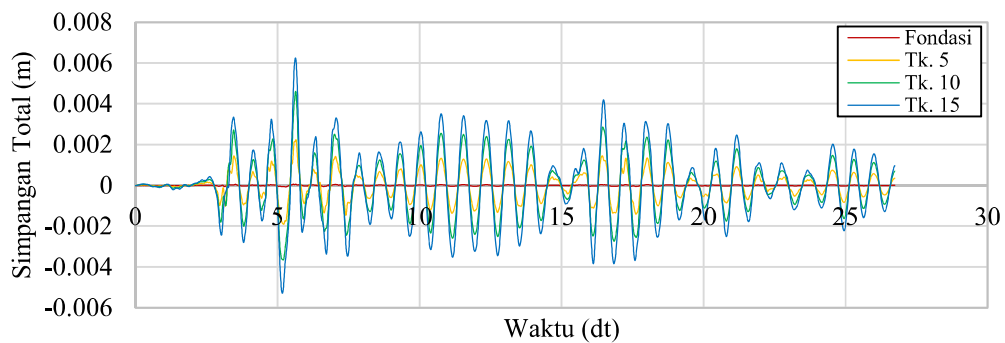
**Gambar 5.50 Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



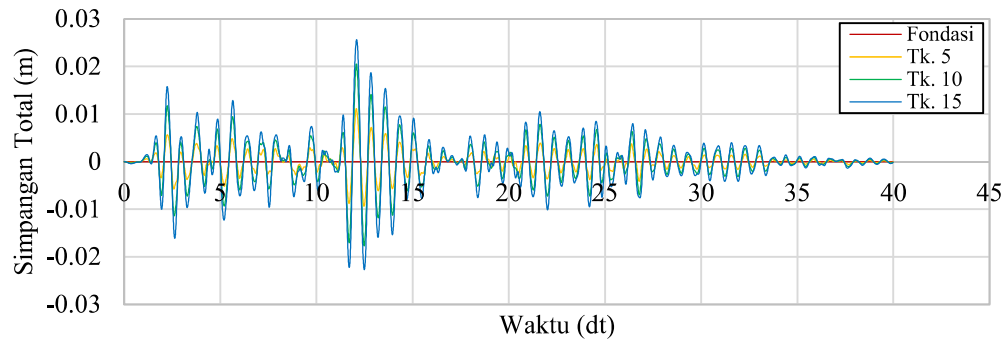
**Gambar 5.51 Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



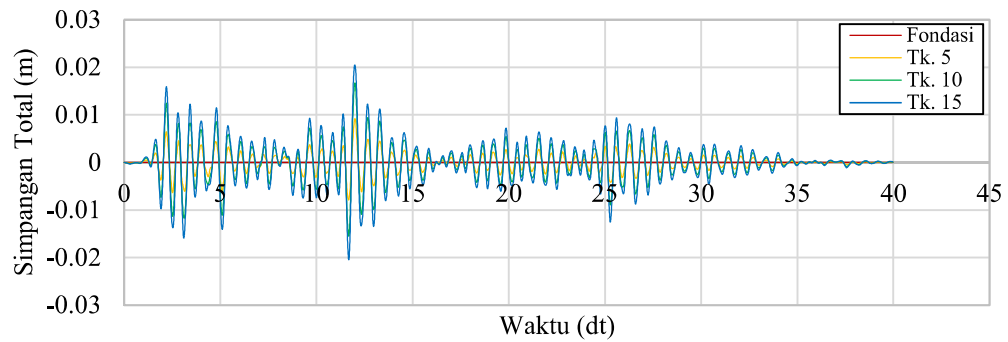
**Gambar 5.52 Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**



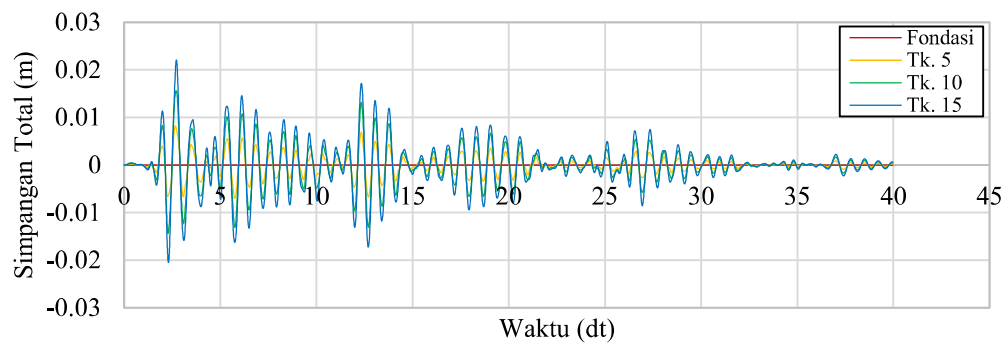
**Gambar 5.53 Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**



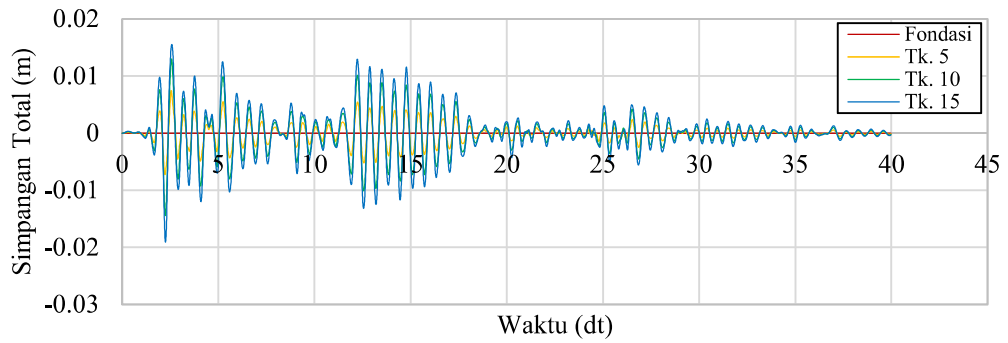
**Gambar 5.54 Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



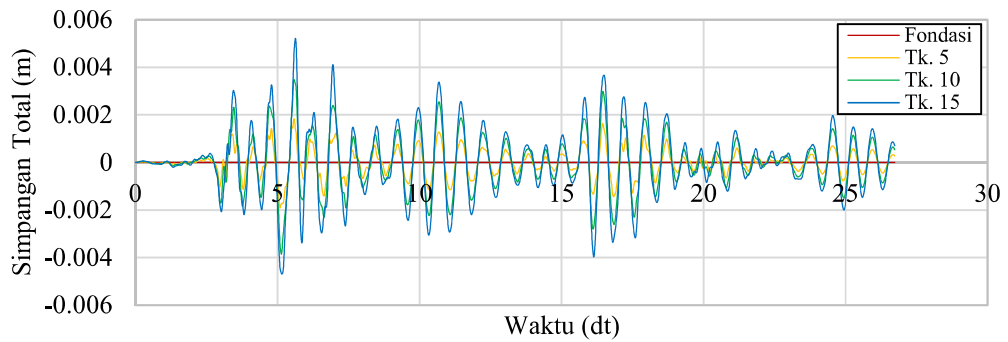
**Gambar 5.55 Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



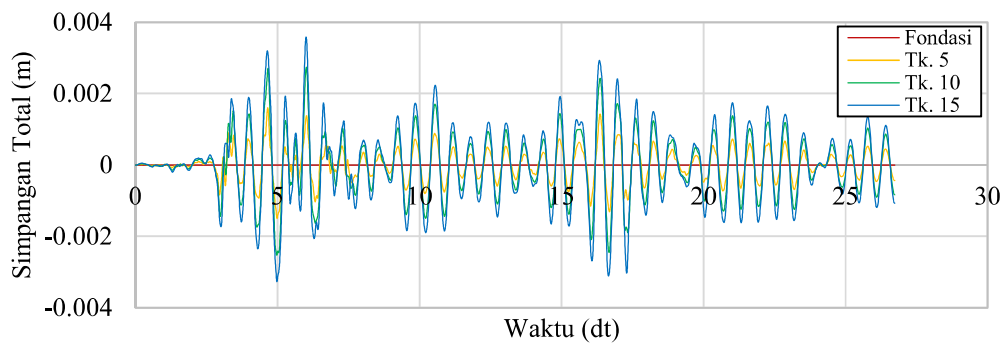
**Gambar 5.56 Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.57 Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



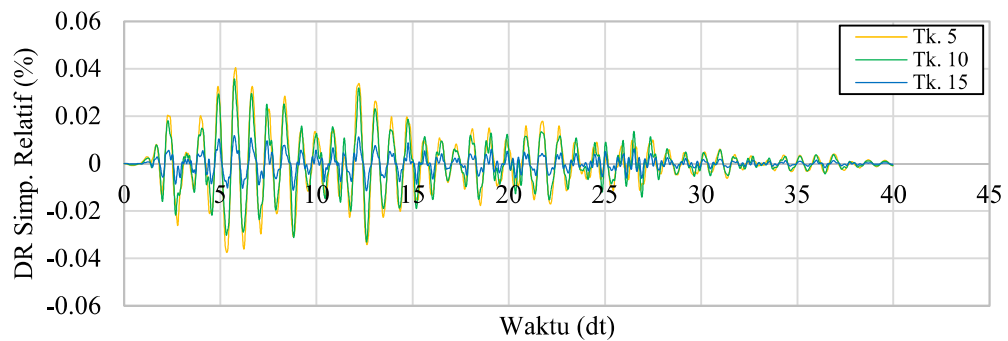
**Gambar 5.58 Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



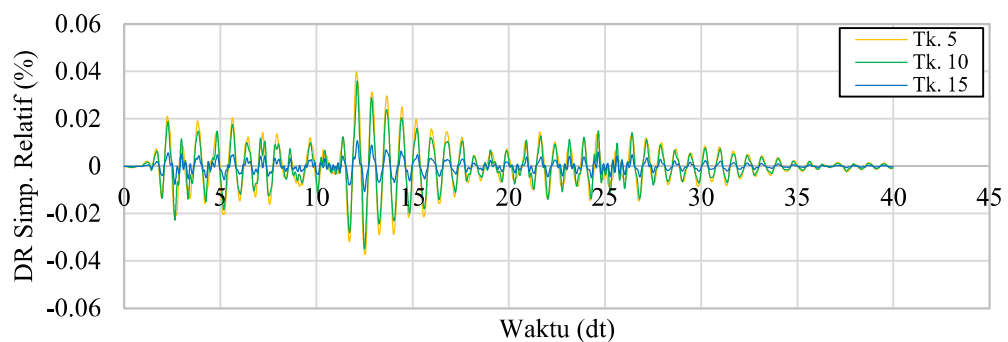
**Gambar 5.59 Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

### 5.8.5 Perhitungan *Drift Ratio*

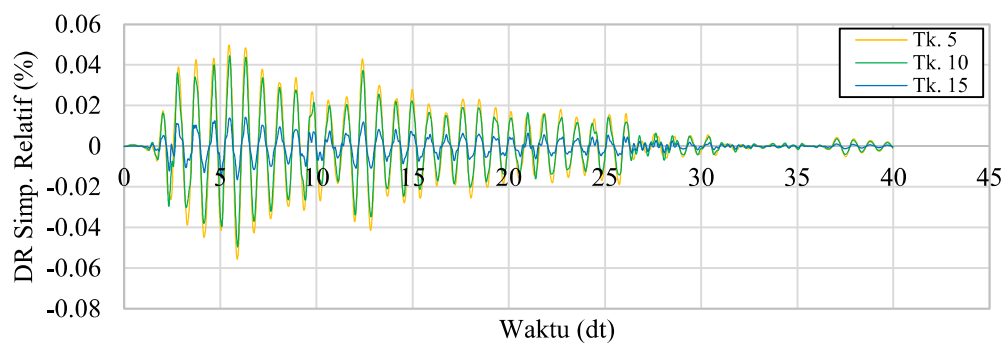
Perhitungan menggunakan Persamaan 3.120 dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.60 sampai 5.83.



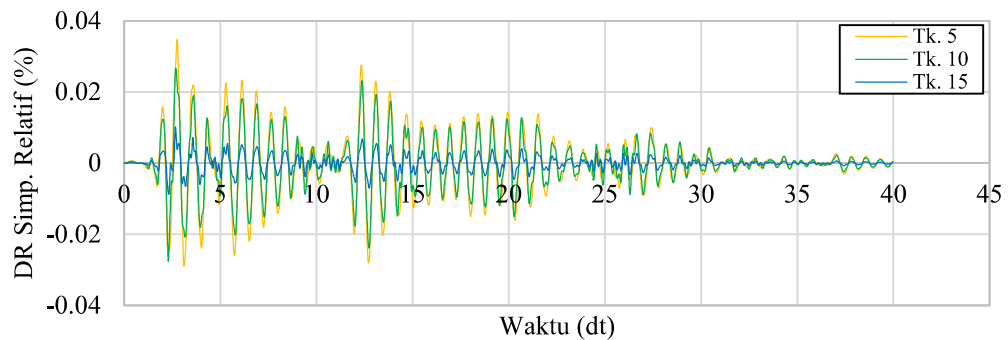
**Gambar 5.60 *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



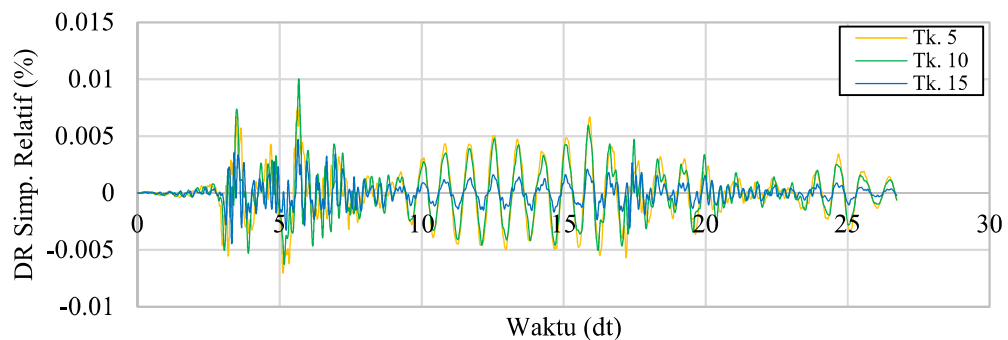
**Gambar 5.61 *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



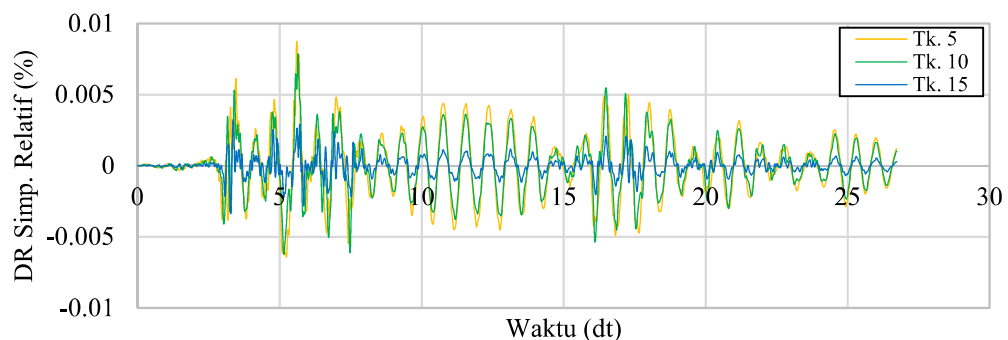
**Gambar 5.62 *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



**Gambar 5.63** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1

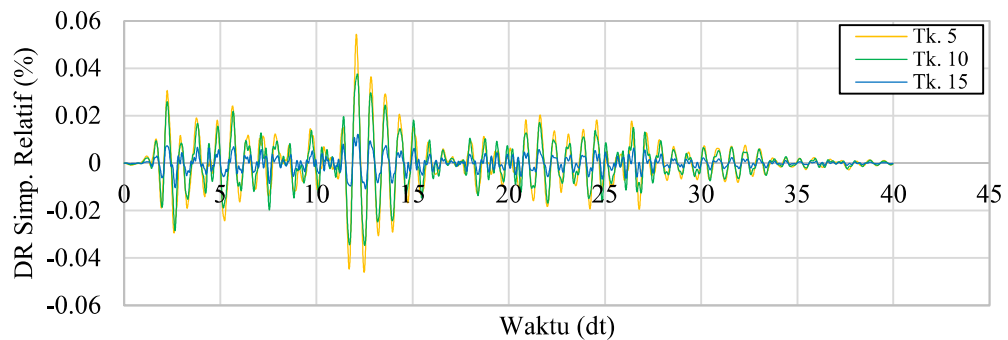


**Gambar 5.64** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1

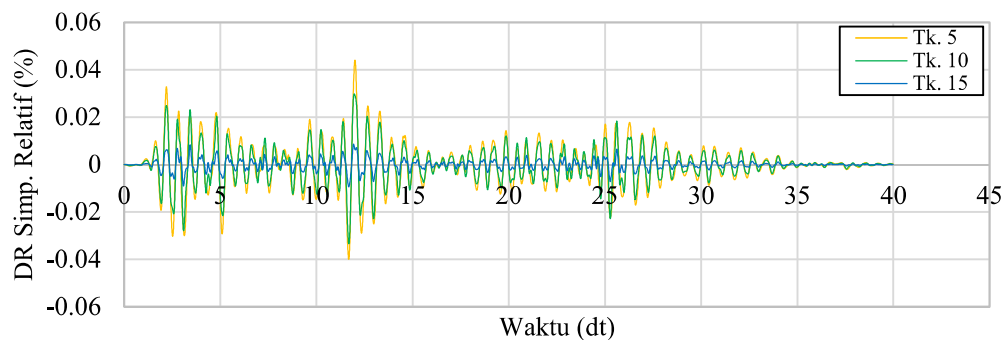


**Gambar 5.65** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1

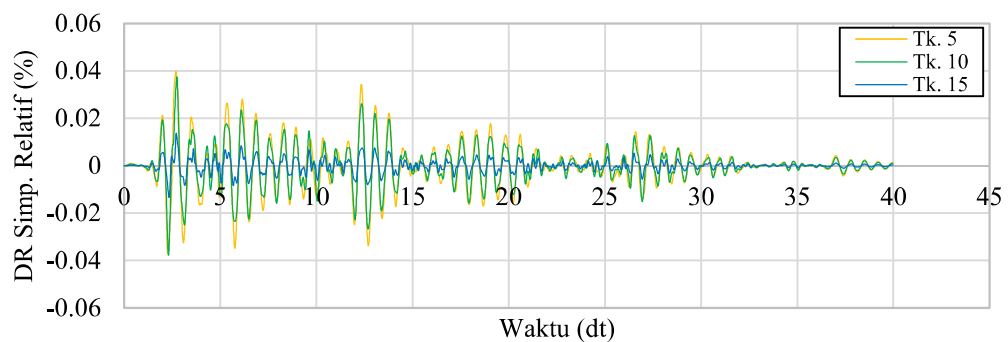




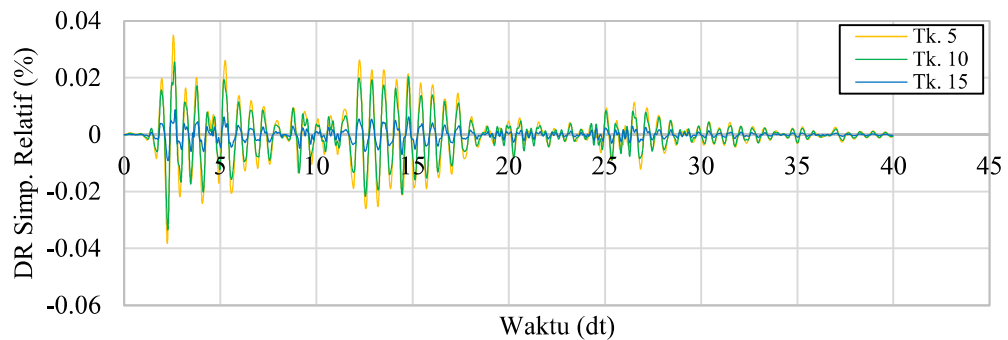
**Gambar 5.66** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2



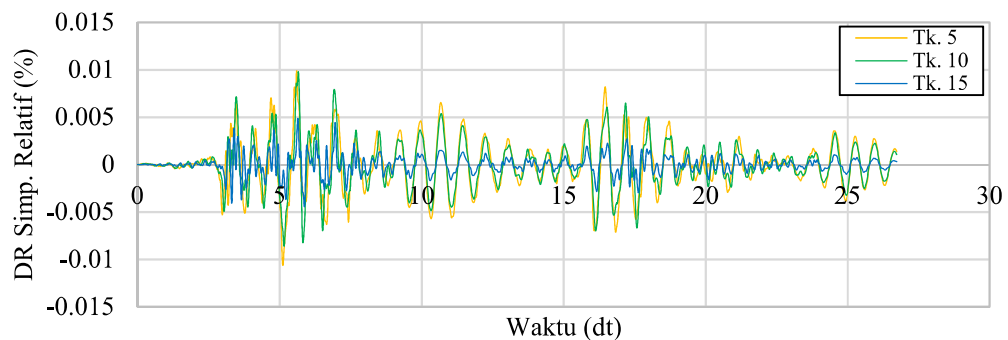
**Gambar 5.67** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2



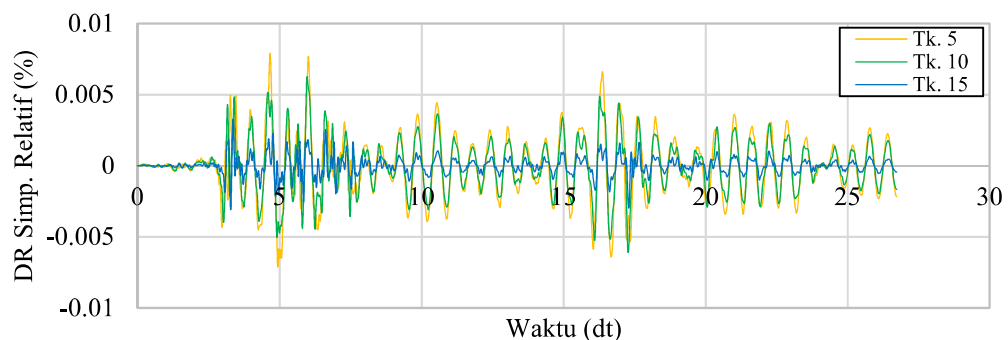
**Gambar 5.68** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2



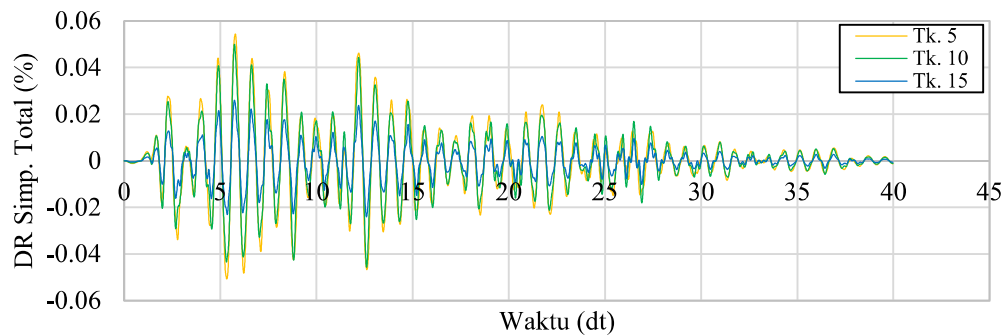
**Gambar 5.69** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2



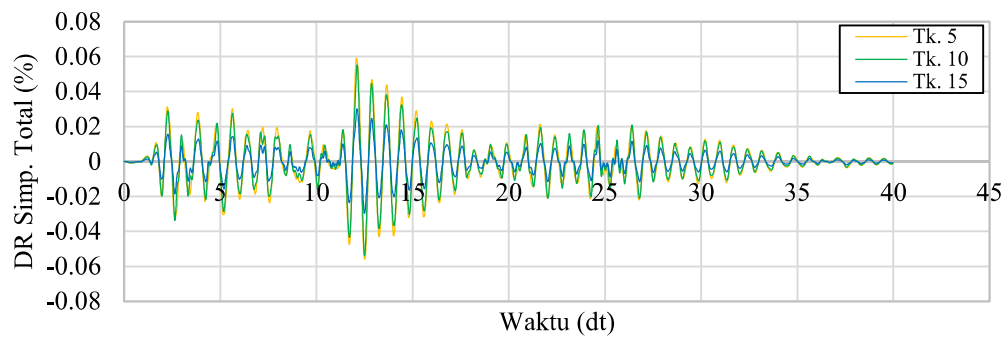
**Gambar 5.70** *Drift Ratio* Simpangan Relatif Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2



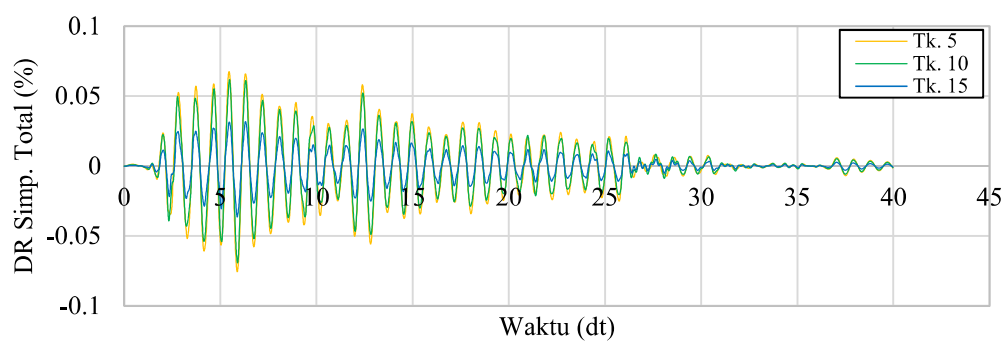
**Gambar 5.71** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2



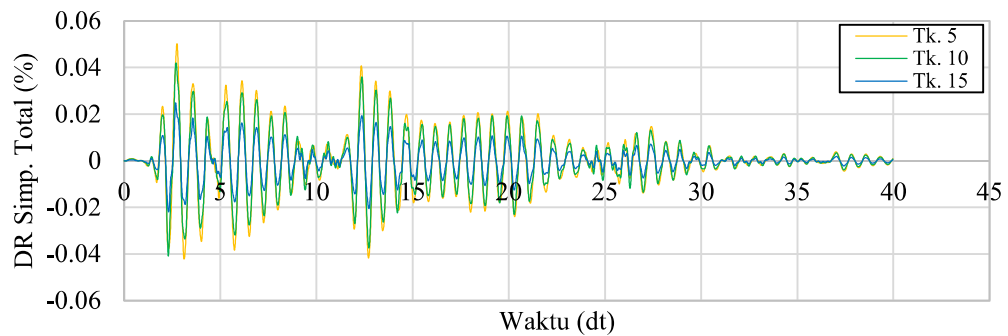
**Gambar 5.72** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1



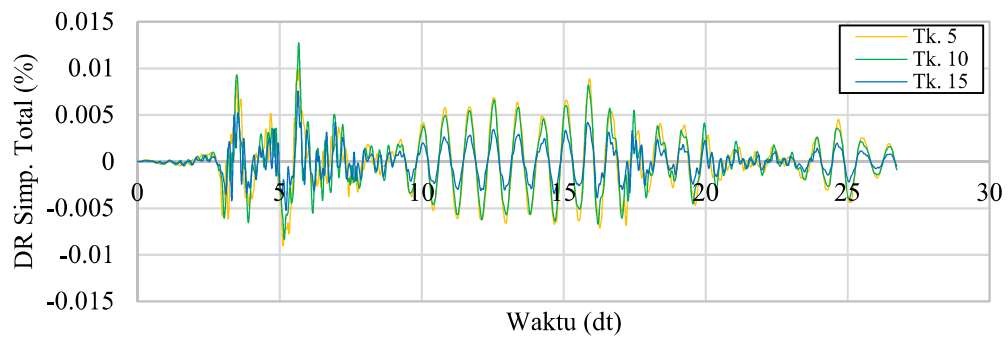
**Gambar 5.73** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1



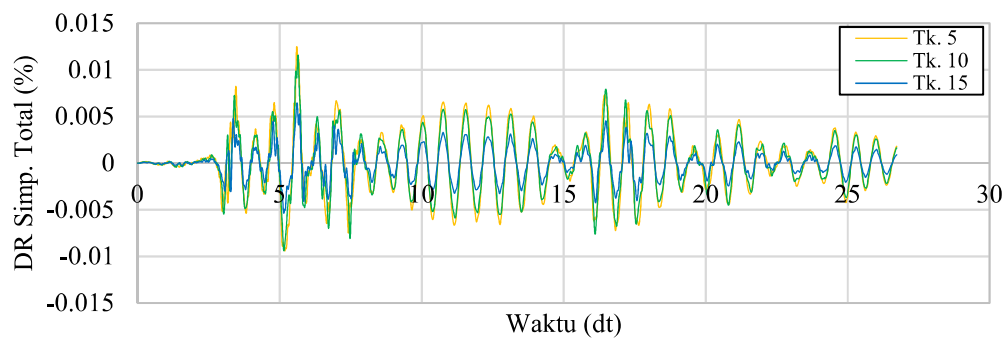
**Gambar 5.74** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1



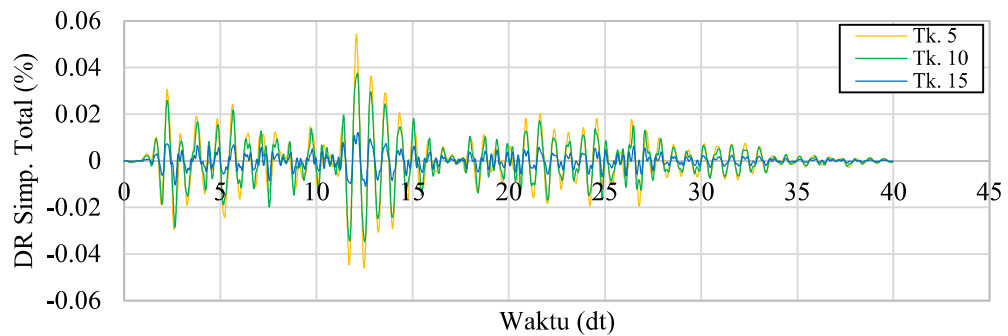
**Gambar 5.75** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1



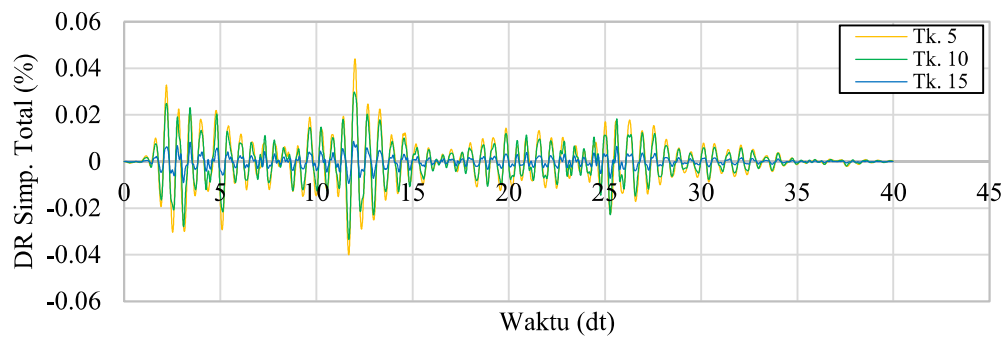
**Gambar 5.76** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1



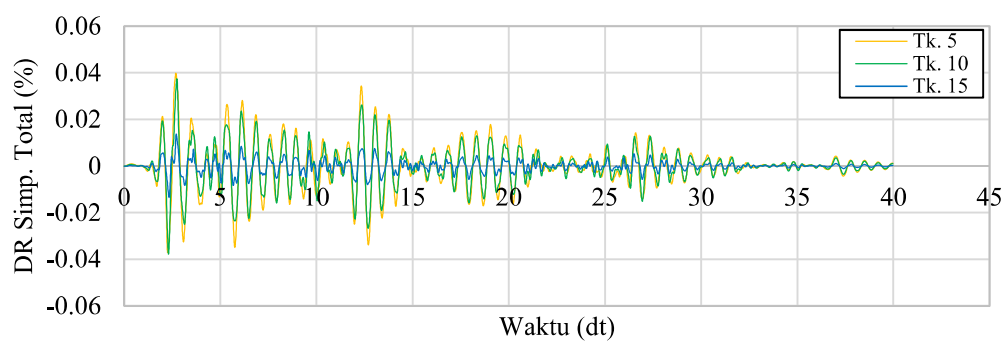
**Gambar 5.77** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1



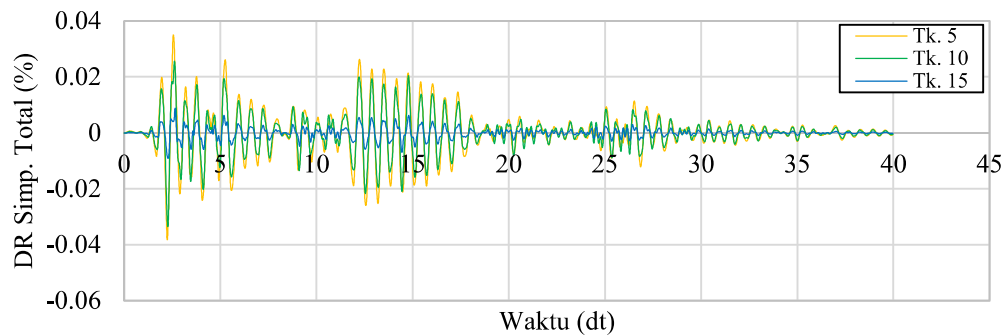
**Gambar 5.78** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2



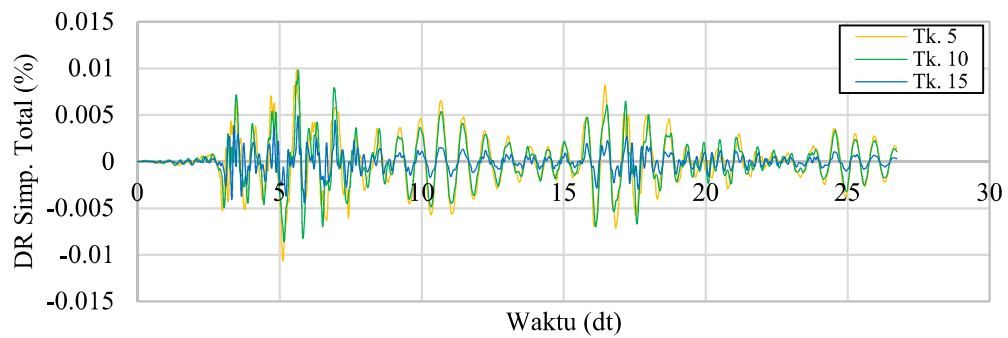
**Gambar 5.79** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2



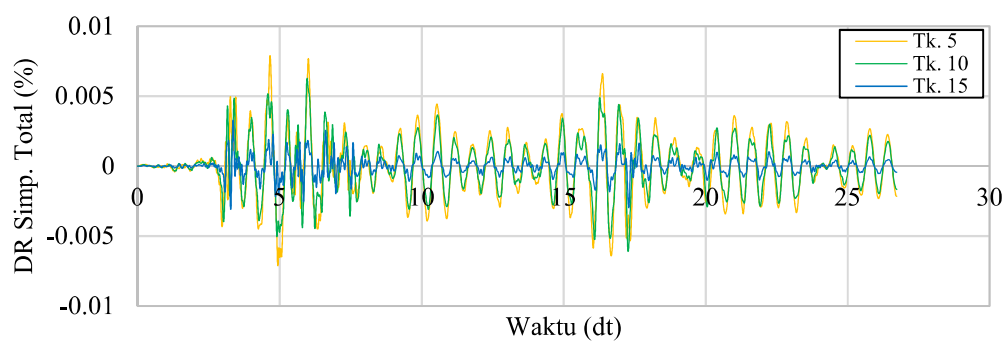
**Gambar 5.80** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2



**Gambar 5.81** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2



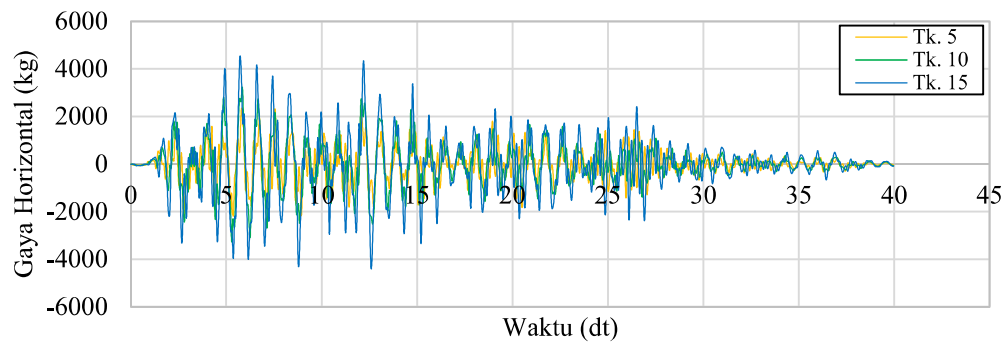
**Gambar 5.82** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2



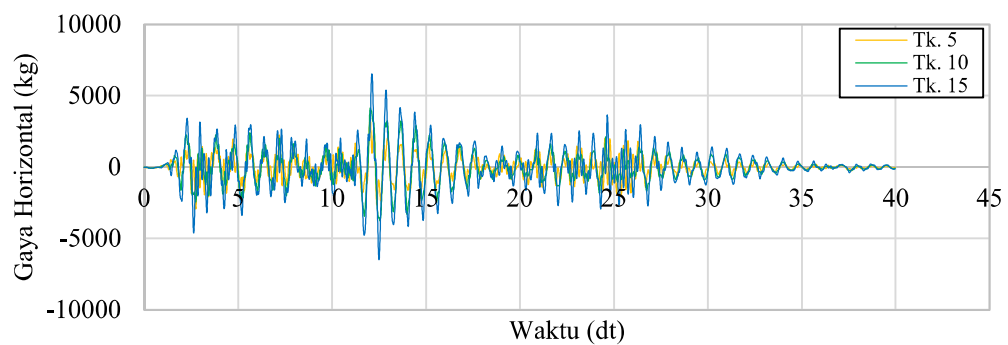
**Gambar 5.83** *Drift Ratio* Simpangan Total Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2

### 5.8.6 Perhitungan Gaya Horizontal

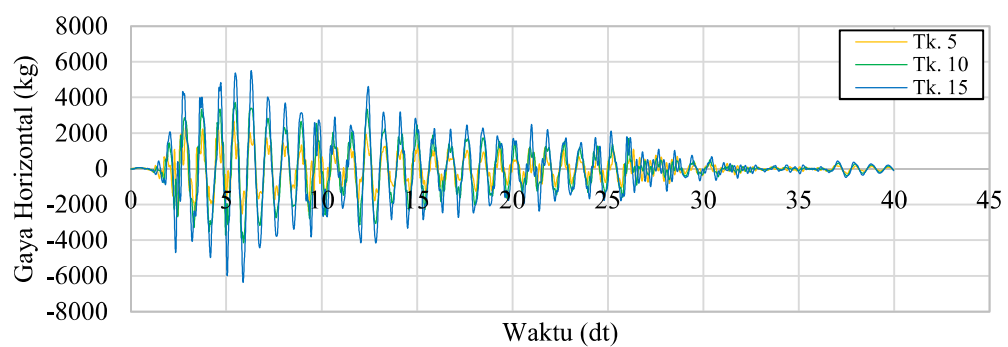
Perhitungan menggunakan Persamaan 3.121 dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.84 sampai 5.95.



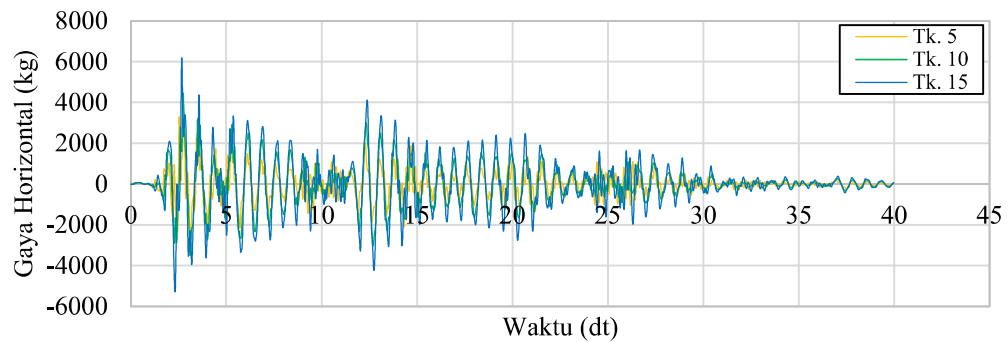
**Gambar 5.84 Gaya Horizontal Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



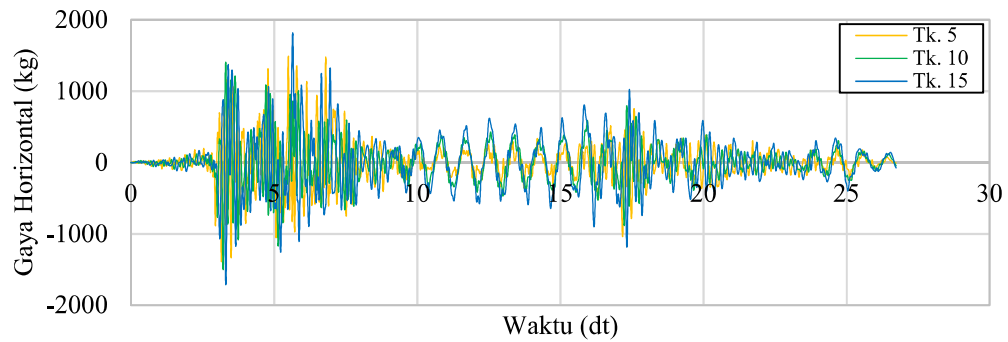
**Gambar 5.85 Gaya Horizontal Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



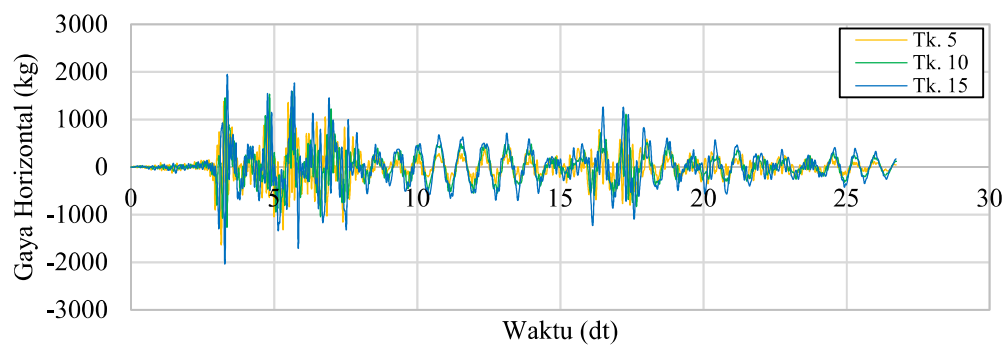
**Gambar 5.86 Gaya Horizontal Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



**Gambar 5.87 Gaya Horizontal Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**

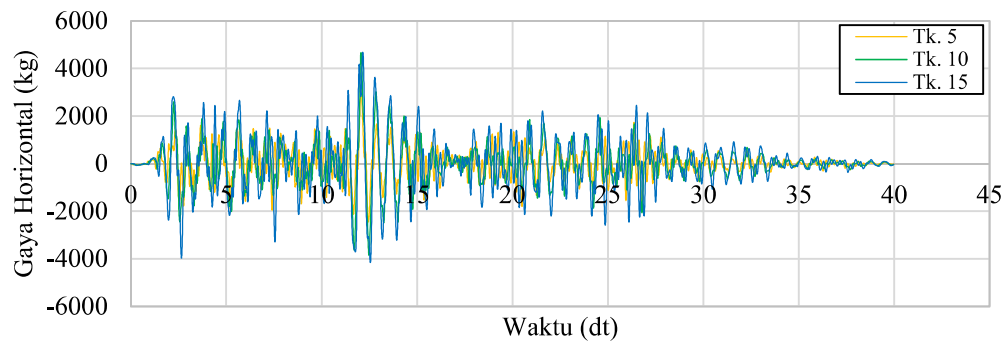


**Gambar 5.88 Gaya Horizontal Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

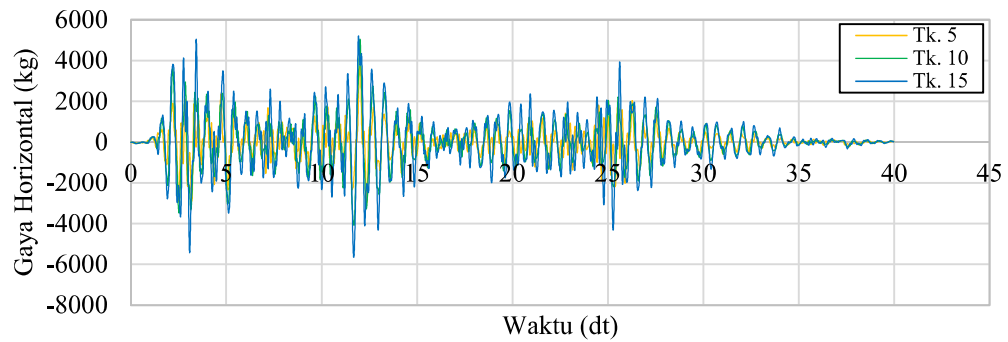


**Gambar 5.89 Gaya Horizontal Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

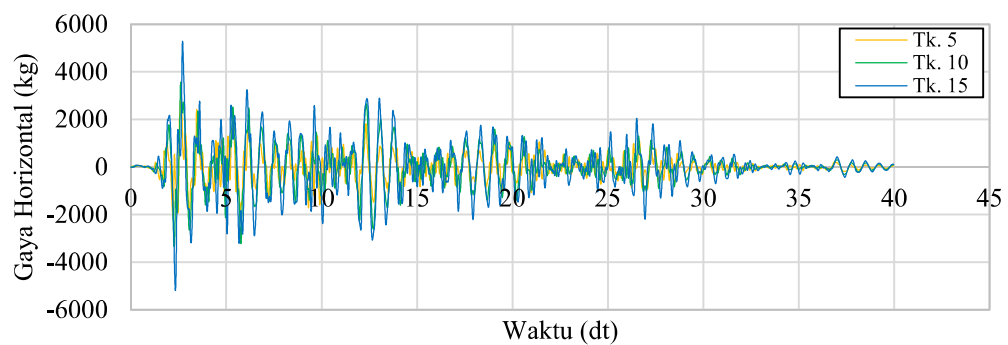




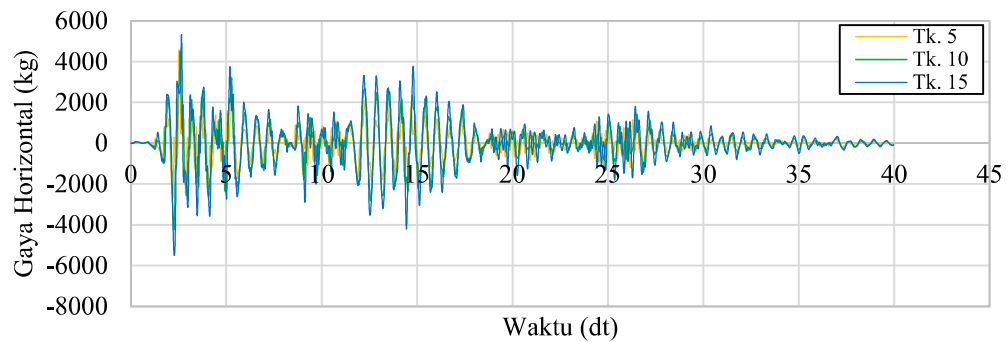
**Gambar 5.90 Gaya Horizontal Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



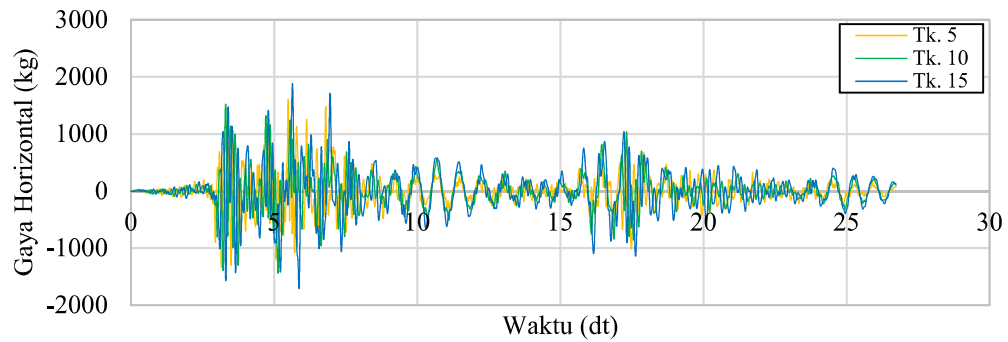
**Gambar 5.91 Gaya Horizontal Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



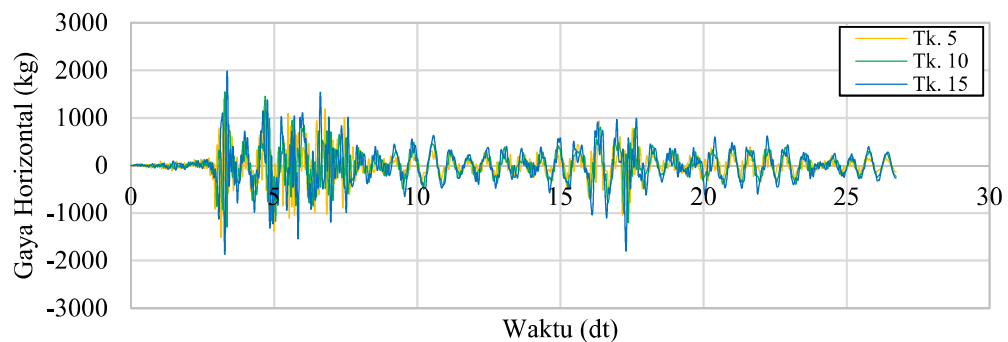
**Gambar 5.92 Gaya Horizontal Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.93 Gaya Horizontal Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



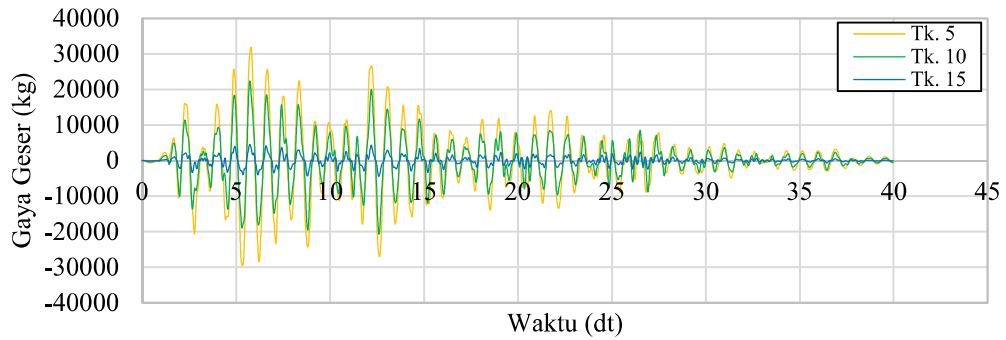
**Gambar 5.94 Gaya Horizontal Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



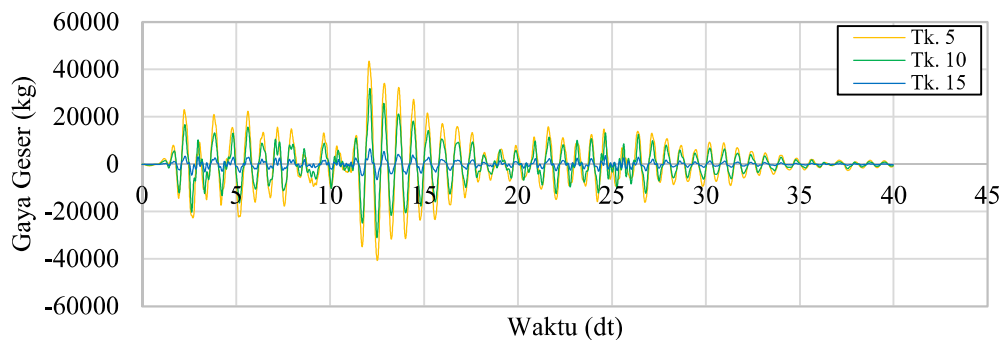
**Gambar 5.95 Gaya Horizontal Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

### 5.8.7 Perhitungan Gaya Geser

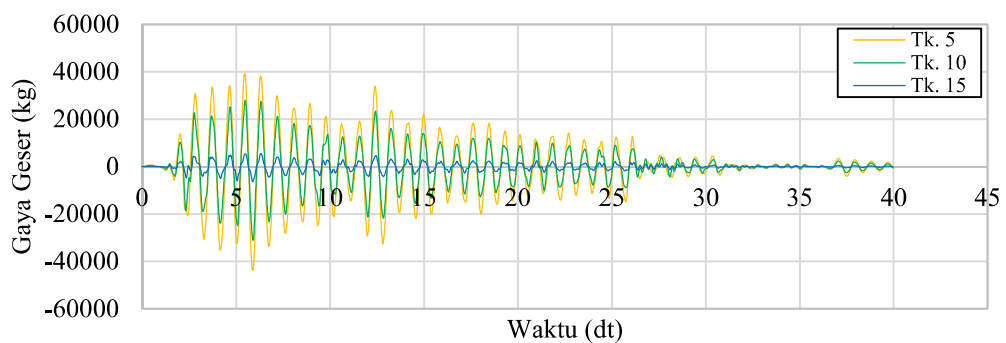
Perhitungan menggunakan Persamaan 3.122 dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.96 sampai 5.107.



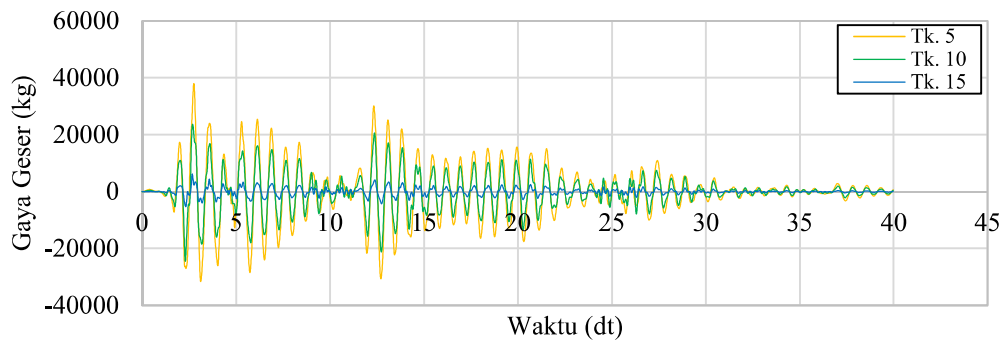
**Gambar 5.96 Gaya Geser Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



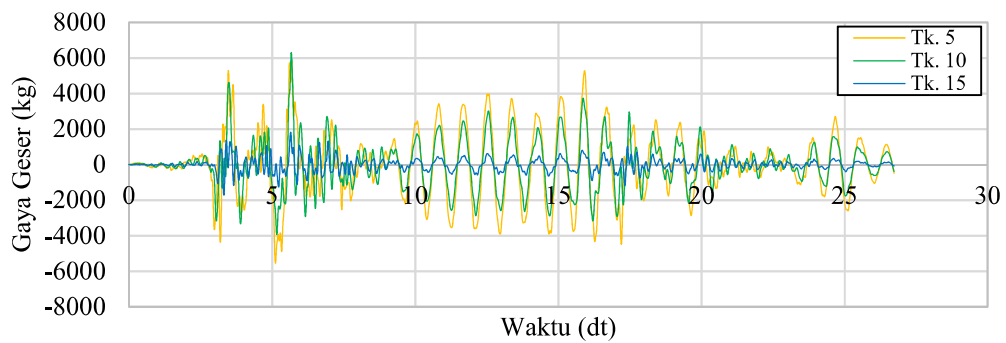
**Gambar 5.97 Gaya Geser Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



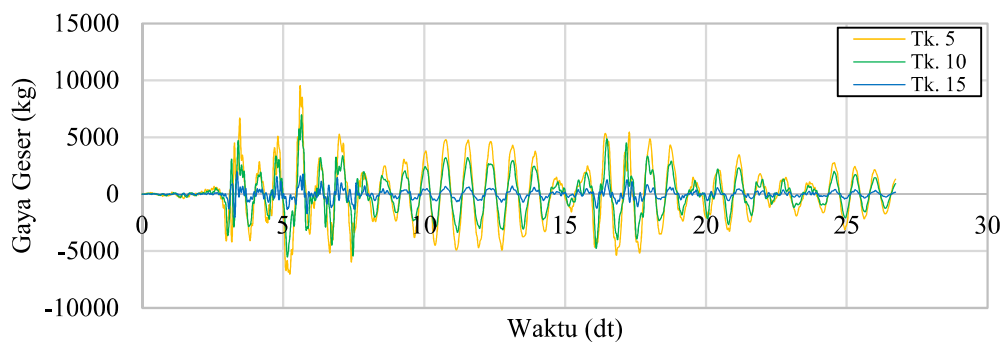
**Gambar 5.98 Gaya Geser Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



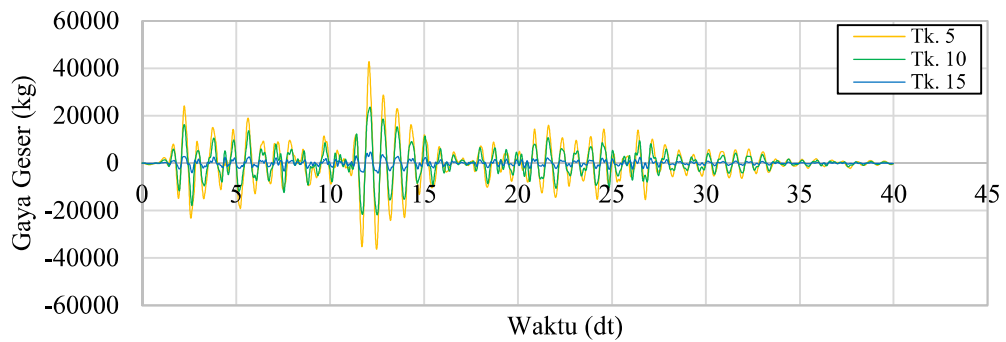
**Gambar 5.99 Gaya Geser Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



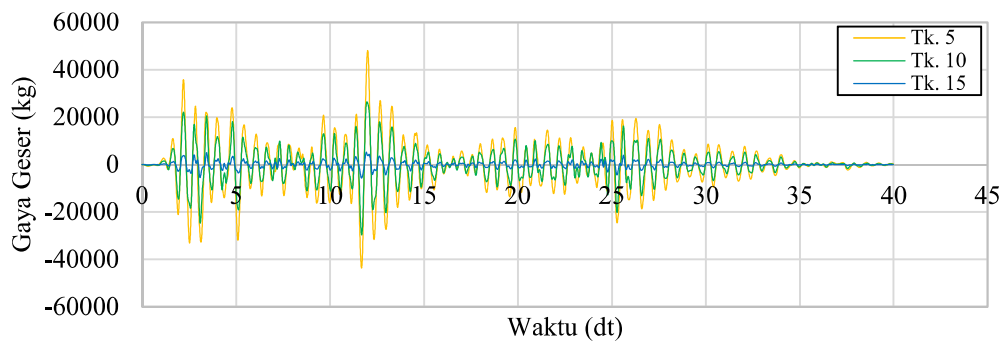
**Gambar 5.100 Gaya Geser Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**



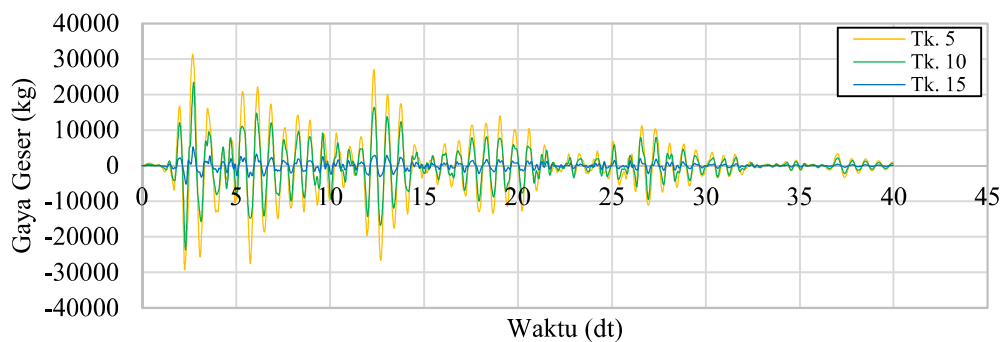
**Gambar 5.101 Gaya Geser Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**



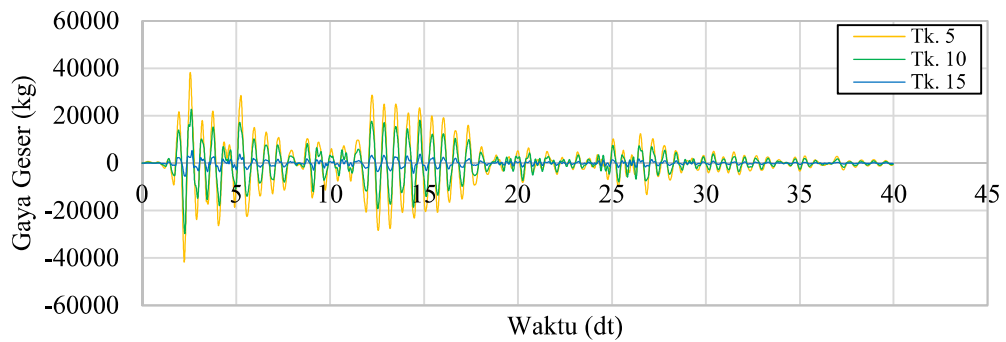
**Gambar 5.102 Gaya Geser Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



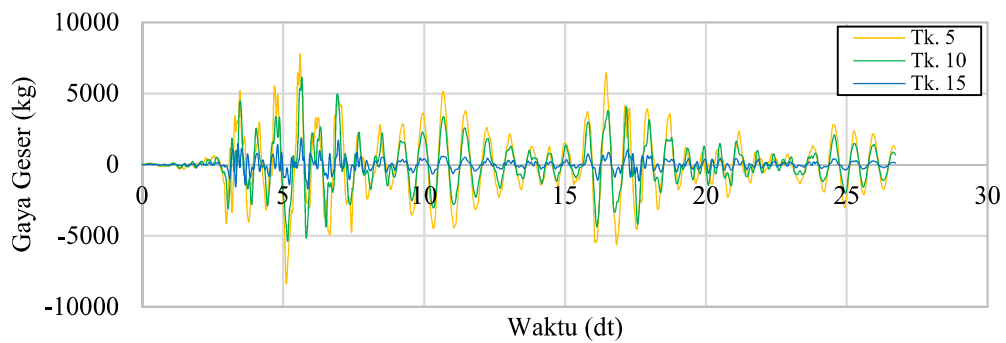
**Gambar 5.103 Gaya Geser Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



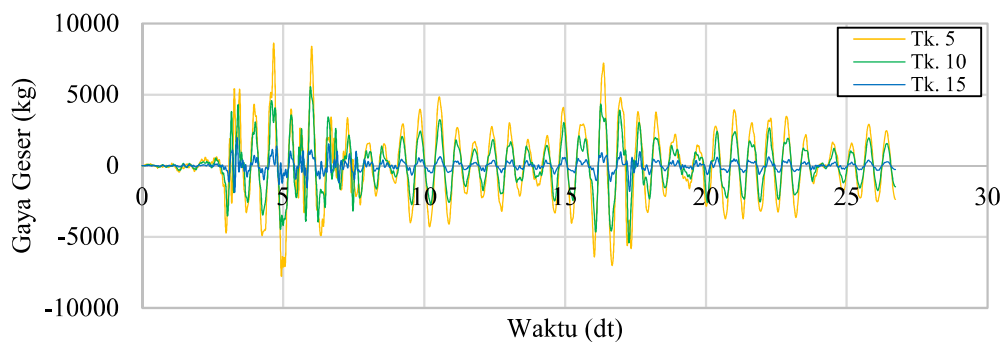
**Gambar 5.104 Gaya Geser Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.105 Gaya Geser Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



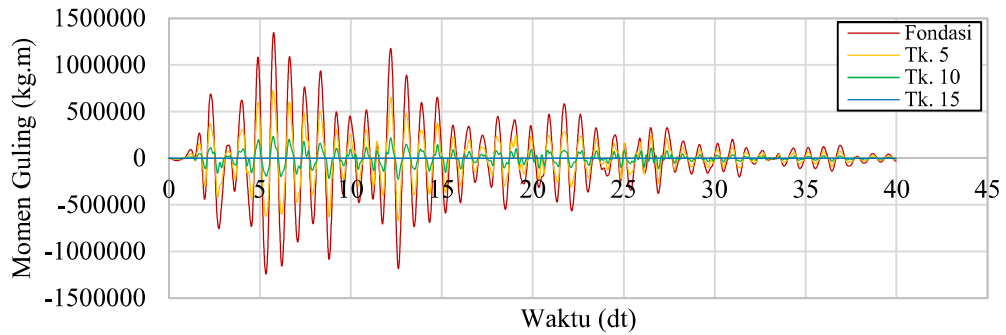
**Gambar 5.106 Gaya Geser Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



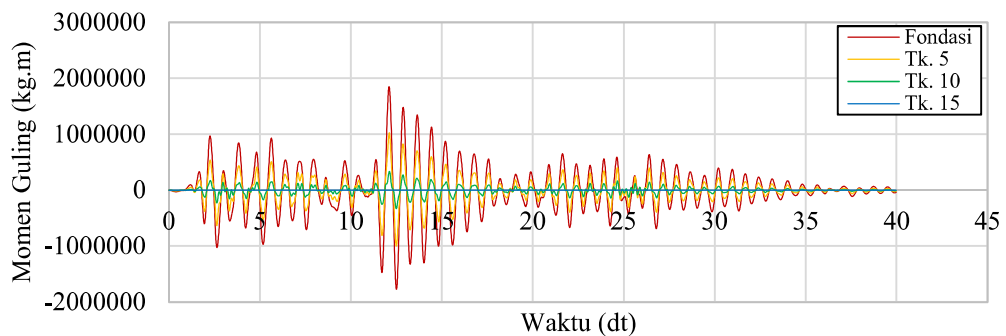
**Gambar 5.107 Gaya Geser Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

### 5.8.8 Perhitungan Momen Guling (*Overtuning Moment*)

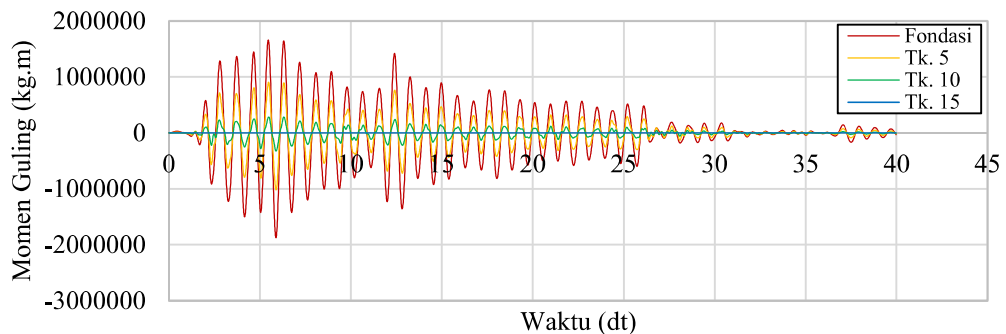
Perhitungan menggunakan Persamaan 3.123 dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.108 sampai 5.119.



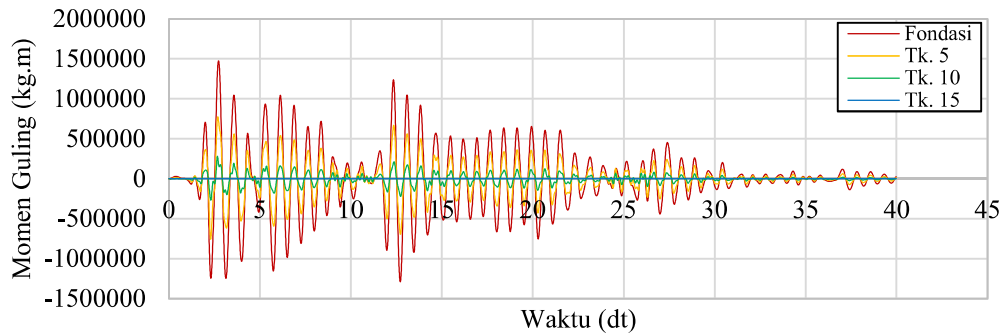
**Gambar 5.108 Momen Guling Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



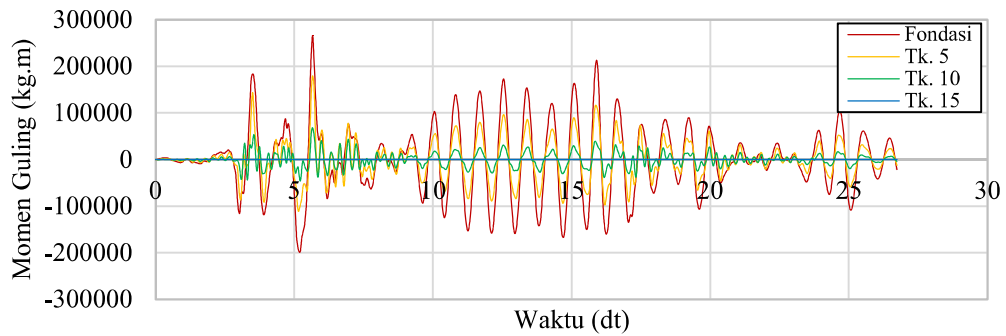
**Gambar 5.109 Momen Guling Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 1**



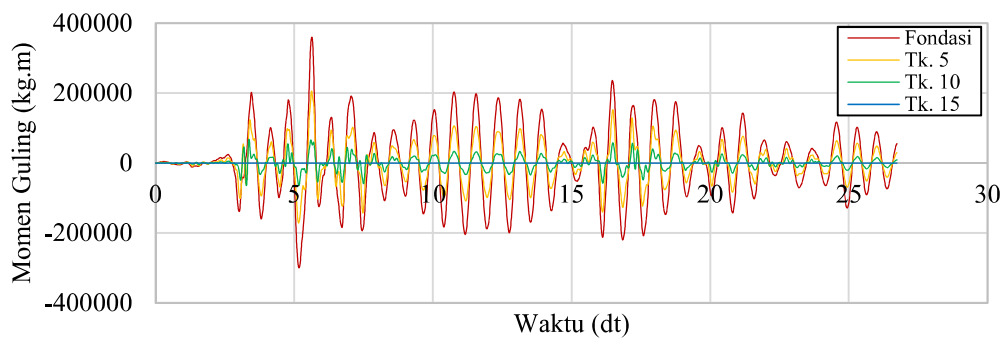
**Gambar 5.110 Momen Guling Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**



**Gambar 5.111 Momen Guling Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 1**

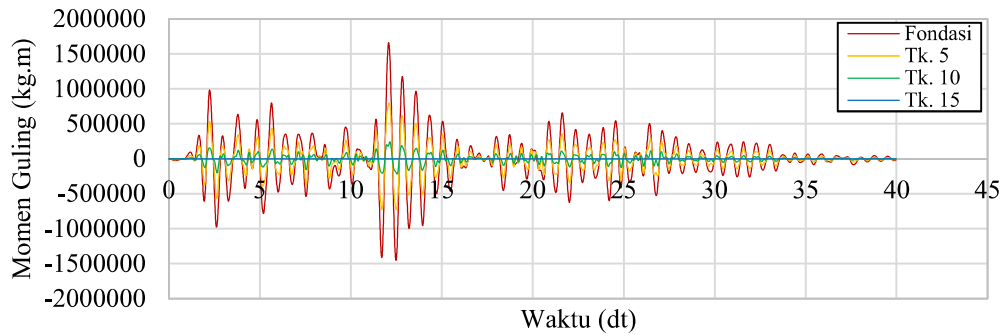


**Gambar 5.112 Momen Guling Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

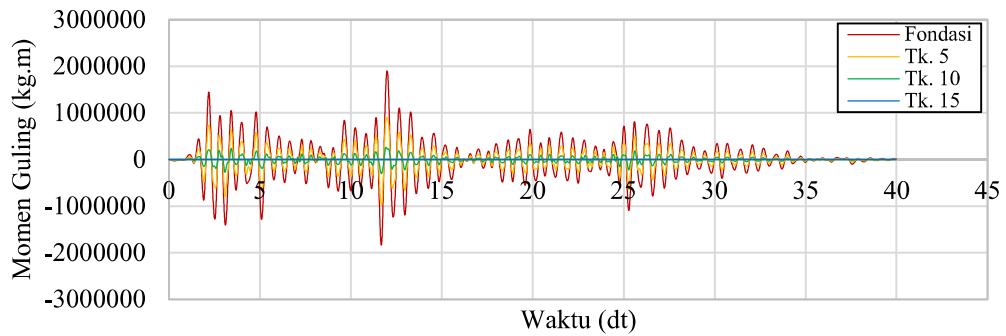


**Gambar 5.113 Momen Guling Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 1**

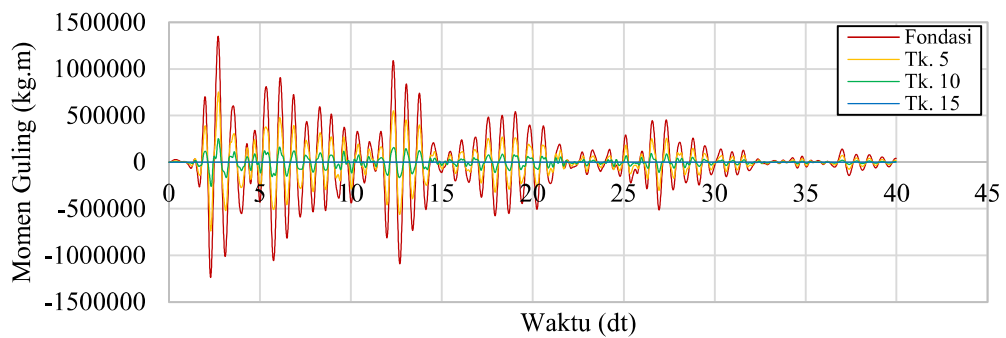




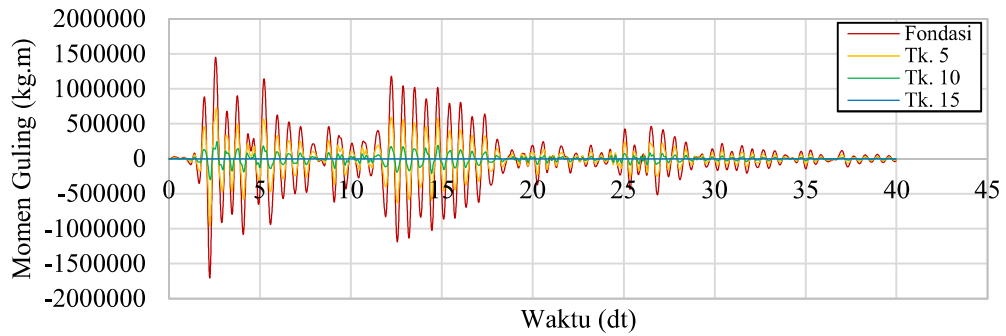
**Gambar 5.114 Momen Guling Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



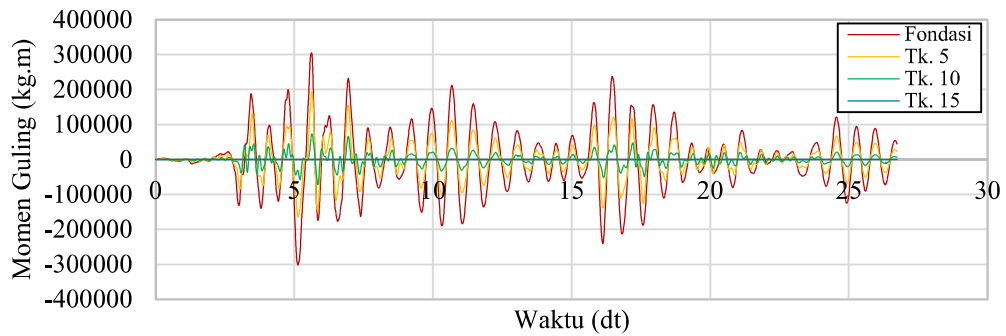
**Gambar 5.115 Momen Guling Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Rendah dengan Kombinasi 2**



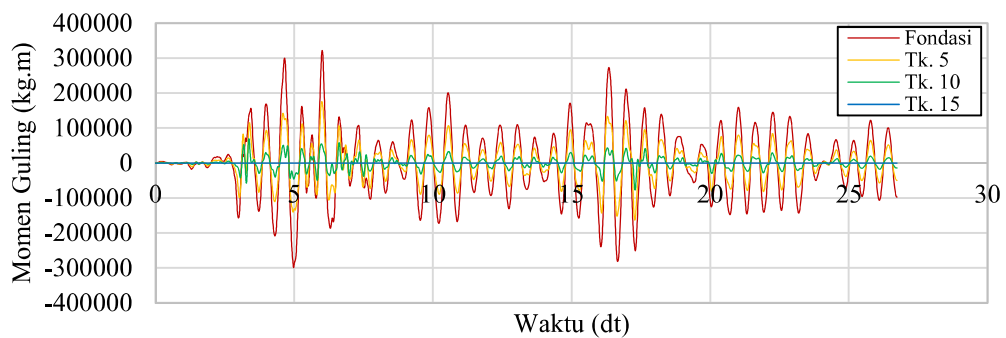
**Gambar 5.116 Momen Guling Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.117 Momen Guling Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa EL Centro Menengah dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.118 Momen Guling Struktur Open Frame 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**



**Gambar 5.119 Momen Guling Struktur Bracing X 15 Tingkat Akibat Gempa Manjil dengan Kombinasi 2**

## 5.9 Pembahasan

Pembahasan respon struktur meliputi simpangan relatif maksimum, rotasi fondasi maksimum, simpangan rotasi maksimum, simpangan total maksimum, *drift ratio* maksimum, gaya horizontal maksimum, gaya geser maksimum dan momen guling maksimum. Kombinasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

### 1. Kombinasi 1 (Fleksibel)

$$K_h = 136385430.7 \text{ kg/m}, K_r = 9455044295 \text{ kgm/rad}$$

$$C_h = 1014026.739 \text{ kgdt/m}, C_r = 11882995.9 \text{ kgmdt/rad}$$

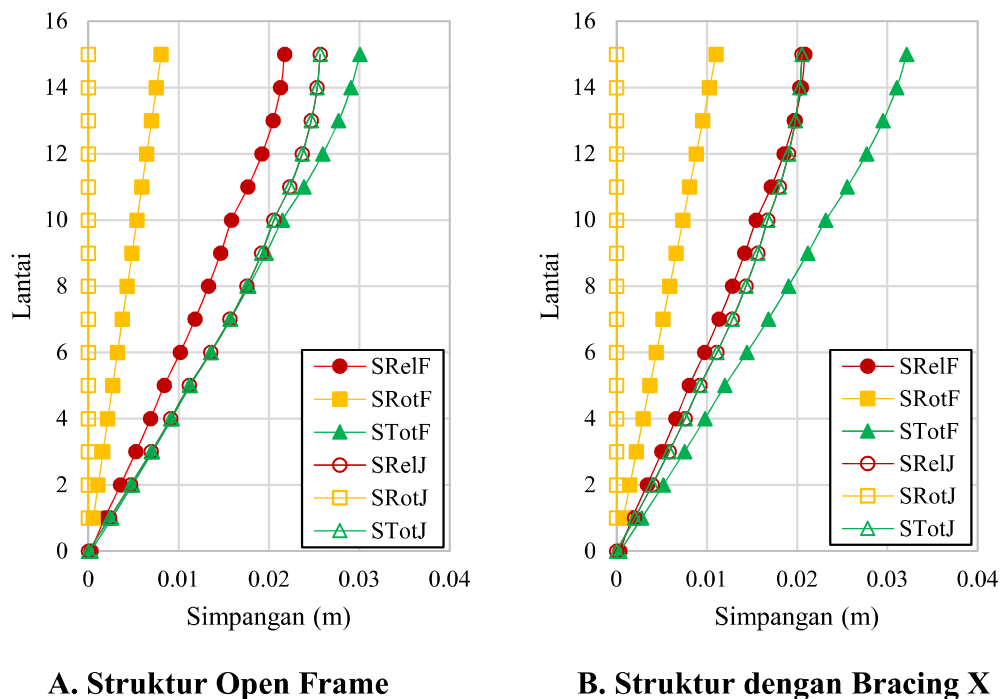
### 2. Kombinasi 2 (Jepit)

$$K_h = 1.36E+25 \text{ kg/m}, K_r = 9.46E+25 \text{ kgm/rad}$$

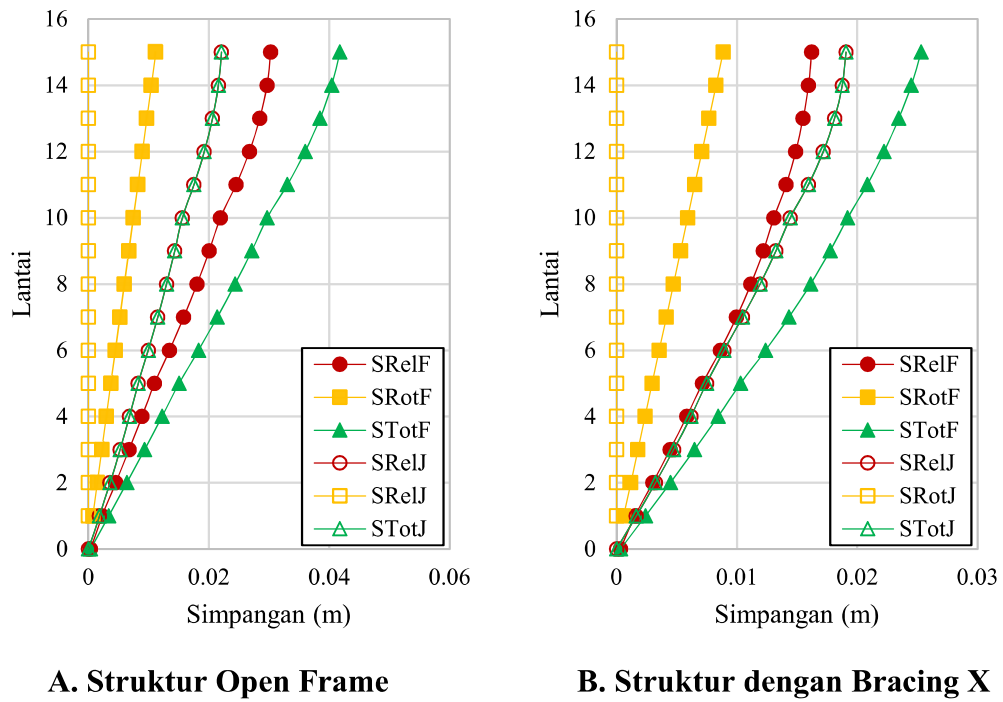
$$C_h = 1014026.739 \text{ kgdt/m}, C_r = 11882995.9 \text{ kgmdt/rad}$$

### 5.9.1 Simpangan

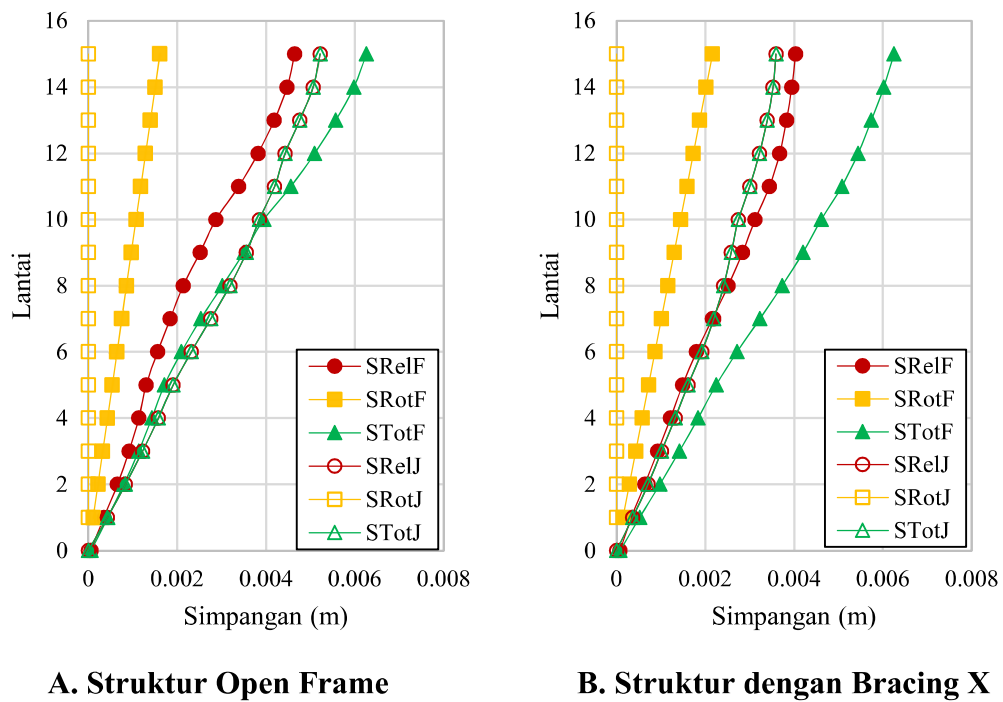
Pembahasan simpangan berdasarkan Gambar 5.120 sampai 5.122. Hasil dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.



**Gambar 5.120 Grafik Simpangan Relatif Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat Gempa EL Centro Rendah**



**Gambar 5.121 Grafik Simpangan Relatif Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat Gempa EL Centro Menengah**



**Gambar 5.122 Grafik Simpangan Relatif Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat Gempa Manjil**

Dari Gambar 5.120 sampai 5.122 maka didapatkan hasil simpangan relatif dan simpangan total dengan fondasi jepit mendapatkan hasil yang relatif sama. Hal ini dikarenakan rotasi fondasi yang dihasilkan bernilai nol sehingga simpangan akibat rotasi bernilai nol.

Simpangan pada struktur *open frame* dan struktur dengan bracing X akibat gempa EL Centro rendah akan menghasilkan simpangan relatif yang besar pada saat fondasi jepit dibandingkan dengan fondasi fleksibel, sedangkan simpangan total terjadi sebaliknya. Hal ini dikarenakan simpangan relatif merupakan simpangan bersih yang terjadi sebelum dipengaruhi oleh rotasi fondasi dan simpangan rotasi, sedangkan simpangan total yang terjadi sudah dipengaruhi oleh rotasi fondasi dan simpangan rotasi.

Simpangan pada struktur *open frame* akibat gempa EL Centro menengah akan menghasilkan simpangan relatif dan simpangan total yang besar dengan fondasi fleksibel dibandingkan dengan fondasi jepit. Hal ini dikarenakan beberapa faktor diantaranya *Peak Ground Acceleration* (PGA), durasi efektif.

Simpangan pada struktur dengan bracing X akibat gempa EL Centro menengah akan menghasilkan simpangan relatif yang besar pada saat fondasi jepit dibandingkan dengan fondasi fleksibel, sedangkan simpangan total terjadi sebaliknya. Hal ini dikarenakan simpangan relatif merupakan simpangan bersih yang terjadi sebelum dipengaruhi oleh rotasi fondasi dan simpangan rotasi, sedangkan simpangan total yang terjadi sudah dipengaruhi oleh rotasi fondasi dan simpangan rotasi.

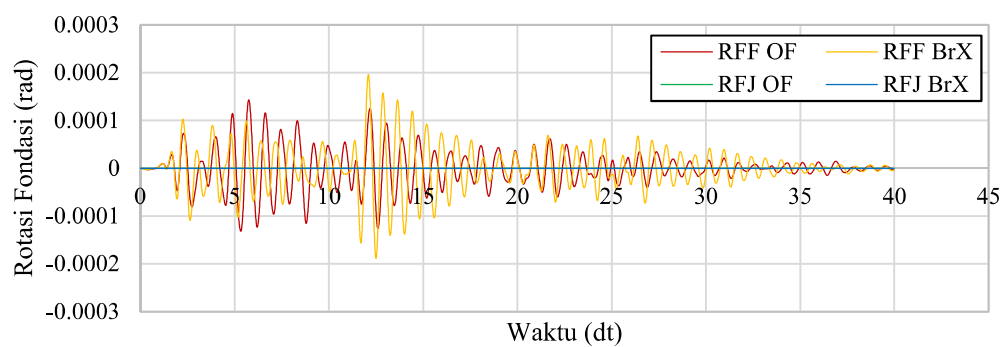
Simpangan yang terjadi pada struktur *open frame* akibat gempa Manjil cenderung dekat dengan yang terjadi pada struktur dengan bracing X akibat gempa EL Centro sedangkan simpangan yang terjadi pada dengan bracing X akibat gempa Manjil cenderung dekat dengan yang terjadi pada struktur *open frame* akibat gempa EL Centro. Hal ini dikarenakan beberapa faktor diantaranya *Peak Ground Acceleration* (PGA), durasi efektif.

Struktur dengan bracing X tidak terlalu berpengaruh terhadap simpangan yang terjadi. Hal ini dikarenakan penggunaan bracing akan berdampak pada nilai kekakuan struktur yang besar dibandingkan dengan *open frame*. Pada struktur yang

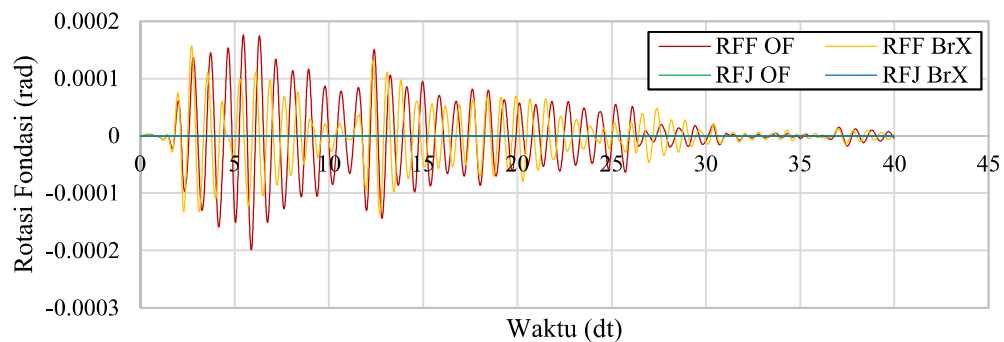
lebih kaku kemungkinan terjadinya rotasi fondasi akan menjadi lebih besar yang akan berdampak pada simpangan rotasi yang besar juga sehingga simpangan total akan sangat besar.

### 5.9.2 Rotasi Fondasi

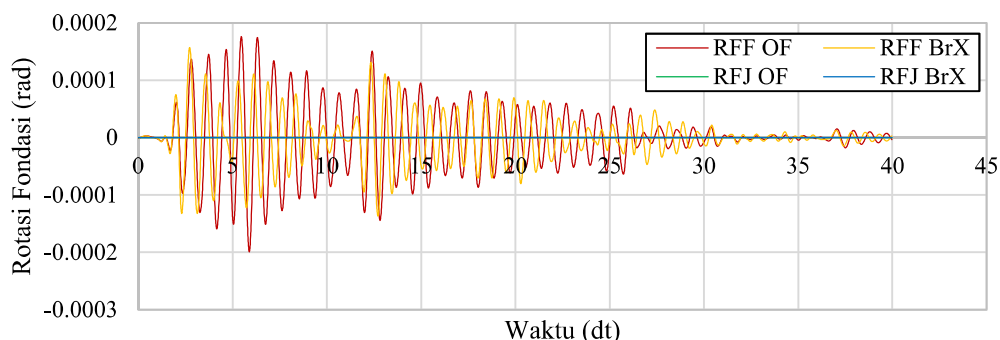
Pembahasan rotasi fondasi berdasarkan Gambar 5.123 sampai 5.125 dan Tabel 5.15. Hasil dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.



**Gambar 5.123 Grafik Rotasi Fondasi Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat Gempa EL Centro Rendah**



**Gambar 5.124 Grafik Rotasi Fondasi Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat Gempa EL Centro Menengah**



**Gambar 5.125 Grafik Rotasi Fondasi Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat Gempa Manjil**

**Tabel 5.15 Grafik Rotasi Fondasi Maksimum Struktur 15 Tingkat**

Gempa	Fleksibel		Jepit	
	Open Frame	Bracing X	Open Frame	Bracing X
EL Centro Rendah	0.000143366	0.000196001	1.76336E-20	2.01838E-20
El Centro Menengah	0.000198788	0.000157258	1.43385E-20	1.80843E-20
Manjil	2.85964E-05	3.83845E-05	3.22151E-21	3.43262E-21

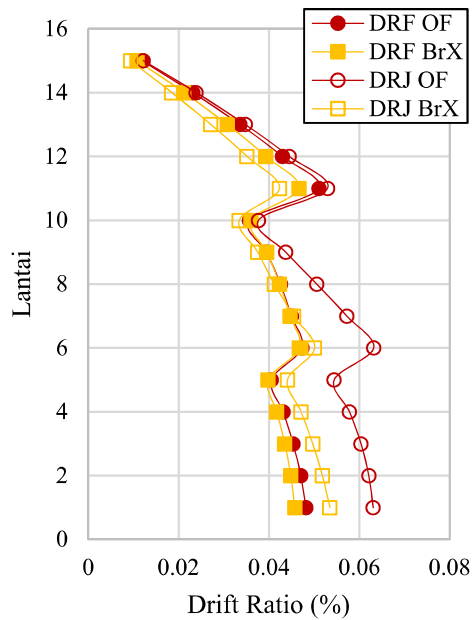
Dari Gambar 5.123 sampai 5.125 dan Tabel 5.15 maka didapatkan hasil rotasi fondasi yang dihasilkan oleh fondasi jepit bernilai nol sedangkan dengan fondasi fleksibel tidak. Hal ini dikarenakan fondasi jepit memberikan asumsi tanah dapat menjepit secara kaku fondasi sehingga tidak ada rotasi yang terjadi.

Rotasi fondasi yang dihasilkan struktur dengan bracing X pada fondasi fleksibel akibat gempa EL Centro rendah dan Manjil akan memberikan hasil yang lebih besar dibandingkan struktur *open frame*, sedangkan akibat EL Centro menengah terjadi sebaliknya. Hal ini dikarenakan beberapa faktor diantaranya *Peak Ground Acceleration* (PGA), durasi efektif.

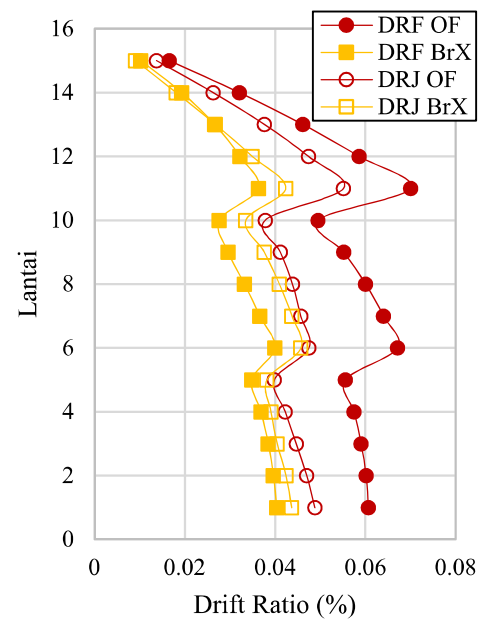
Rotasi fondasi pada struktur dengan bracing X pada fondasi fleksibel akibat gempa EL Centro rendah akan menghasilkan rotasi fondasi yang besar dibandingkan akibat gempa EL Centro menengah dan Manjil, sedangkan pada struktur *open frame* akibat gempa EL Centro menengah akan menghasilkan rotasi fondasi yang besar dibandingkan akibat gempa EL Centro rendah dan Manjil. Hal ini dikarenakan beberapa faktor diantaranya *Peak Ground Acceleration* (PGA), durasi efektif.

### 5.9.3 Drift Ratio

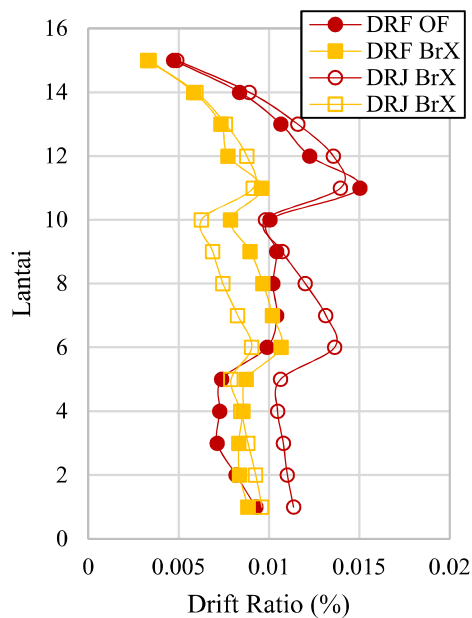
Pembahasan *drift ratio* berdasarkan Gambar 5.126 dan 5.127. Hasil dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.



**A. Gempa EL Centro Rendah**



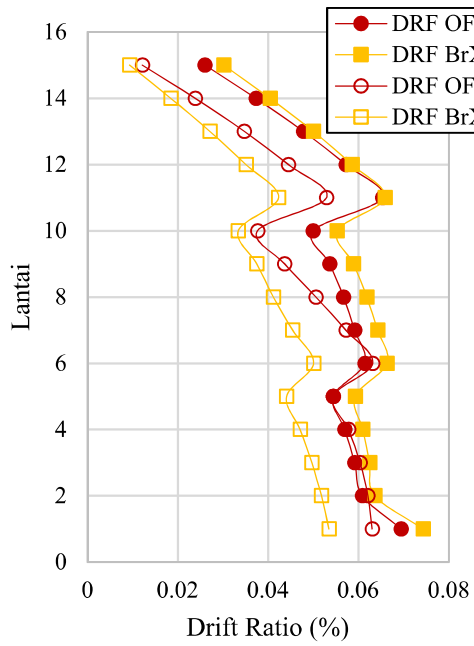
**B. Gempa EL Centro Menengah**



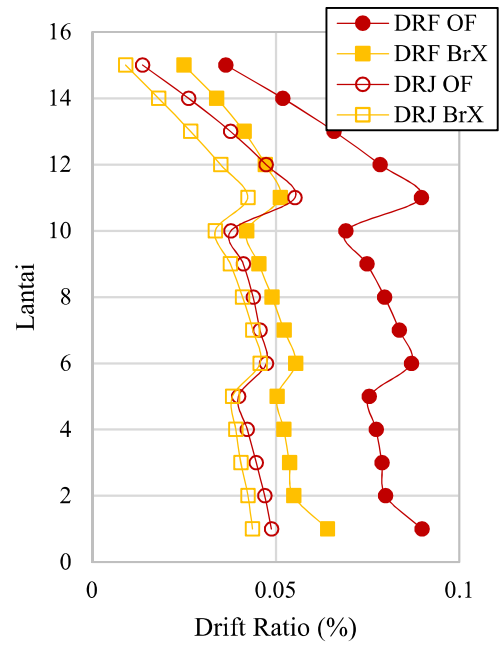
**C. Gempa Manjil**

**Gambar 5.126 Grafik *Drift Ratio* Simpangan Relatif Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat 3 Gempa**

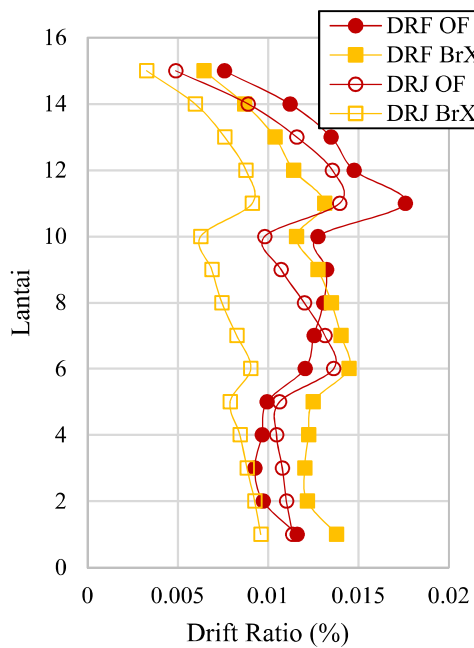




**A. Gempa EL Centro Rendah**



**B. Gempa EL Centro Menengah**



**C. Gempa Manjil**

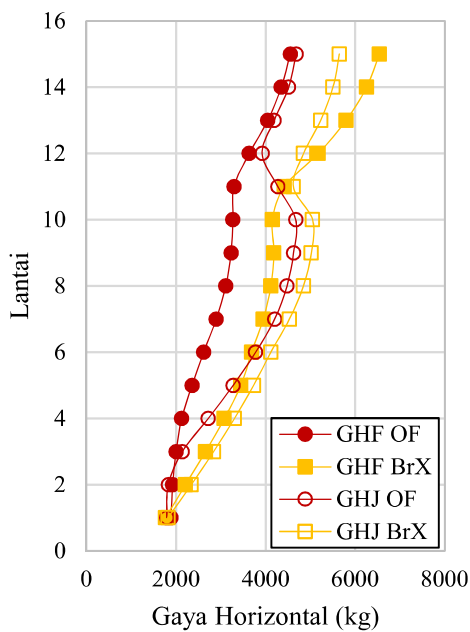
**Gambar 5.127 Grafik *Drift Ratio* Simpangan Total Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat 3 Gempa**

Dari Gambar 5.126 dan 5.127 maka didapatkan hasil *drift ratio* pada simpangan total akan lebih besar dibandingkan dengan *drift ratio* pada simpangan relatif. Hal ini dikarenakan simpangan total merupakan hasil yang dipengaruhi simpangan relatif, rotasi fondasi, dan simpangan rotasi.

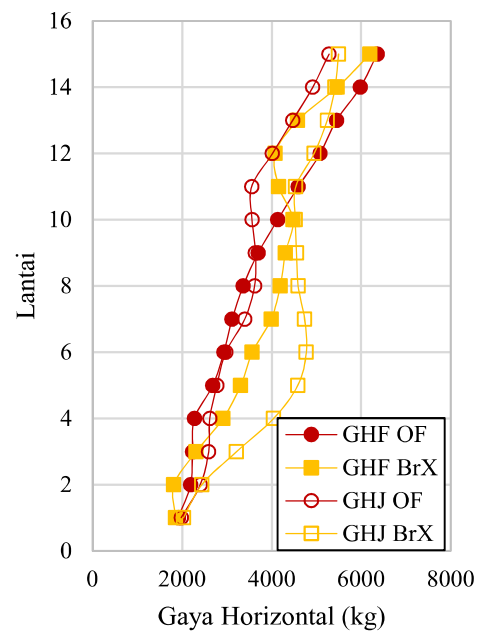
Tekukan yang ekstrim pada tingkat 5 dan tingkat 10 diakibatkan oleh dimensi material yang digunakan berbeda sehingga massa, kekakuan, dan redaman berbeda.

#### 5.9.4 Gaya Horizontal

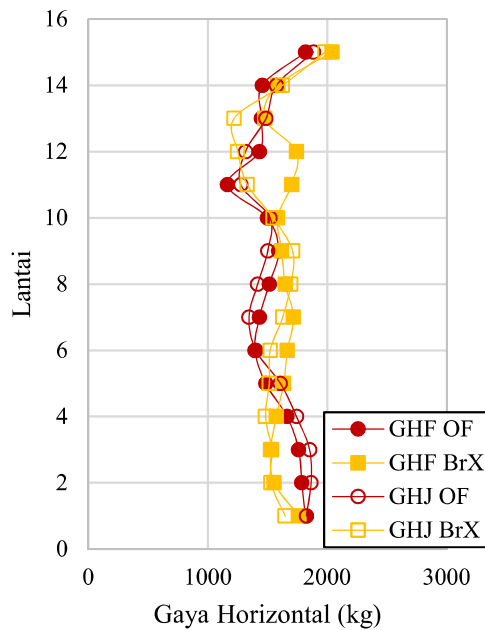
Pembahasan gaya horizontal berdasarkan Gambar 5.128. Hasil dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.



**A. Gempa EL Centro Rendah**



**B. Gempa EL Centro Menengah**



### C. Gempa Manjil

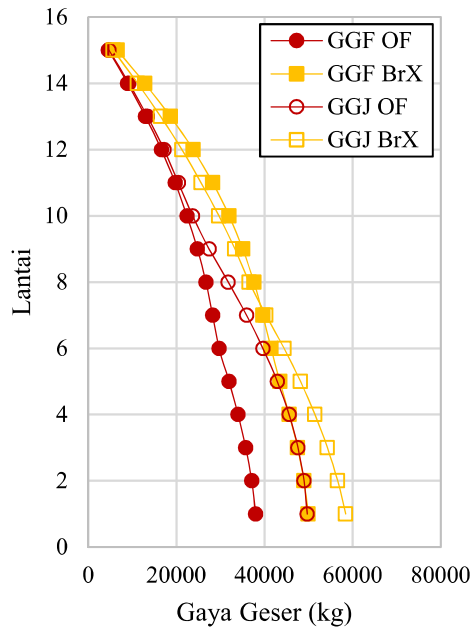
**Gambar 5.128 Grafik Gaya Horizontal Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat 3 Gempa**

Dari Gambar 5.128 maka didapatkan hasil sebagai berikut gaya horizontal pada struktur dengan bracing X akan menghasilkan nilai yang besar dibandingkan dengan struktur *open frame* pada gempa-gempa tertentu. Hal ini dikarenakan semakin kaku suatu struktur akan berdampak semakin besar gaya horizontal yang dihasilkan.

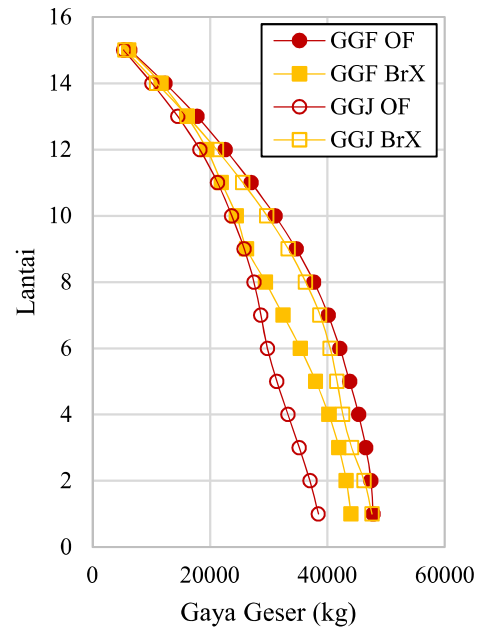
Gaya horizontal terbesar terjadi akibat gempa EL Centro rendah dibandingkan dengan akibat gempa EL Centro menengah dan Manjil. Hal ini dikarenakan struktur akibat gempa EL Centro rendah dapat memberikan dampak struktur dapat berasosiasi dengan baik.

#### 5.9.5 Gaya Geser

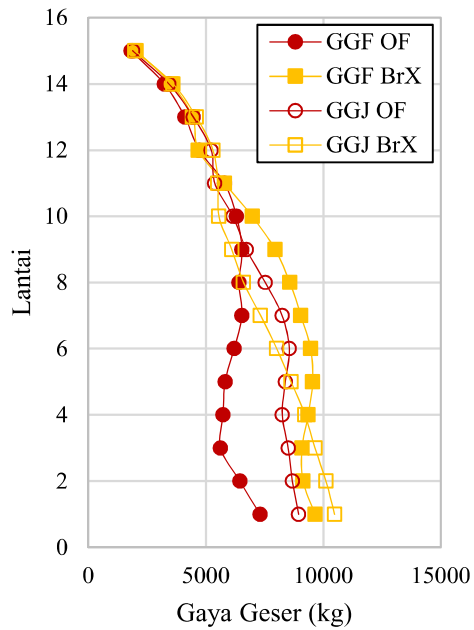
Pembahasan gaya geser berdasarkan Gambar 5.129. Hasil dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.



**A. Gempa EL Centro Rendah**



**B. Gempa EL Centro Menengah**



**C. Gempa Manjil**

**Gambar 5.129 Grafik Gaya Geser Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat 3 Gempa**

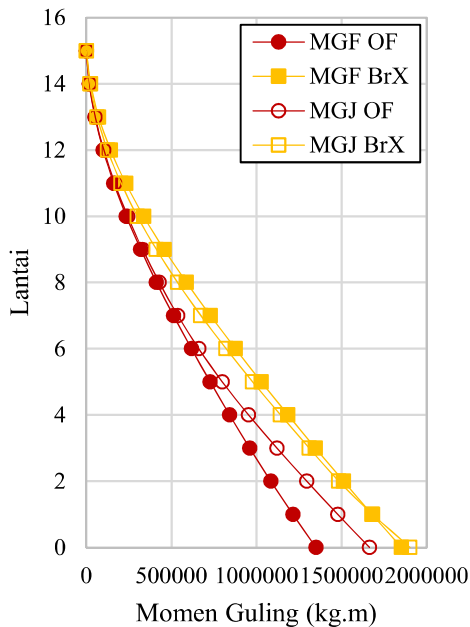
Dari Gambar 5.129 maka didapatkan hasil gaya geser yang dihasilkan oleh fondasi jepit akan lebih besar dibandingkan gaya geser yang dihasilkan oleh fondasi fleksibel. Hal ini dikarenakan gaya geser dipengaruhi oleh simpangan relatif.

Gaya geser pada struktur dengan bracing X akan menghasilkan nilai yang besar dibandingkan dengan struktur *open frame* pada gempa-gempa tertentu. Hal ini dikarenakan semakin kaku suatu struktur akan berdampak semakin besar gaya geser yang harus diterima di dasar tanah.

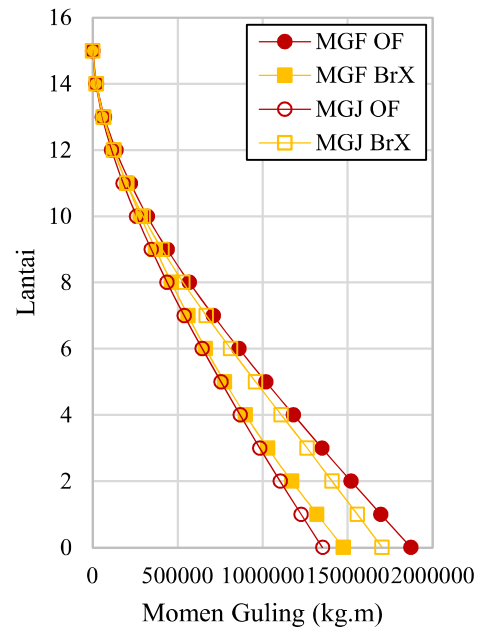
Gaya geser terbesar terjadi akibat gempa EL Centro rendah dibandingkan dengan akibat gempa EL Centro menengah dan Manjil. Hal ini dikarenakan struktur akibat gempa EL Centro dapat memberikan dampak struktur dapat berasosiasi dengan baik.

### 5.9.6 Momen Guling

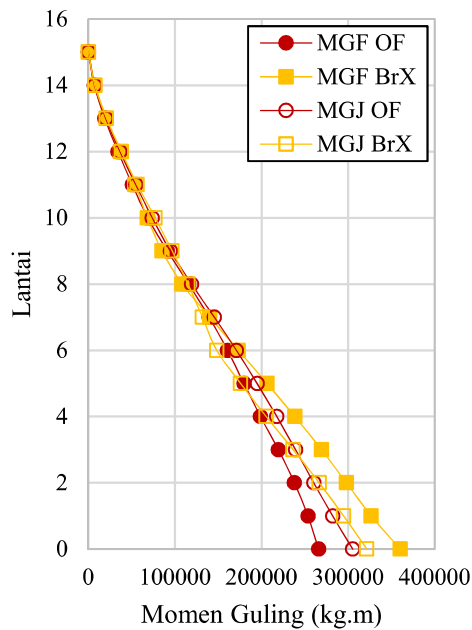
Pembahasan momen guling berdasarkan Gambar 5.130. Hasil dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.



**A. Gempa EL Centro Rendah**



**B. Gempa EL Centro Menengah**



### C. Gempa Manjil

**Gambar 5.130 Grafik Momen Guling Maksimum Struktur 15 Tingkat akibat 3 Gempa**

Dari Gambar 5.130 maka didapatkan hasil momen guling pada struktur dengan bracing X akan menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan struktur *open frame* pada gempa tertentu. Hal ini dikarenakan semakin kaku struktur akan mengakibatkan nilai rotasi fondasi yang lebih besar sehingga berdampak pada momen guling yang besar juga.

Momen guling terbesar terjadi akibat gempa EL Centro rendah dibandingkan dengan akibat gempa EL Centro menengah dan Manjil. Hal ini dikarenakan struktur akibat gempa EL Centro dapat memberikan dampak struktur dapat berasosiasi dengan baik.