

BAB IV.
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kondisi Eksisting (Tanpa perkuatan)

4.1.1 Periode dan Frekuensi Struktur

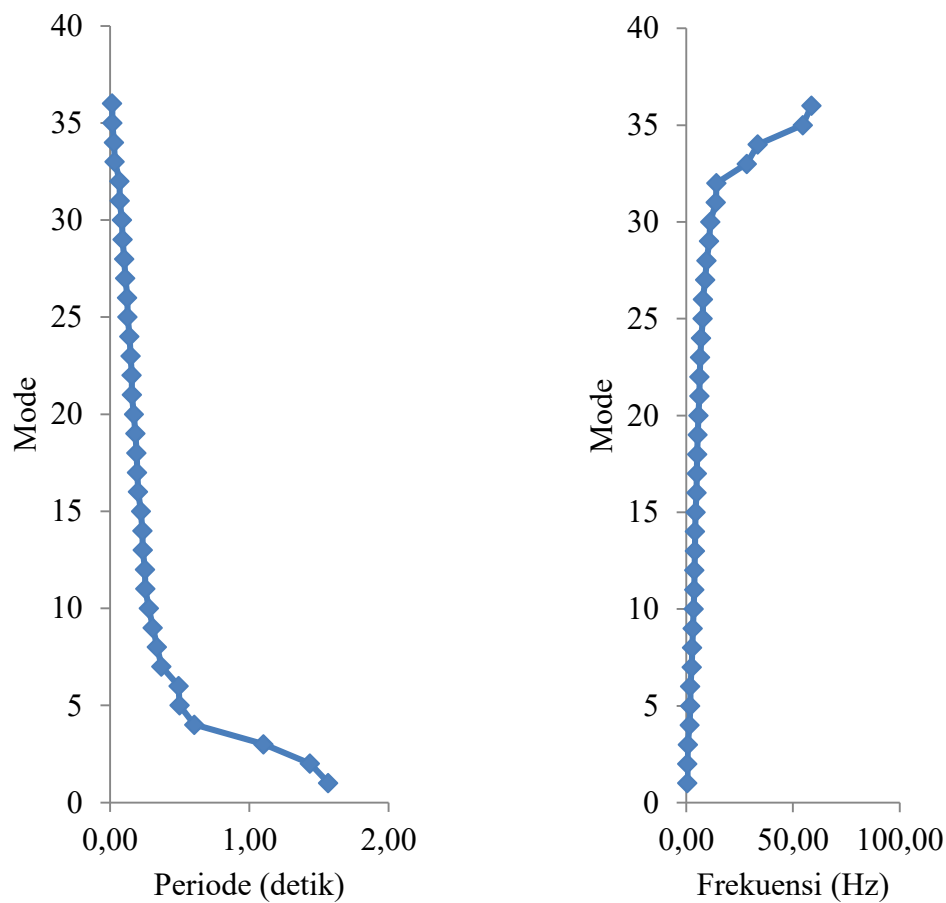
Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan periode fundamental struktur diperoleh menggunakan elemen struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung dan periode fundamental pendekatan yang harus ditentukan dari persamaan yang telah ditentukan. Hubungan antara nilai periode fundamental dengan frekuensi berbanding terbalik, semakin besar nilai periode fundamental maka nilai frekuensinya kecil dan semakin kecil nilai frekuensinya maka nilai periodenya besar. Nilai periode dan frekuensi struktur pada kondisi eksisting tanpa perkuatan khusus dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Nilai periode dan frekuensi

Mode	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)
1	1,568	0,638
2	1,438	0,696
3	1,103	0,906
4	0,607	1,649
5	0,501	1,996
6	0,494	2,026
7	0,372	2,692
8	0,339	2,952
9	0,309	3,235
10	0,280	3,574
11	0,255	3,926
12	0,253	3,952
13	0,237	4,218

Tabel 4. 2 (Lanjutan)

Mode	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)
14	0,234	4,269
15	0,223	4,486
16	0,203	4,915
17	0,196	5,095
18	0,192	5,214
19	0,184	5,439
20	0,172	5,809
21	0,159	6,290
22	0,157	6,374
23	0,149	6,697
24	0,141	7,078
25	0,127	7,862
26	0,126	7,966
27	0,111	9,018
28	0,104	9,650
29	0,092	10,888
30	0,088	11,403
31	0,071	14,032
32	0,070	14,228
33	0,035	28,469
34	0,030	33,662
35	0,018	54,727
36	0,017	58,739



Gambar 4. 1 Nilai periode dan frekuensi struktur.

4.1.2 Partisipasi Massa

Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan ragam getar alami struktur harus dilakukan analisis terlebih dahulu. Syarat penentuan analisis yaitu menyertakan ragam yang cukup hingga menghasilkan partisipasi massa ragam terkombinasi yang nilainya minimal mencapai 90 % dari massa aktual dalam masing – masing sumbu dari *respon* model yang ditinjau. Nilai ratio partisipasi massa apabila belum tercapai maka mode bangunan harus ditambah sampai partisipasi massa terlampaui. Untuk menentukan jumlah mode awal yang di pakai adalah mengalikan jumlah lantai dengan sumbu analisis. Pada penelitian ini gedung yang di analisis memiliki jumlah 12 lantai sehingga mode yang digunakan sebanyak 36. Partisipasi massa hasil dari analisis menggunakan *SAP2000* dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Rasio modal pasrtisipasi massa

Mode	Periode (Detik)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1,568	0,501	0,000	0,501	0,000
2	1,438	0,001	0,424	0,502	0,424
3	1,103	0,002	0,065	0,504	0,489
4	0,607	0,160	0,000	0,664	0,489
5	0,501	0,000	0,191	0,664	0,680
6	0,494	0,034	0,000	0,698	0,680
7	0,372	0,026	0,006	0,725	0,686
8	0,339	0,019	0,008	0,744	0,694
9	0,309	0,020	0,005	0,763	0,699
10	0,280	0,005	0,034	0,769	0,733
11	0,255	0,002	0,006	0,771	0,738
12	0,253	0,000	0,001	0,771	0,739
13	0,237	0,002	0,005	0,773	0,744
14	0,234	0,002	0,017	0,775	0,761
15	0,223	0,019	0,000	0,794	0,761
16	0,203	0,001	0,000	0,794	0,761
17	0,196	0,000	0,003	0,794	0,764
18	0,192	0,001	0,021	0,795	0,785
19	0,184	0,010	0,004	0,805	0,789
20	0,172	0,002	0,002	0,807	0,791
21	0,159	0,012	0,002	0,819	0,793
22	0,157	0,003	0,002	0,822	0,795
23	0,149	0,001	0,000	0,823	0,796
24	0,141	0,000	0,005	0,823	0,801
25	0,127	0,000	0,014	0,824	0,815
26	0,126	0,014	0,002	0,837	0,817
27	0,111	0,005	0,000	0,842	0,817
28	0,104	0,000	0,009	0,842	0,826
29	0,092	0,007	0,000	0,849	0,826
30	0,088	0,000	0,018	0,849	0,844
31	0,071	0,002	0,001	0,851	0,844
32	0,070	0,000	0,010	0,851	0,855
33	0,035	0,000	0,047	0,851	0,901
34	0,030	0,044	0,000	0,896	0,902
35	0,018	0,082	0,001	0,978	0,902
36	0,017	0,001	0,077	0,979	0,979

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa partisipasi massa bangunan telah mencapai atau lebih dari 90% pada modal ke 35 maka modal

bangunan tidak perlu ditambah lagi karena telah memenuhi syarat rasio partisipasi massa yang diijinkan. Periode fundamental yang tercepat terjadi pada modal 36 dengan periode 0,017.

4.1.3 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base shear*)

Syarat gaya geser dasar menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) nilai gaya geser dinamik *respons spektrum* lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar yang didapatkan dari analisis statik ekuivalen, jika nilai gaya geser dinamik *respons spektrum* yang didapatkan lebih kecil dari 85% nilai gaya geser statik ekuivalen, maka nilai koefisien gempa arah x dan arah y harus dikalikan faktor skala yang baru. Hasil pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai faktor pengali struktur mempunyai nilai kurang dari 1 yang berarti telah memenuhi syarat yaitu nilai gaya geser dinamik akibat beban gempa *respons spektrum* telah lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar rencana analisis statik ekuivalen maka tidak perlu dilakukan analisis ulang dan hasil output dari *SAP2000* sudah dapat digunakan.

Tabel 4. 4 Nilai *base shear* dinamik *respons spektrum* dan statik ekuivalen

Arah	Vdinamik, Vd (kN)	85%Vstatik, Vs 9 (kN)	Pengali
X	3040,974	1845,579	0,607
Y	3197,383	1984,383	0,621

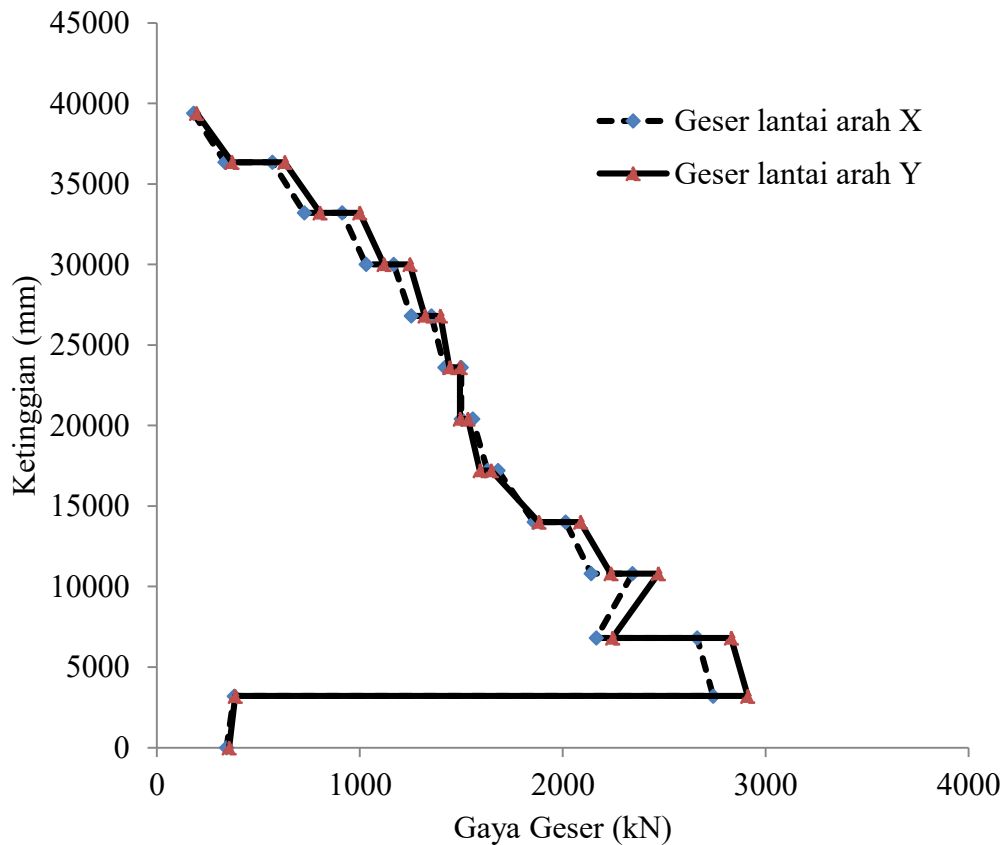
4.1.4. Gaya Geser Lantai (*Story shear*)

Menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) gaya geser rencana masing-masing lantai harus lebih kecil dari gaya geser tingkat hasil perhitungan dari nilai gaya geser yang diperoleh dari analisis spektrum *respon* di arah yang ditinjau. Pada setiap kenaikan antar lantai nilai gaya geser lantai akan mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh gaya yang bekerja pada masing- masing lantai semakin diatas maka gaya nya semakin kecil. Pada penelitian kali ini hasil analisis gaya geser lantai pada lantai *basement* 2 memiliki gaya geser yang kecil yang secara teori seharusnya memiliki gaya geser yang besar. Hal ini disebabkan karena luasan area pada lantai *basement* 2 yang lebih kecil dari lantai atasnya yaitu *basement* 1. Gambar 4.6 menunjukkan nilai gaya geser untuk masing-masing lantai pada arah X lebih besar dari arah Y dikarenakan pada arah X merupakan simultan gerak tanah di arah kritis sedangkan untuk arah Y merupakan simultan gerak tanah di arah

sumbu kuat. Hasil analisis didapatkan nilai gaya geser lantai maksimum berada di lantai *basement* 1 sebesar 2740,999 kN untuk arah X dan untuk arah Y sebesar 2911,627 kN, sedangkan gaya geser lantai minimum berada di lantai 10 sebesar 180,743 kN arah X dan 195,705 arah Y.

Tabel 4. 5 Nilai *story shear*

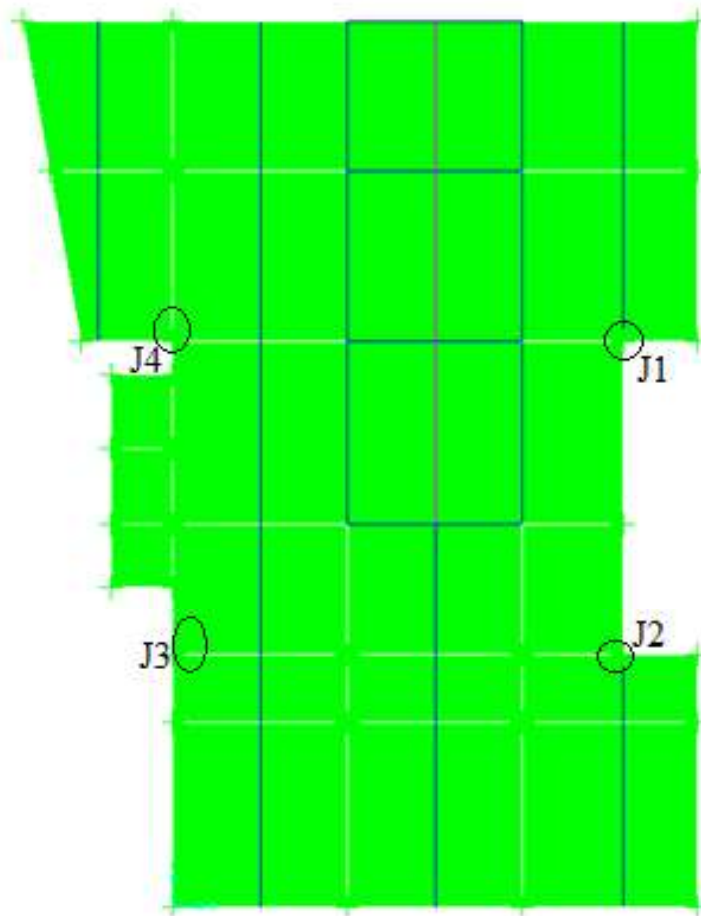
Lokasi		Gaya Geser Lantai	
		Arah X (kN)	Arah Y (kN)
Lantai 10	Atas	180,743	195,705
	Bawah	335,456	370,28
Lantai 9	Atas	569,376	629,934
	Bawah	727,175	804,388
Lantai 8	Atas	912,774	999,939
	Bawah	1030,829	1119,228
Lantai 7	Atas	1167,252	1246,69
	Bawah	1253,196	1320,845
Lantai 6	Atas	1353,211	1396,89
	Bawah	1418,858	1442,362
Lantai 5	Atas	1499,735	1493,908
	Bawah	1499,735	1493,908
Lantai 4	Atas	1555,986	1533,014
	Bawah	1628,848	1591,812
Lantai 3	Atas	1681,306	1647,674
	Bawah	1858,852	1882,258
Lantai 2	Atas	2014,338	2086,981
	Bawah	2140,464	2237,288
Lantai 1	Atas	2342,949	2471,671
	Bawah	2165,095	2245,406
Bs 1	Atas	2662,454	2830,433
	Bawah	2740,999	2911,627
BS 2	Atas	380,573	385,855
	Bawah	343,233	356,618



Gambar 4. 2 Gaya geser lantai struktur.

4.1.5 Simpangan antar lantai (*Drift ratio*)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) dihitung sebagai perbedaan defleksi antara pusat massa lantai atas dengan lantai dasar yang ditinjau. Nilai simpangan antar lantai yang dihasilkan pada pemodelan struktur ini diambil dari *joint 1*, *joint 2*, *joint 3*, dan *join 4* karena keempat join tersebut terletak disisi terlemah gedung. Nilai simpangan antar lantai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) yaitu perbandingan antara nilai simpangan antar lantai dengan tinggi antar lantai. Syarat nilai *drift ratio* yang diijinkan yaitu tidak boleh melebihi dari 1% , jika nilai *drift ratio* masih lebih besar dari 1% maka struktur tersebut perlu untuk ditinjau kembali simpangan dan kekuan strukturnya. *Drift ratio* antar lantai yang diperoleh dari setiap join tinjauan akibat gempa *respons spektrum* arah X dan gempa *respons spektrum* arah Y pada pemodelan struktur dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5.



Gambar 4. 3 Lokasi join yang di tinjau.

Tabel 4. 6 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 1 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	37,695	5,5	1	207,322	8,697	0,020	61,000	0,285	1
Lantai 10	3150	36,114	5,5	1	198,625	12,710	0,020	63,000	0,403	1
Lantai 9	3200	33,803	5,5	1	185,915	17,140	0,020	64,000	0,536	1
Lantai 8	3200	30,686	5,5	1	168,774	20,684	0,020	64,000	0,646	1
Lantai 7	3200	26,925	5,5	1	148,090	23,279	0,020	64,000	0,727	1
Lantai 6	3200	22,693	5,5	1	124,811	24,901	0,020	64,000	0,778	1
Lantai 5	3200	18,166	5,5	1	99,910	24,281	0,020	64,000	0,759	1
Lantai 4	3200	13,751	5,5	1	75,629	21,031	0,020	64,000	0,657	1
Lantai 3	3200	9,927	5,5	1	54,598	19,712	0,020	64,000	0,616	1
Lantai 2	4000	6,343	5,5	1	34,886	22,313	0,020	80,000	0,558	1
Lantai 1	3600	2,286	5,5	1	12,573	12,573	0,020	72,000	0,349	1
Bs I	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 7 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 2 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	31,499	5,5	1	173,245	10,389	0,020	63,000	0,330	1
Lantai 8	3200	27,014	5,5	1	148,577	17,636	0,020	64,000	0,551	1

Tabel 4. 8 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 7	3200	23,808	5,5	1	130,941	20,334	0,020	64,000	0,635	1
Lantai 6	3200	20,110	5,5	1	110,607	22,396	0,020	64,000	0,700	1
Lantai 5	3200	16,038	5,5	1	88,211	22,631	0,020	64,000	0,707	1
Lantai 4	3200	11,924	5,5	1	65,579	19,917	0,020	64,000	0,622	1
Lantai 3	3200	8,302	5,5	1	45,662	18,963	0,020	64,000	0,593	1
Lantai 2	4000	4,855	5,5	1	26,700	16,812	0,020	80,000	0,420	1
Lantai 1	3600	1,798	5,5	1	9,888	9,888	0,020	72,000	0,275	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 9 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 3 arah X

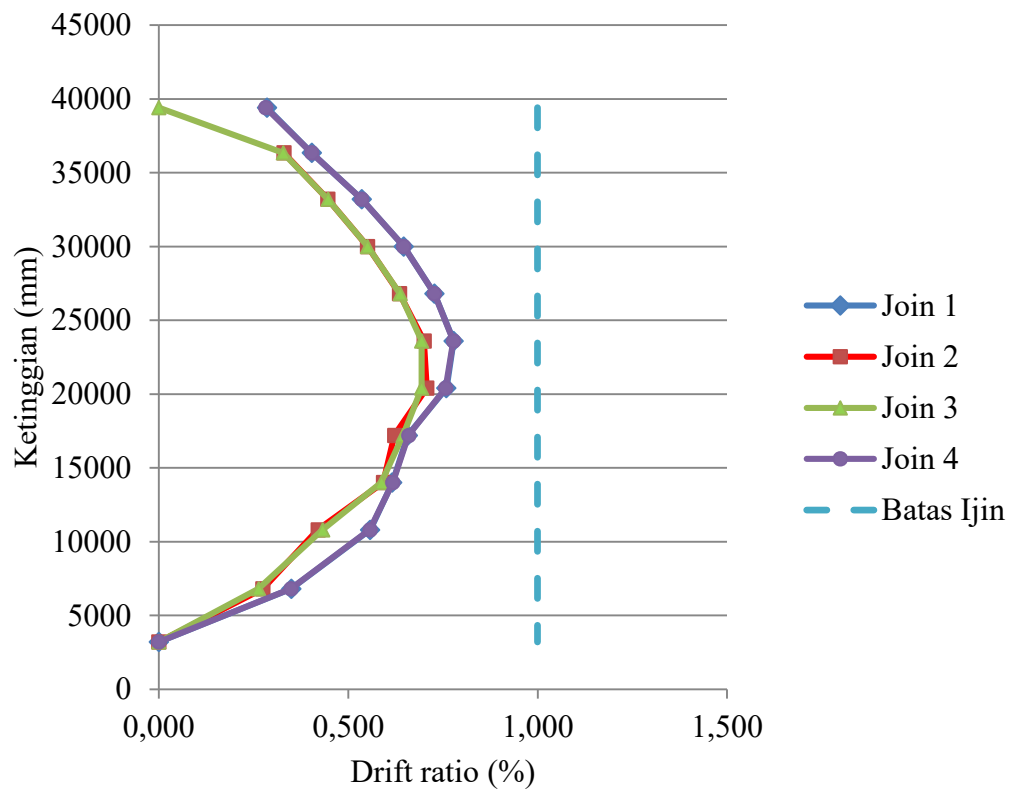
Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	31,501	5,5	1	173,255	10,346	0,020	63,000	0,328	1
Lantai 9	3200	29,620	5,5	1	162,910	14,292	0,020	64,000	0,447	1
Lantai 8	3200	27,021	5,5	1	148,618	17,635	0,020	64,000	0,551	1
Lantai 7	3200	23,815	5,5	1	130,983	20,374	0,020	64,000	0,637	1
Lantai 6	3200	20,111	5,5	1	110,608	22,193	0,020	64,000	0,694	1
Lantai 5	3200	16,075	5,5	1	88,415	22,198	0,020	64,000	0,694	1
Lantai 4	3200	12,040	5,5	1	66,217	20,629	0,020	64,000	0,645	1

Tabel 4. 10 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 3	3200	8,289	5,5	1	45,588	18,801	0,020	64,000	0,588	1
Lantai 2	4000	4,870	5,5	1	26,787	17,304	0,020	80,000	0,433	1
Lantai 1	3600	1,724	5,5	1	9,483	9,483	0,020	72,000	0,263	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 11 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 4 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	37,685	5,5	1	207,269	8,612	0,020	61,000	0,282	1
Lantai 10	3150	36,119	5,5	1	198,657	12,715	0,020	63,000	0,404	1
Lantai 9	3200	33,808	5,5	1	185,942	17,139	0,020	64,000	0,536	1
Lantai 8	3200	30,692	5,5	1	168,803	20,686	0,020	64,000	0,646	1
Lantai 7	3200	26,930	5,5	1	148,117	23,283	0,020	64,000	0,728	1
Lantai 6	3200	22,697	5,5	1	124,834	24,896	0,020	64,000	0,778	1
Lantai 5	3200	18,171	5,5	1	99,939	24,232	0,020	64,000	0,757	1
Lantai 4	3200	13,765	5,5	1	75,707	21,104	0,020	64,000	0,659	1
Lantai 3	3200	9,928	5,5	1	54,603	19,764	0,020	64,000	0,618	1
Lantai 2	4000	6,334	5,5	1	34,839	22,284	0,020	80,000	0,557	1
Lantai 1	3600	2,283	5,5	1	12,554	12,554	0,020	72,000	0,349	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1



Gambar 4. 4 *Drift ratio* akibat beban gempa arah X.

Tabel 4. 12 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 1 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	41,584	5,5	1	228,712	10,671	0,020	61,000	0,350	1
Lantai 10	3150	39,644	5,5	1	218,041	14,703	0,020	63,000	0,467	1
Lantai 9	3200	36,970	5,5	1	203,338	19,443	0,020	64,000	0,608	1
Lantai 8	3200	33,435	5,5	1	183,895	23,704	0,020	64,000	0,741	1
Lantai 7	3200	29,125	5,5	1	160,190	27,227	0,020	64,000	0,851	1
Lantai 6	3200	24,175	5,5	1	132,964	29,736	0,020	64,000	0,929	1
Lantai 5	3200	18,769	5,5	1	103,227	30,396	0,020	64,000	0,950	1
Lantai 4	3200	13,242	5,5	1	72,832	27,476	0,020	64,000	0,859	1
Lantai 3	3200	8,247	5,5	1	45,356	21,403	0,020	64,000	0,669	1
Lantai 2	4000	4,355	5,5	1	23,953	16,288	0,020	80,000	0,407	1
Lantai 1	3600	1,394	5,5	1	7,665	7,665	0,020	72,000	0,213	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 13 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 2 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	39,632	5,5	1	217,978	14,734	0,020	63,000	0,468	1
Lantai 9	3200	36,953	5,5	1	203,244	19,387	0,020	64,000	0,606	1

Tabel 4. 14 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 8	3200	33,429	5,5	1	183,857	23,705	0,020	64,000	0,741	1
Lantai 7	3200	29,119	5,5	1	160,152	27,222	0,020	64,000	0,851	1
Lantai 6	3200	24,169	5,5	1	132,930	29,743	0,020	64,000	0,929	1
Lantai 5	3200	18,761	5,5	1	103,187	30,442	0,020	64,000	0,951	1
Lantai 4	3200	13,226	5,5	1	72,744	27,533	0,020	64,000	0,860	1
Lantai 3	3200	8,220	5,5	1	45,211	21,838	0,020	64,000	0,682	1
Lantai 2	4000	4,250	5,5	1	23,373	15,804	0,020	80,000	0,395	1
Lantai 1	3600	1,376	5,5	1	7,569	7,569	0,020	72,000	0,210	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 15 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 3 arah Y

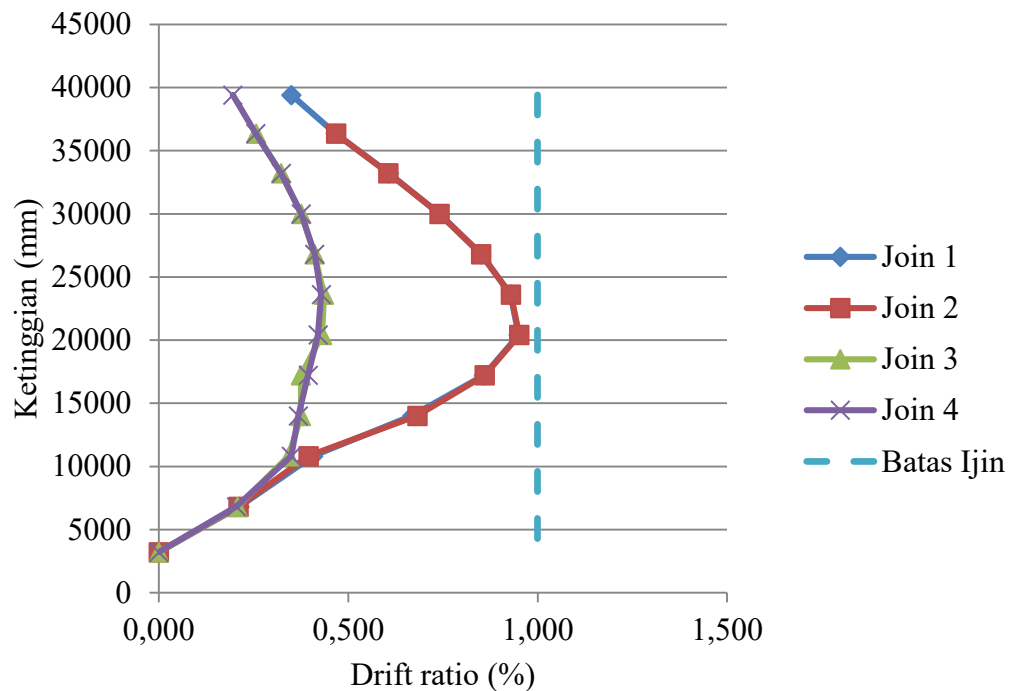
Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	21,197	5,5	1	116,581	8,095	0,020	63,000	0,257	1
Lantai 9	3200	19,725	5,5	1	108,487	10,326	0,020	64,000	0,323	1
Lantai 8	3200	17,847	5,5	1	98,161	12,031	0,020	64,000	0,376	1
Lantai 7	3200	15,660	5,5	1	86,130	13,148	0,020	64,000	0,411	1
Lantai 6	3200	13,269	5,5	1	72,981	13,950	0,020	64,000	0,436	1
Lantai 5	3200	10,733	5,5	1	59,031	13,789	0,020	64,000	0,431	1

Tabel 4. 16 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 4	3200	8,226	5,5	1	45,242	12,005	0,020	64,000	0,375	1
Lantai 2	4000	3,859	5,5	1	21,225	13,735	0,020	80,000	0,343	1
Lantai 1	3600	1,362	5,5	1	7,491	7,491	0,020	72,000	0,208	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 17 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 4 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	22,278	5,5	1	122,527	5,951	0,020	61,000	0,195	1
Lantai 10	3150	21,196	5,5	1	116,576	8,066	0,020	63,000	0,256	1
Lantai 9	3200	19,729	5,5	1	108,510	10,344	0,020	64,000	0,323	1
Lantai 8	3200	17,849	5,5	1	98,167	12,033	0,020	64,000	0,376	1
Lantai 7	3200	15,661	5,5	1	86,134	13,173	0,020	64,000	0,412	1
Lantai 6	3200	13,266	5,5	1	72,961	13,727	0,020	64,000	0,429	1
Lantai 5	3200	10,770	5,5	1	59,234	13,456	0,020	64,000	0,421	1
Lantai 4	3200	8,323	5,5	1	45,778	12,614	0,020	64,000	0,394	1
Lantai 3	3200	6,030	5,5	1	33,164	11,791	0,020	64,000	0,368	1
Lantai 2	4000	3,886	5,5	1	21,373	13,990	0,020	80,000	0,350	1
Lantai 1	3600	1,342	5,5	1	7,383	7,383	0,020	72,000	0,205	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1



Gambar 4. 5 *Drift ratio* akibat beban gempa arah Y.

Berdasarkan tabel *drift ratio* di atas nilai rasio simpangan yang dihasilkan akibat gempa *respons spektrum* arah X dan arah Y seluruh join masih dalam kategori aman karena nilainya masih di bawah batas yang di tentukan. Dilihat pada Gambar 4.4. nilai *drift ratio* arah gempa X pada ke-empat titik tinjauan cenderung seragam. hal ini dikarenakan sumbu kuat bangunan berada dalam arah gempa X. Sedangkan dilihat pada Gambar 4.5. nilai *drift ratio* arah gempa Y pada tinjauan join 1 dan 2 cenderung mendekati batas aman dikarenakan sumbu lemah bangunan pada arah gempa Y. Dapat dilihat juga pada tinjauan join 3 dan 4 cenderung aman dan menjauhi batas aman walaupun sama-sama berada pada sumbu lemah bangunan. Hal ini dikarenakan pada area titik tinjauan terdapat struktur lift dengan kolom L yang menambah kekakuan struktur pada area tersebut.

4.1.6 Desain tulangan balok dan kolom

Tabel 4. 18 Hasil desain tulangan lentur dan tulangan geser pada balok

Balok	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan
	b (mm)	h (mm)		
B1	300	600	Tumpuan Tarik	8 D22
			Tumpuan Tekan	4 D22
			Lapangan Tarik	5 D22
			Lapangan Tekan	3 D22
			Tulangan Geser	3P10-70
B2	350	700	Tumpuan Tarik	8 D22
			Tumpuan Tekan	4 D22
			Lapangan Tarik	6 D22
			Lapangan Tekan	3 D22
			Tulangan Geser	3P10-70
B3	200	400	Tumpuan Tarik	5 D16
			Tumpuan Tekan	3 D16
			Lapangan Tarik	5 D16
			Lapangan Tekan	3 D16
			Tulangan Geser	2P10-160
BA1	250	500	Tumpuan Tarik	4 D19
			Tumpuan Tekan	2 D19
			Lapangan Tarik	3 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-220
BA2	250	500	Tumpuan Tarik	2 D19
			Tumpuan Tekan	1 D19
			Lapangan Tarik	4 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-170
BK1	300	600	Tumpuan Tarik	4 D19
			Tumpuan Tekan	2 D19
			Lapangan Tarik	
			Lapangan Tekan	
			Tulangan Geser	2P10-250
BK2	200	400	Tumpuan Tarik	4 D16
			Tumpuan Tekan	2 D16
			Lapangan Tarik	
			Lapangan Tekan	
			Tulangan Geser	2P10-170

Tabel 4. 19 (Lanjutan)

Balok	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan
	b (mm)	h (mm)		
TB1	300	600	Tumpuan Tarik	5 D22
			Tumpuan Tekan	3 D22
			Lapangan Tarik	3 D22
			Lapangan Tekan	2 D22
			Tulangan Geser	2P10-90
TB2	250	500	Tumpuan Tarik	4 D19
			Tumpuan Tekan	2 D19
			Lapangan Tarik	3 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-180

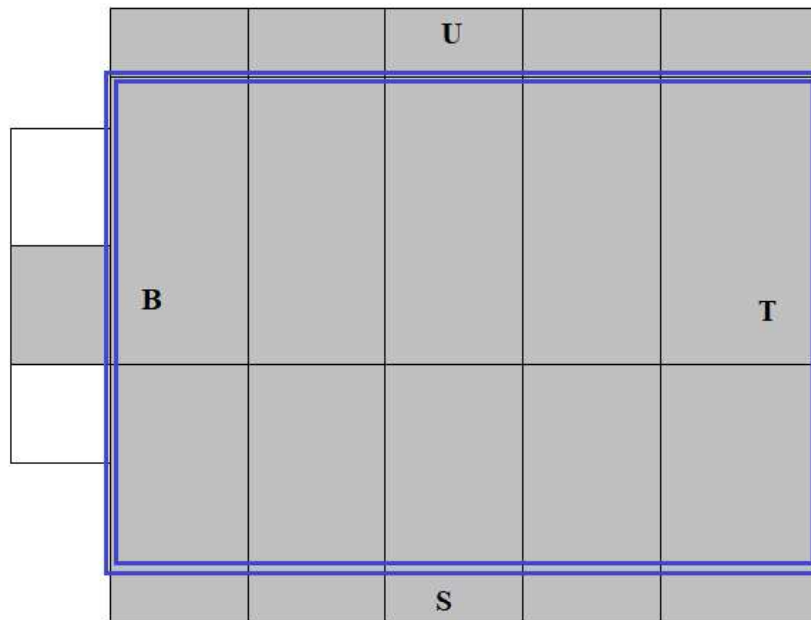
Tabel 4. 20 Hasil desain tulangan pokok dan tulangan geser pada kolom

Kolom	Dimensi		Penulangan	Tulangan pakai
	b (mm)	h (mm)		
K1 Lt. BS2-Lt.4	600	900	Longitudinal	22 D25
			Geser pada Lo	4D10-90
			Geser luar Lo	4D10-150
K1 Lt.5-Lt.10	600	900	Longitudinal	16 D25
			Geser pada Lo	4D10-90
			Geser luar Lo	4D10-150
K2	500	700	Longitudinal	16 D25
			Geser pada Lo	3D13-110
			Geser luar Lo	3D13-150

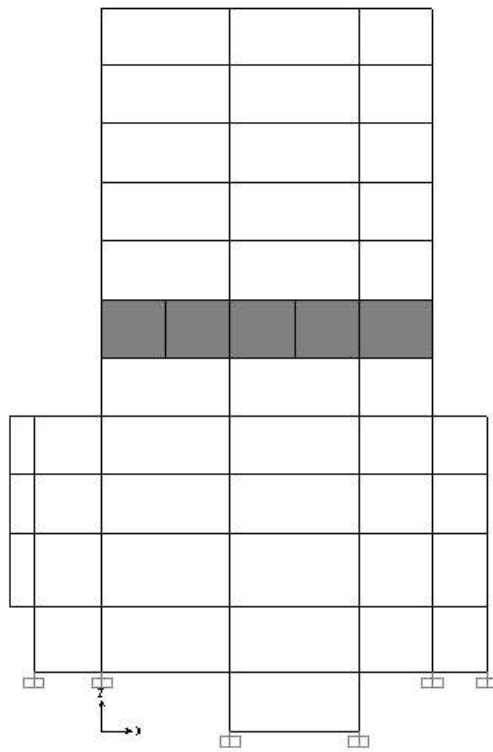
4.2. Analisis Kondisi Dengan Perkuatan *Outrigger*

Outrigger adalah suatu struktur tambahan berdimensi besar bias berupa material beton atau baja konvensional, yang dipasang menghubungkan core dengan kolom- kolom eksterior suatu bangunan gedung. Fungsi utamanya adalah mengurangi simpangan lateral suatu bangunan tingkat tinggi, khususnya pada bangunan yang memiliki lebih dari 40 lantai yang juga terletak pada daerah yang merupakan zona gempa ataupun yang beban anginnya cukup besar. Sistem *outrigger* digunakan sebagai salah satu sistem struktural yang efektif untuk mengontrol beban yang bekerja secara lateral. Ketika beban lateral bekerja pada suatu struktur, baik beban angin ataupun gempa, maka kerusakan struktur secara

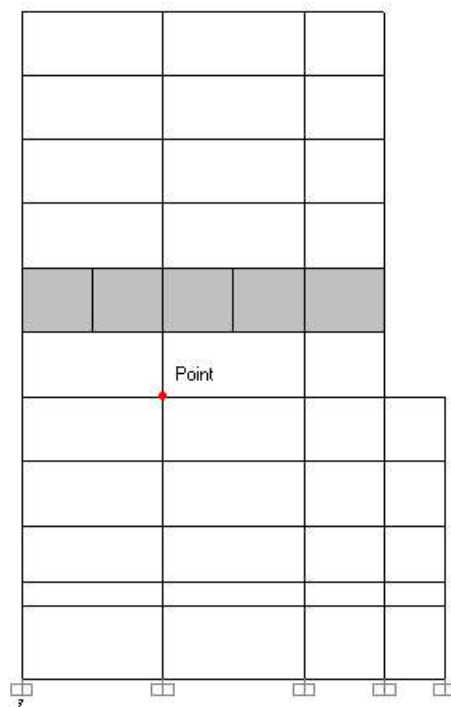
struktural maupun non struktural dapat diminimalkan. Gedung Hotel El Royale dengan jumlah lantai sebanyak 12 dirasa tidak perlu menggunakan perkuatan *outrigger*. Namun dalam penelitian ini pnggunaan *outrigger* hanya sebagai pembandingan dengan sruktur tanpa perkuatan dan struktur dengan *shear wall* terhadap perilaku struktur yang terjadi. Penggunaan *outrigger* tidak dipasang pada setiap lantai, melainkan disesuaikan dengan kebutuhan dan perencanaan dari bangunan tersebut. Pada umumnya, *outrigger* dapat dipasang setiap 10 atau 20 lantai. Dalam penelitian ini *outrigger* dipasang pada lantai 4 yang mengelilingi bangunan dan terhubung antar kolom tepi. Lebih jelasnya posisi *outrigger* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



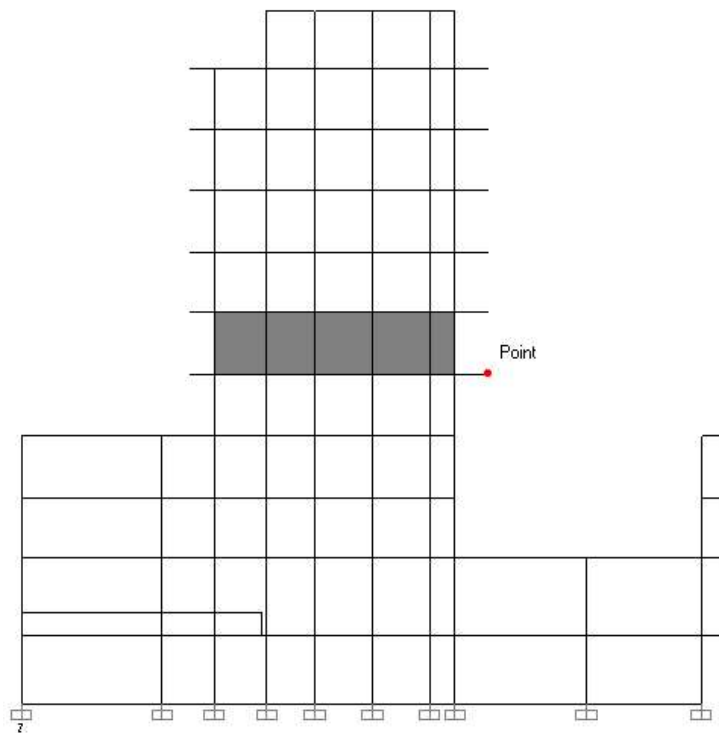
Gambar 4. 6 Tampak atas pemasangan *outrigger* pada gedung Hotel El Royale.



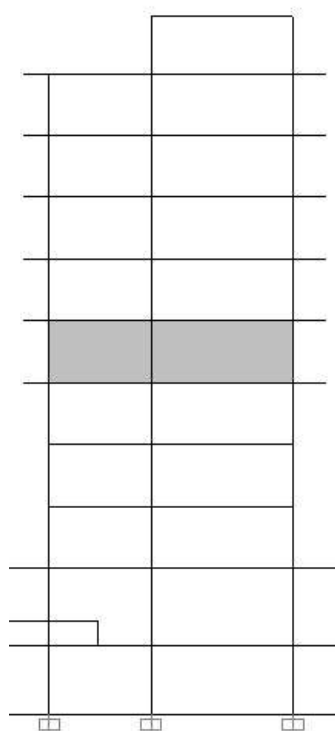
Gambar 4. 7 Tampak samping sisi utara pemasangan *outrigger* gedung Hotel El Royale.



Gambar 4. 8 Tampak samping sisi selatan pemasangan *outrigger* pada gedung Hotel El Royale.



Gambar 4. 9 Tampak samping sisi barat pemasangan *outrigger* pada gedung Hotel El Royale.



Gambar 4. 10 Tampak samping sisi timur pemasangan *outrigger* pada gedung Hotel El Royale.

4.2.1. Periode dan Frekuensi Struktur

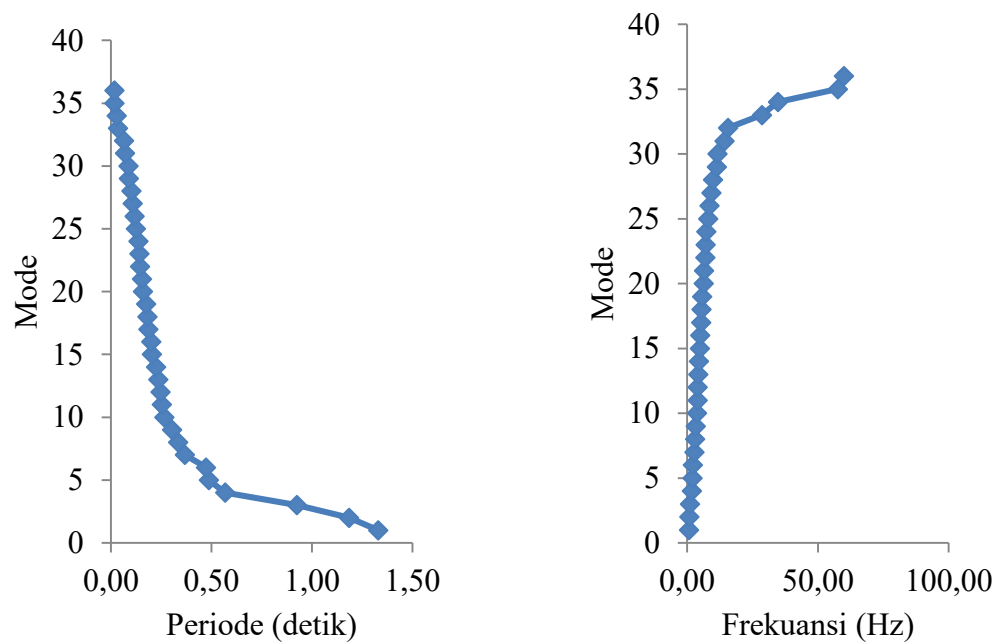
Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan periode fundamental struktur diperoleh menggunakan elemen struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung dan periode fundamental pendekatan yang harus ditentukan dari persamaan yang telah ditentukan. Hubungan antara nilai periode fundamental dengan frekuensi berbanding terbalik, semakin besar nilai periode fundamental maka nilai frekuensinya kecil dan semakin kecil nilai frekuensinya maka nilai periodenya besar. Hasil yang didapatkan dari analisis desain ternyata periode desain arah Y sebesar 1,184 lebih kecil dari periode minimal yang sudah ditentukan. Dari beberapa percobaan dengan merubah posisi dari *outrigger* selalu didapatkan periode yang di bawah batas minimal. Hal ini sebenarnya cukup memberikan informasi bahwa struktur terlalu kaku jika menggunakan perkuatan *outrigger*. Nilai periode dan frekuensi struktur pada kondisi dengan perkuatan *outrigger* dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Nilai periode dan frekuensi

Mode	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)
1	1,330	0,752
2	1,184	0,845
3	0,925	1,081
4	0,568	1,761
5	0,487	2,055
6	0,473	2,114
7	0,368	2,720
8	0,334	2,996
9	0,303	3,297
10	0,266	3,756
11	0,253	3,955
12	0,246	4,059
13	0,235	4,254
14	0,224	4,460
15	0,203	4,915
16	0,201	4,974

Tabel 4. 22 (Lanjutan)

Mode	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)
17	0,186	5,364
18	0,182	5,505
19	0,175	5,719
20	0,159	6,277
21	0,154	6,504
22	0,144	6,939
23	0,141	7,074
24	0,137	7,318
25	0,124	8,057
26	0,117	8,525
27	0,108	9,300
28	0,101	9,882
29	0,089	11,297
30	0,087	11,556
31	0,070	14,261
32	0,064	15,580
33	0,035	28,666
34	0,029	34,709
35	0,017	57,688
36	0,017	60,030



Gambar 4. 11 Nilai periode dan frekuensi struktur.

4.2.2. Partisipasi Massa

Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan ragam getar alami struktur harus dilakukan analisis terlebih dahulu. Syarat penentuan analisis yaitu menyertakan ragam yang cukup hingga menghasilkan partisipasi massa ragam terkombinasi yang nilainya minimal mencapai 90 % dari massa aktual dalam masing – masing sumbu dari *respon* model yang ditinjau. Nilai ratio partisipasi massa apabila belum tercapai maka mode bangunan harus ditambah sampai partisipasi massa terlampaui. Untuk menentukan jumlah mode awal yang di pakai adalah mengalikan jumlah lantai dengan sumbu analisis. Pada penelitian ini gedung yang di analisis memiliki jumlah 12 lantai sehingga mode yang digunakan sebanyak 36. Hasil dari analisis menggunakan *SAP2000* dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Rasio modal pasrtisipasi massa

Mode	Periode (detik)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1,268	0,585	0,001	0,585	0,001
2	1,147	0,000	0,538	0,585	0,539
3	0,861	0,001	0,023	0,586	0,562
4	0,525	0,101	0,000	0,688	0,562
5	0,472	0,000	0,121	0,688	0,683
6	0,434	0,012	0,000	0,699	0,683
7	0,340	0,019	0,008	0,718	0,691
8	0,308	0,009	0,004	0,727	0,695
9	0,288	0,043	0,007	0,770	0,702
10	0,255	0,012	0,028	0,782	0,730
11	0,245	0,000	0,001	0,782	0,730
12	0,217	0,015	0,001	0,797	0,732
13	0,205	0,000	0,000	0,797	0,732
14	0,202	0,000	0,059	0,797	0,791
15	0,197	0,000	0,000	0,798	0,791
16	0,187	0,002	0,000	0,800	0,791
17	0,187	0,000	0,000	0,800	0,791
18	0,171	0,013	0,000	0,813	0,791
19	0,169	0,000	0,005	0,813	0,797
20	0,150	0,000	0,002	0,813	0,799

Tabel 4. 24 (Lanjutan)

Mode	Periode (detik)	UX	UY	SumUX	SumUY
21	0,146	0,000	0,002	0,814	0,800
22	0,140	0,003	0,004	0,817	0,804
23	0,137	0,014	0,001	0,831	0,805
24	0,130	0,004	0,002	0,835	0,807
25	0,119	0,007	0,003	0,842	0,810
26	0,112	0,001	0,007	0,843	0,818
27	0,104	0,001	0,010	0,844	0,828
28	0,098	0,004	0,006	0,847	0,833
29	0,085	0,004	0,006	0,851	0,840
30	0,082	0,002	0,007	0,854	0,846
31	0,068	0,000	0,011	0,854	0,858
32	0,059	0,001	0,000	0,855	0,858
33	0,035	0,000	0,047	0,855	0,905
34	0,028	0,051	0,000	0,906	0,905
35	0,017	0,064	0,012	0,970	0,917
36	0,016	0,012	0,063	0,981	0,980

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.23 menunjukkan bahwa partisipasi massa bangunan telah mencapai atau lebih dari 90% pada modal ke 34 maka modal bangunan tidak perlu ditambah lagi karena telah memenuhi syarat rasio partisipasi massa yang diijinkan. Periode fundamental yang tercepat terjadi pada modal 36 dengan periode 0,016.

4.2.3. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base shear*)

Syarat gaya geser dasar menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) nilai gaya geser dinamik *respons spektrum* lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar yang didapatkan dari analisis statik ekuivalen, jika nilai gaya geser dinamik *respons spektrum* yang didapatkan lebih kecil dari 85% nilai gaya geser statik ekuivalen, maka nilai koefisien gempa arah x dan arah y harus dikalikan faktor skala yang baru. Hasil pada Tabel 4.25. menunjukkan bahwa nilai faktor pengali struktur mempunyai nilai kurang dari 1 yang berarti telah memenuhi syarat yaitu nilai gaya geser dinamik akibat beban gempa *respons spektrum* telah lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar rencana analisis statik ekuivalen maka tidak perlu dilakukan analisis ulang dan hasil output dari *SAP2000* sudah dapat digunakan.

Tabel 4. 25 Nilai *base shear* dinamik *respons spektrum* dan statik ekuivalen

Arah	Vdinamik, Vd	85%Vstatik, Vs	Pengali
X	3511,485	2185,187	0,622
Y	3630,360	2456,992	0,677

4.2.4. Gaya Geser Lantai (*Story shear*)

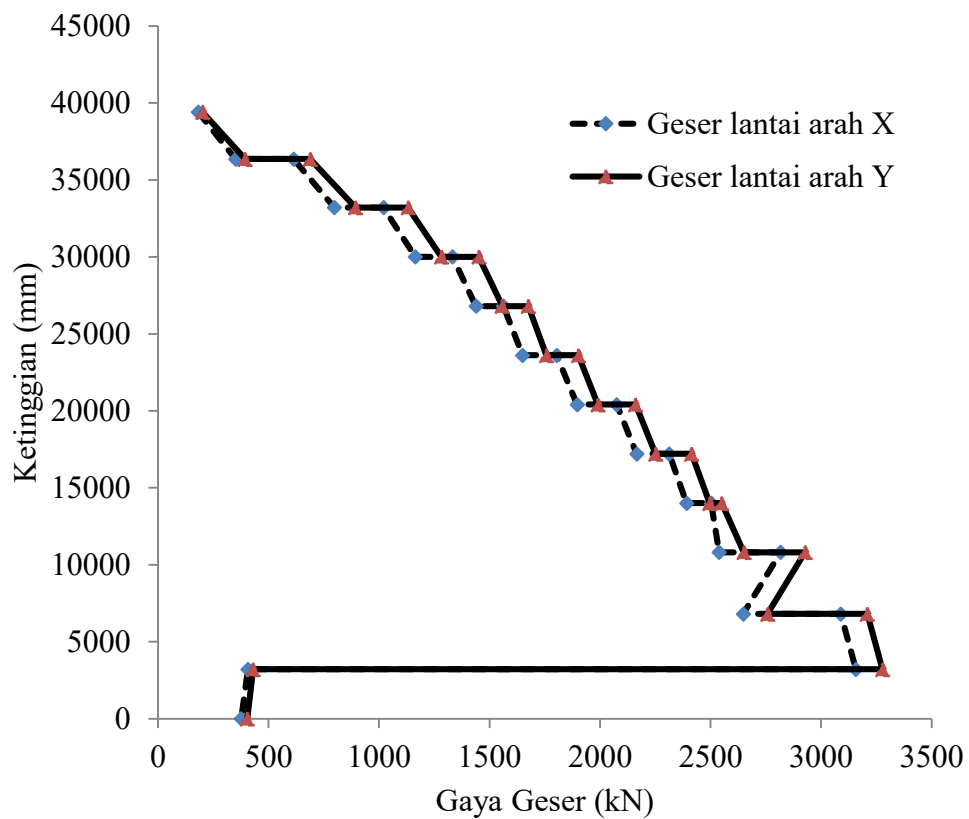
Menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) gaya geser rencana masing-masing lantai harus lebih kecil dari gaya geser tingkat hasil perhitungan dari nilai gaya geser yang diperoleh dari analisis spektrum *respon* di arah yang ditinjau. Pada setiap kenaikan antar lantai nilai gaya geser lantai akan mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh gaya yang bekerja pada masing- masing lantai semakin diatas maka gaya nya semakin kecil. Pada penelitian kali ini hasil analisis gaya geser lantai pada lantai *basement 2* memiliki gaya geser yang kecil yang secara teori seharusnya memiliki gaya geser yang besar. Hal ini disebabkan karena luasan area pada lantai *basement 2* yang lebih kecil dari lantai atasnya yaitu *basement 1*. Gambar 4.12. menunjukkan nilai gaya geser untuk masing-masing lantai pada arah X dan arah Y cenderung sama. Hal ini dikarenakan adanya *outrigger* pada area tertentu dan juga letak dari *outrigger* yang diatur agar perilaku struktur seimbang dalam menahan beban gempa arah X dan arah Y. Hasil analisis didapatkan nilai gaya geser lantai maksimum berada di lantai *basement 1* sebesar 3157,799 kN untuk arah X dan untuk arah Y sebesar 3278,747 kN, sedangkan gaya geser lantai minimum berada di lantai 10 sebesar 182,843 kN arah X dan 202,370 arah Y.

Tabel 4. 26 Nilai *story shear*

Lokasi	Gaya Geser Lantai		
	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	
Lantai 10	Atas	182,843	202,370
	Bawah	351,441	394,544
Lantai 9	Atas	613,414	689,241
	Bawah	797,782	894,116
Lantai 8	Atas	1020,619	1132,353
	Bawah	1164,708	1283,081
Lantai 7	Atas	1332,429	1452,060
	Bawah	1439,129	1557,455

Tabel 4. 27 (Lanjutan)

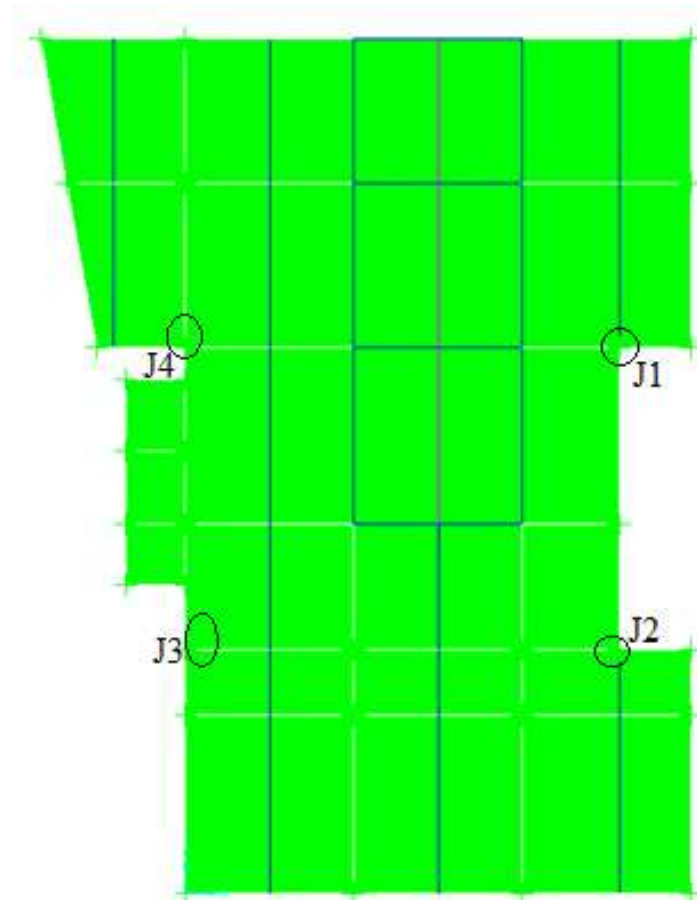
Lokasi		Gaya Geser Lantai	
		Arah X (kN)	Arah Y (kN)
Lantai 6	Atas	1563,095	1675,879
	Bawah	1649,796	1758,006
Lantai 5	Atas	1803,844	1903,033
	Bawah	1896,572	1991,207
Lantai 4	Atas	2075,857	2161,191
	Bawah	2166,232	2251,683
Lantai 3	Atas	2312,949	2414,350
	Bawah	2392,191	2496,742
Lantai 2	Atas	2503,664	2550,946
	Bawah	2538,944	2651,447
Lantai 1	Atas	2817,515	2927,794
	Bawah	2648,406	2758,303
Bs 1	Atas	3089,752	3209,745
	Bawah	3157,799	3278,747
BS 2	Atas	407,242	430,146
	Bawah	376,772	404,365



Gambar 4. 12 Gaya geser lantai.

4.2.5. Simpangan antar lantai (*Drift ratio*)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) dihitung sebagai perbedaan defleksi antara pusat massa lantai atas dengan lantai dasar yang ditinjau. Nilai simpangan antar lantai yang dihasilkan pada pemodelan struktur ini diambil dari join 1, join 2, join 3, dan join 4 karena keempat *joint* tersebut terletak disisi terlemah gedung. Nilai simpangan antar lantai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) yaitu perbandingan antara nilai simpangan antar lantai dengan tinggi antar lantai. Syarat nilai *drift ratio* yang diijinkan yaitu tidak boleh melebihi dari 1% , jika nilai *drift ratio* masih lebih besar dari 1% maka struktur tersebut perlu untuk ditinjau kembali simpangan dan kekuan strukturnya. *Drift ratio* antar lantai yang diperoleh dari setiap join tinjauan akibat gempa *respons spektrum* arah X dan gempa *respons spektrum* arah Y pada pemodelan struktur dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4. 13 Lokasi join yang di tinjau.

Tabel 4. 28 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 1 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	32,779	5,5	1	180,283	8,483	0,020	61,000	0,278	1
Lantai 10	3150	31,236	5,5	1	171,800	13,219	0,020	63,000	0,420	1
Lantai 9	3200	28,833	5,5	1	158,581	17,750	0,020	64,000	0,555	1
Lantai 8	3200	25,606	5,5	1	140,831	19,273	0,020	64,000	0,602	1
Lantai 7	3200	22,102	5,5	1	121,559	12,550	0,020	64,000	0,392	1
Lantai 6	3200	19,820	5,5	1	109,009	2,393	0,020	64,000	0,075	1
Lantai 5	3200	19,385	5,5	1	106,616	17,178	0,020	64,000	0,537	1
Lantai 4	3200	16,261	5,5	1	89,438	24,880	0,020	64,000	0,778	1
Lantai 3	3200	11,738	5,5	1	64,557	24,787	0,020	64,000	0,775	1
Lantai 2	4000	7,231	5,5	1	39,770	25,804	0,020	80,000	0,645	1
Lantai 1	3600	2,539	5,5	1	13,966	13,966	0,020	72,000	0,388	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 29. Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 2 arah X.

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	27,319	5,5	1	150,255	10,564	0,020	63,000	0,335	1
Lantai 9	3200	25,398	5,5	1	139,692	14,665	0,020	64,000	0,458	1
Lantai 8	3200	22,732	5,5	1	125,026	16,411	0,020	64,000	0,513	1

Tabel 4. 30 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 6	3200	17,748	5,5	1	97,615	2,368	0,020	64,000	0,074	1
Lantai 5	3200	17,318	5,5	1	95,247	16,033	0,020	64,000	0,501	1
Lantai 4	3200	14,403	5,5	1	79,215	23,257	0,020	64,000	0,727	1
Lantai 3	3200	10,174	5,5	1	55,958	23,607	0,020	64,000	0,738	1
Lantai 2	4000	5,882	5,5	1	32,350	20,548	0,020	80,000	0,514	1
Lantai 1	3600	2,146	5,5	1	11,802	11,802	0,020	72,000	0,328	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 31 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 3 arah X

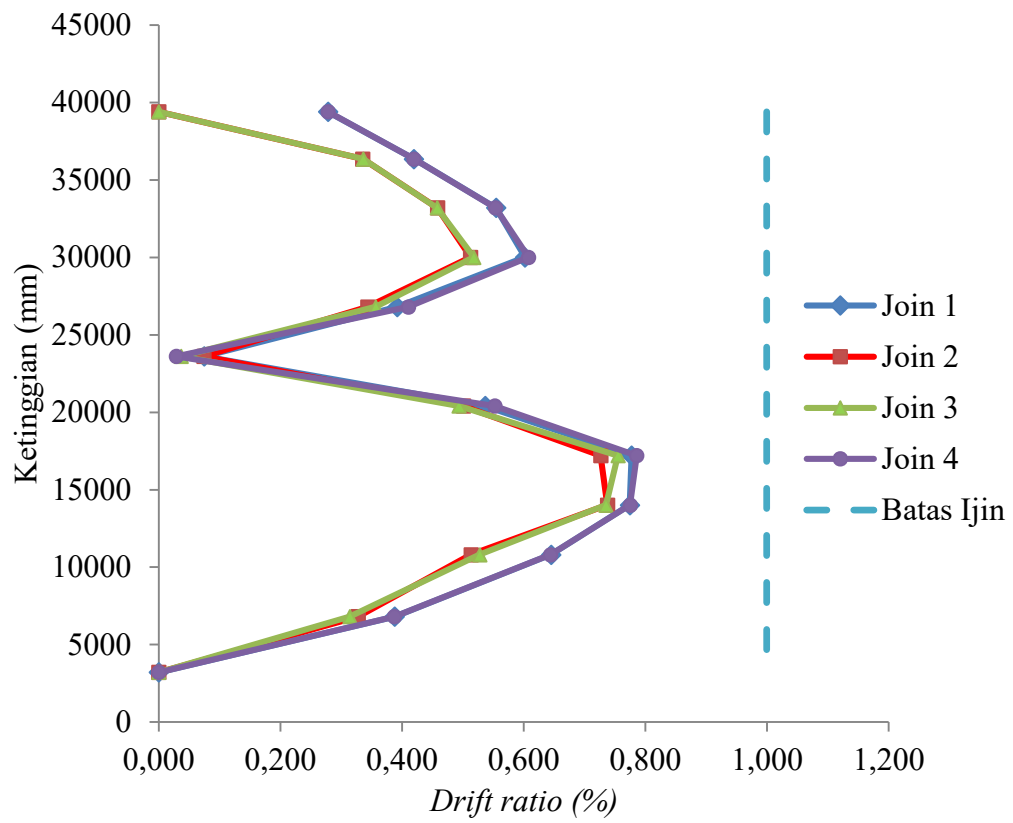
Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	27,332	5,5	1	150,324	10,589	0,020	63,000	0,336	1
Lantai 9	3200	25,406	5,5	1	139,734	14,652	0,020	64,000	0,458	1
Lantai 8	3200	22,742	5,5	1	125,082	16,577	0,020	64,000	0,518	1
Lantai 7	3200	19,728	5,5	1	108,506	11,410	0,020	64,000	0,357	1
Lantai 6	3200	17,654	5,5	1	97,095	1,172	0,020	64,000	0,037	1
Lantai 5	3200	17,441	5,5	1	95,923	15,803	0,020	64,000	0,494	1
Lantai 4	3200	14,567	5,5	1	80,120	24,167	0,020	64,000	0,755	1
Lantai 3	3200	10,173	5,5	1	55,953	23,536	0,020	64,000	0,736	1

Tabel 4. 32 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 2	4000	5,894	5,5	1	32,417	21,115	0,020	80,000	0,528	1
Lantai 1	3600	2,055	5,5	1	11,303	11,303	0,020	72,000	0,314	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 33 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 4 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	32,785	5,5	1	180,320	8,494	0,020	61,000	0,279	1
Lantai 10	3150	31,241	5,5	1	171,825	13,219	0,020	63,000	0,420	1
Lantai 9	3200	28,837	5,5	1	158,606	17,722	0,020	64,000	0,554	1
Lantai 8	3200	25,615	5,5	1	140,884	19,457	0,020	64,000	0,608	1
Lantai 7	3200	22,078	5,5	1	121,427	13,143	0,020	64,000	0,411	1
Lantai 6	3200	19,688	5,5	1	108,283	0,917	0,020	64,000	0,029	1
Lantai 5	3200	19,521	5,5	1	107,366	17,680	0,020	64,000	0,553	1
Lantai 4	3200	16,306	5,5	1	89,686	25,156	0,020	64,000	0,786	1
Lantai 3	3200	11,733	5,5	1	64,530	24,810	0,020	64,000	0,775	1
Lantai 2	4000	7,222	5,5	1	39,720	25,781	0,020	80,000	0,645	1
Lantai 1	3600	2,534	5,5	1	13,939	13,939	0,020	72,000	0,387	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1



Gambar 4. 14 *Drift ratio* akibat beban gempa arah X.

Tabel 4. 34 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 1 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	32,617	5,5	1	179,391	11,515	0,020	61,000	0,378	1
Lantai 10	3150	30,523	5,5	1	167,876	15,192	0,020	63,000	0,482	1
Lantai 9	3200	27,761	5,5	1	152,683	18,595	0,020	64,000	0,581	1
Lantai 8	3200	24,380	5,5	1	134,089	19,166	0,020	64,000	0,599	1
Lantai 7	3200	20,895	5,5	1	114,923	12,817	0,020	64,000	0,401	1
Lantai 6	3200	18,565	5,5	1	102,105	3,055	0,020	64,000	0,095	1
Lantai 5	3200	18,009	5,5	1	99,051	18,899	0,020	64,000	0,591	1
Lantai 4	3200	14,573	5,5	1	80,152	28,070	0,020	64,000	0,877	1
Lantai 3	3200	9,469	5,5	1	52,082	24,673	0,020	64,000	0,771	1
Lantai 2	4000	4,983	5,5	1	27,408	18,753	0,020	80,000	0,469	1
Lantai 1	3600	1,574	5,5	1	8,656	8,656	0,020	72,000	0,240	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 35 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 2 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	30,503	5,5	1	167,768	15,158	0,020	63,000	0,481	1
Lantai 9	3200	27,747	5,5	1	152,610	18,569	0,020	64,000	0,580	1

Tabel 4. 36 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 8	3200	24,371	5,5	1	134,041	18,981	0,020	64,000	0,593	1
Lantai 7	3200	20,920	5,5	1	115,061	12,493	0,020	64,000	0,390	1
Lantai 6	3200	18,649	5,5	1	102,567	4,033	0,020	64,000	0,126	1
Lantai 5	3200	17,915	5,5	1	98,535	18,636	0,020	64,000	0,582	1
Lantai 4	3200	14,527	5,5	1	79,899	27,972	0,020	64,000	0,874	1
Lantai 3	3200	9,441	5,5	1	51,927	25,199	0,020	64,000	0,787	1
Lantai 2	4000	4,860	5,5	1	26,729	18,187	0,020	80,000	0,455	1
Lantai 1	3600	1,553	5,5	1	8,542	8,542	0,020	72,000	0,237	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 37 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 3 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050									
Lantai 10	3150	20,784	5,5	1	114,309	9,482	0,020	63,000	0,301	1
Lantai 9	3200	19,060	5,5	1	104,828	11,708	0,020	64,000	0,366	1
Lantai 8	3200	16,931	5,5	1	93,120	12,607	0,020	64,000	0,394	1
Lantai 7	3200	14,639	5,5	1	80,512	9,653	0,020	64,000	0,302	1
Lantai 6	3200	12,883	5,5	1	70,859	3,475	0,020	64,000	0,109	1

Tabel 4. 38 (Lanjutan)

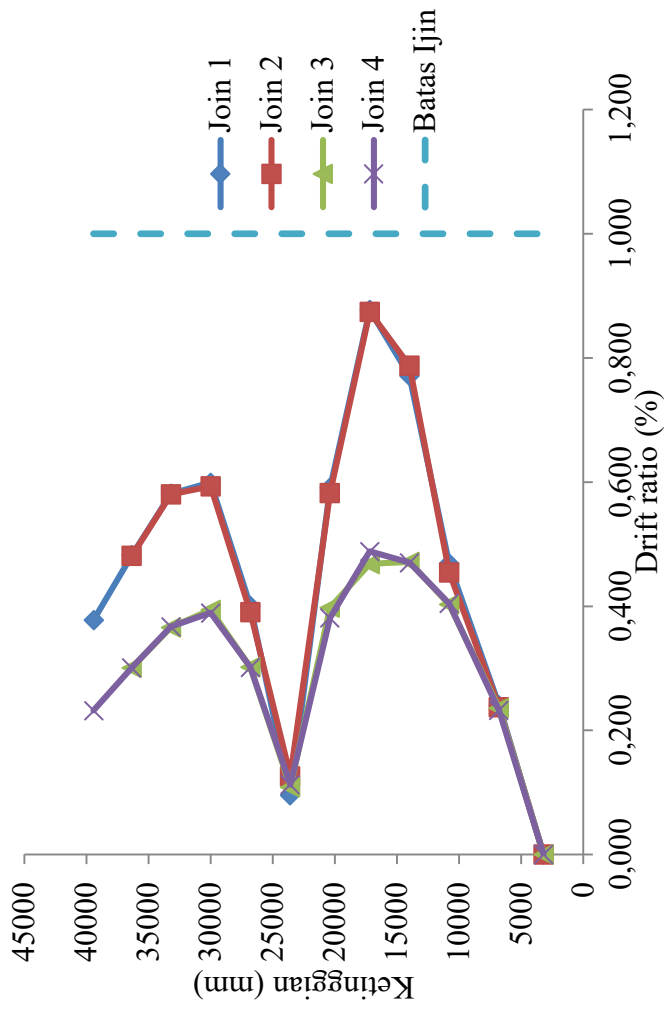
Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 5	3200	12,252	5,5	1	67,384	12,724	0,020	64,000	0,398	1
Lantai 4	3200	9,938	5,5	1	54,660	14,979	0,020	64,000	0,468	1
Lantai 3	3200	7,215	5,5	1	39,681	15,087	0,020	64,000	0,471	1
Lantai 2	4000	4,472	5,5	1	24,595	16,106	0,020	80,000	0,403	1
Lantai 1	3600	1,543	5,5	1	8,488	8,488	0,020	72,000	0,236	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 39 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 4 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	22,067	5,5	1	121,370	7,069	0,020	61,000	0,232	1
Lantai 10	3150	20,782	5,5	1	114,302	9,477	0,020	63,000	0,301	1
Lantai 9	3200	19,059	5,5	1	104,825	11,744	0,020	64,000	0,367	1
Lantai 8	3200	16,924	5,5	1	93,082	12,452	0,020	64,000	0,389	1
Lantai 7	3200	14,660	5,5	1	80,630	9,646	0,020	64,000	0,301	1
Lantai 6	3200	12,906	5,5	1	70,983	3,601	0,020	64,000	0,113	1
Lantai 5	3200	12,251	5,5	1	67,383	12,192	0,020	64,000	0,381	1
Lantai 4	3200	10,035	5,5	1	55,190	15,624	0,020	64,000	0,488	1
Lantai 3	3200	7,194	5,5	1	39,567	15,040	0,020	64,000	0,470	1
Lantai 2	4000	4,459	5,5	1	24,527	16,168	0,020	80,000	0,404	1

Tabel 4. 40 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δ_n (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 1	3600	1,520	5,5	1	8,359	8,359	0,020	72,000	0,232	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1



Gambar 4. 15 Drift ratio akibat beban gempa arah Y.

Berdasarkan tabel *drift ratio* di atas nilai rasio simpangan yang dihasilkan akibat gempa *respons spektrum* arah X dan arah Y seluruh join masih dalam kategori aman karena nilainya masih di bawah batas yang di tentukan. Dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 besarnya *drift ratio* tidaklah beraturan yaitu dari lantai *basement* 1 ke atas semakin besar kemudian mengecil sampai lantai 5 dan kembali meningkat pada lantai berikutnya. Nilai *drift ratio* pada lantai 5 cenderung menjauhi batas aman. Hal ini disebabkan oleh adanya *outrigger* pada lantai 5 yang menambah kekakuan pada area tersebut sehingga mengurangi simpangan yang terjadi.

4.2.6. Desain tulangan balok dan kolom

Hasil desain tulangan balok pada struktur dengan perkuatan *outrigger* dapat dilihat pada Tabel 4.41. Sedangkan hasil desain untuk kolom dapat dilihat pada table 4. 43.

Tabel 4. 41. Hasil desain tulangan lentur dan tulangan geser pada balok.

Balok	Dimensi		Penulangan	<i>Outrigger</i>
	b (mm)	h (mm)		
B1	300	600	Tumpuan Tarik	7 D22
			Tumpuan Tekan	4 D22
			Lapangan Tarik	7 D22
			Lapangan Tekan	4 D22
			Tulangan Geser	3P10-70
B2	350	700	Tumpuan Tarik	8 D22
			Tumpuan Tekan	4 D22
			Lapangan Tarik	4 D22
			Lapangan Tekan	2 D22
			Tulangan Geser	3P10-90
B3	200	400	Tumpuan Tarik	6 D16
			Tumpuan Tekan	3 D16
			Lapangan Tarik	5 D16
			Lapangan Tekan	3 D16
			Tulangan Geser	2P10-130
BA1	250	500	Tumpuan Tarik	5 D19
			Tumpuan Tekan	3 D19
			Lapangan Tarik	3 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-210

Tabel 4. 42 (Lanjutan)

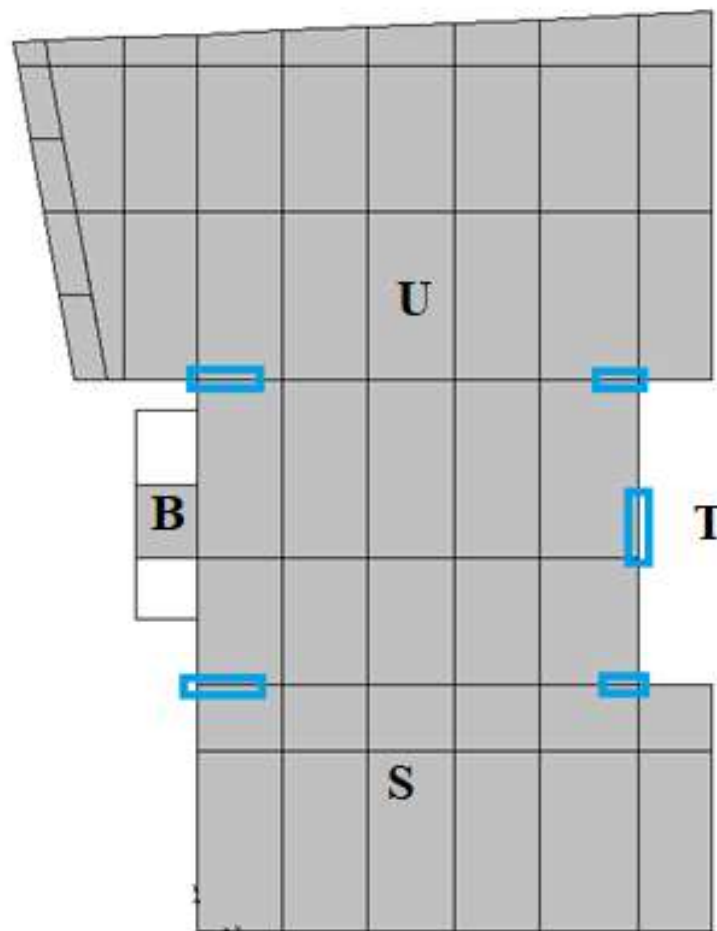
Balok	Dimensi		Penulangan	Outrigger
	b (mm)	h (mm)		
BA2	250	500	Tumpuan Tarik	2 D19
			Tumpuan Tekan	1 D19
			Lapangan Tarik	4 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-190
BK1	300	600	Tumpuan Tarik	4 D19
			Tumpuan Tekan	2 D19
			Lapangan Tarik	
			Lapangan Tekan	
			Tulangan Geser	2P10-250
BK2	200	400	Tumpuan Tarik	4 D16
			Tumpuan Tekan	2 D16
			Lapangan Tarik	
			Lapangan Tekan	
			Tulangan Geser	2P10-170
TB1	300	600	Tumpuan Tarik	5 D22
			Tumpuan Tekan	3 D22
			Lapangan Tarik	3 D22
			Lapangan Tekan	2 D22
			Tulangan Geser	2P10-90
TB2	250	500	Tumpuan Tarik	4 D19
			Tumpuan Tekan	2 D19
			Lapangan Tarik	2 D19
			Lapangan Tekan	1 D19
			Tulangan Geser	2P10-200

Tabel 4. 43. Hasil desain tulangan pokok dan tulangan geser pada kolom.

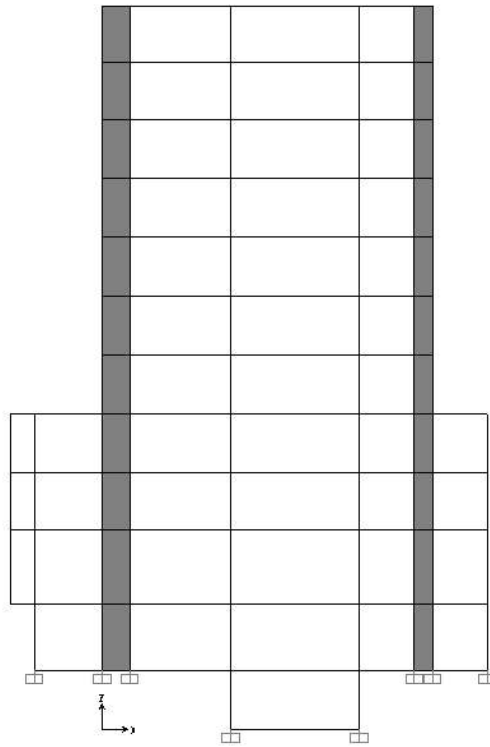
Kolom	Dimensi		Penulangan	Tulangan pakai
	b (mm)	h (mm)		
K1 Lt. BS2-Lt.4	600	900	Longitudinal	22 D25
			Geser pada Lo	4D10-90
			Geser luar Lo	4D10-150
K1 Lt.5- Lt.10	600	900	Longitudinal	22 D25
			Geser pada Lo	4D10-90
			Geser luar Lo	4D10-150
K2	500	700	Longitudinal	16 D25
			Geser pada Lo	3D13-110
			Geser luar Lo	3D13-150

4.3. Analisis Kondisi Dengan Perkuatan *Shear wall*

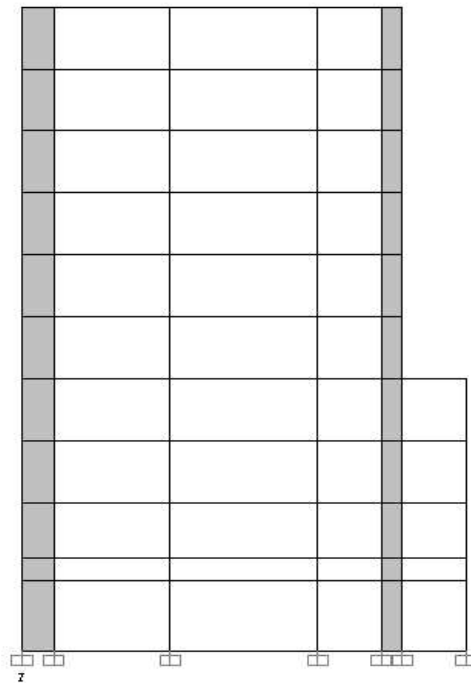
Shear wall atau dinding geser adalah bagian element struktur yang dirancang berbentuk dinding beton bertulang yang secara umum diaplikasikan pada gedung bertingkat, fungsinya untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi atau gaya lainnya yang bekerja. Terdapat beberapa tipe *shear wall* yang biasa digunakan dalam pembangunan proyek konstruksi gedung. Dalam penelitian ini digunakan tipe dinding geser *frame wall* karena letak dinding geser yang berada di antara kolom dan berfungsi sebagai penahan gaya lateral bumi dan juga sebagai pengaku struktur. Dinding geser yang digunakan berdimensi tebal sebesar 25 cm dari lantai *basement 1* sampai lantai 10. Posisi dinding geser yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.16.



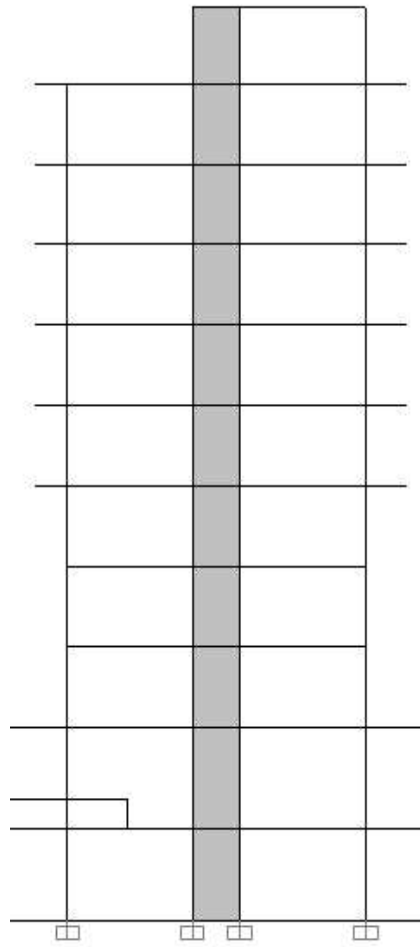
Gambar 4. 16 Tampak atas pemasangan *shear wall* pada gedung Hotel El Royale.



Gambar 4. 17 Tampak samping sisi utara pemasangan *shear wall* pada gedung Hotel El Royale.



Gambar 4. 18 Tampak samping sisi selatan pemasangan *shear wall* pada gedung Hotel El Royale.



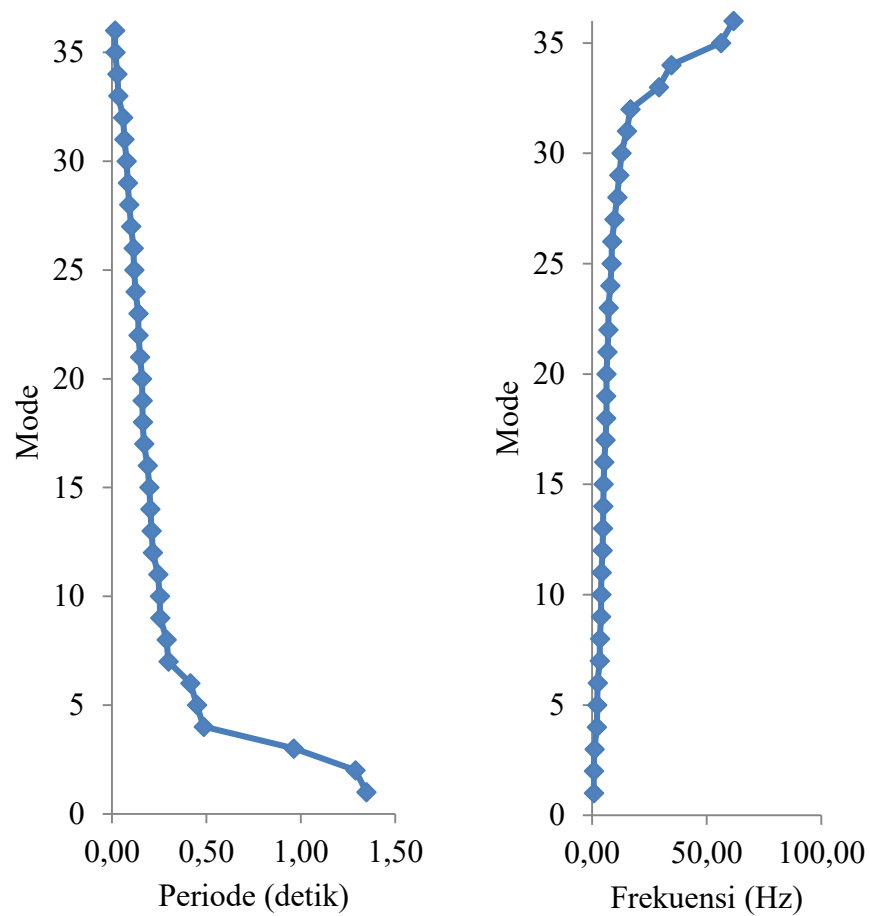
Gambar 4. 19 Tampak samping sisi timur pemasangan *shear wall* pada gedung Hotel El Royale.

4.3.1. Periode dan Frekuensi Struktur

Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan periode fundamental struktur diperoleh menggunakan elemen struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung dan periode fundamental pendekatan yang harus ditentukan dari persamaan yang telah ditentukan. Hubungan antara nilai periode fundamental dengan frekuensi berbanding terbalik, semakin besar nilai periode fundamental maka nilai frekuensinya kecil dan semakin kecil nilai frekuensinya maka nilai periodenya besar. Nilai periode dan frekuensi struktur dengan perkuatan *shear wall* dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Tabel 4. 44 Nilai periode dan frekuensi kondisi dengan perkuatan *shear wall*

Mode	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)
1	1,348	0,742
2	1,290	0,775
3	0,963	1,038
4	0,486	2,059
5	0,450	2,221
6	0,415	2,408
7	0,299	3,346
8	0,290	3,451
9	0,256	3,903
10	0,253	3,949
11	0,245	4,086
12	0,217	4,615
13	0,210	4,766
14	0,204	4,907
15	0,198	5,047
16	0,189	5,289
17	0,171	5,855
18	0,163	6,129
19	0,162	6,175
20	0,159	6,271
21	0,149	6,717
22	0,140	7,129
23	0,140	7,166
24	0,126	7,946
25	0,118	8,503
26	0,114	8,761
27	0,102	9,797
28	0,091	10,957
29	0,084	11,895
30	0,078	12,825
31	0,066	15,168
32	0,060	16,752
33	0,034	29,189
34	0,029	34,539
35	0,018	56,259
36	0,016	61,761



Gambar 4. 20 Nilai periode dan frekuensi struktur kondisi dengan perkuatan *shear wall*.

4.3.2. Partisipasi Massa

Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan ragam getar alami struktur harus dilakukan analisis terlebih dahulu. Syarat penentuan analisis yaitu menyertakan ragam yang cukup hingga menghasilkan partisipasi massa ragam terkombinasi yang nilainya minimal mencapai 90 % dari massa aktual dalam masing – masing sumbu dari *respon* model yang ditinjau. Nilai ratio partisipasi massa apabila belum tercapai maka mode bangunan harus ditambah sampai partisipasi massa terlampaui. Untuk menentukan jumlah mode awal yang di pakai adalah mengalikan jumlah lantai dengan sumbu analisis. Pada penelitian ini gedung yang di analisis memiliki jumlah 12 lantai sehingga mode yang digunakan sebanyak 36. Partisipasi massa hasil dari analisis menggunakan *SAP2000* dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4. 45 Rasio modal pasrtisipasi massa kondisi perkuatan *shear wall*

Mode	Periode (Detik)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1,268	0,565	0,005	0,565	0,005
2	1,147	0,004	0,510	0,570	0,515
3	0,861	0,000	0,032	0,570	0,547
4	0,525	0,135	0,001	0,704	0,548
5	0,472	0,001	0,119	0,706	0,667
6	0,434	0,000	0,012	0,706	0,679
7	0,340	0,035	0,019	0,741	0,698
8	0,308	0,031	0,029	0,772	0,727
9	0,288	0,013	0,002	0,784	0,729
10	0,255	0,003	0,003	0,787	0,731
11	0,245	0,000	0,000	0,787	0,731
12	0,217	0,000	0,001	0,787	0,732
13	0,205	0,001	0,021	0,788	0,753
14	0,202	0,001	0,029	0,789	0,782
15	0,197	0,005	0,011	0,794	0,793
16	0,187	0,026	0,000	0,819	0,793
17	0,187	0,001	0,000	0,820	0,793
18	0,171	0,001	0,003	0,821	0,796
19	0,169	0,000	0,009	0,821	0,805
20	0,150	0,000	0,000	0,821	0,805
21	0,146	0,000	0,003	0,821	0,807
22	0,140	0,012	0,004	0,833	0,811
23	0,137	0,004	0,003	0,837	0,814
24	0,130	0,002	0,000	0,839	0,814
25	0,119	0,003	0,006	0,841	0,820
26	0,112	0,002	0,006	0,843	0,826
27	0,104	0,001	0,009	0,844	0,835
28	0,098	0,007	0,001	0,851	0,836
29	0,085	0,002	0,009	0,852	0,846
30	0,082	0,002	0,006	0,855	0,852
31	0,068	0,000	0,007	0,855	0,859
32	0,059	0,001	0,000	0,856	0,859
33	0,035	0,000	0,047	0,856	0,906
34	0,028	0,056	0,000	0,912	0,906
35	0,017	0,025	0,049	0,937	0,955
36	0,016	0,046	0,026	0,983	0,981

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.45. menunjukkan bahwa partisipasi massa bangunan telah mencapai atau lebih dari 90% pada modal ke 34 maka modal bangunan tidak perlu ditambah lagi karena telah memenuhi syarat rasio partisipasi massa yang diijinkan. Periode fundamental yang tercepat terjadi pada modal 36 dengan periode 0,016.

4.3.3. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base shear*)

Syarat gaya geser dasar menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) nilai gaya geser dinamik *respons spektrum* lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar yang didapatkan dari analisis statik ekuivalen, jika nilai gaya geser dinamik *respons spektrum* yang didapatkan lebih kecil dari 85% nilai gaya geser statik ekuivalen, maka nilai koefisien gempa arah x dan arah y harus dikalikan faktor skala yang baru. Hasil pada Tabel 4.46. menunjukkan bahwa nilai faktor pengali struktur mempunyai nilai kurang dari 1 yang berarti telah memenuhi syarat yaitu nilai gaya geser dinamik akibat beban gempa *respons spektrum* telah lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar rencana analisis statik ekuivalen maka tidak perlu dilakukan analisis ulang dan hasil output dari *SAP2000* sudah dapat digunakan.

Tabel 4. 46 Nilai *base shear* dinamik *respons spektrum* dan statik ekuivalen

Arah	Vdinamik, Vd	85%Vstatik, Vs	Pengali
X	3765,842	2150,4201	0,571033
Y	3777,132	2244,371	0,5941998

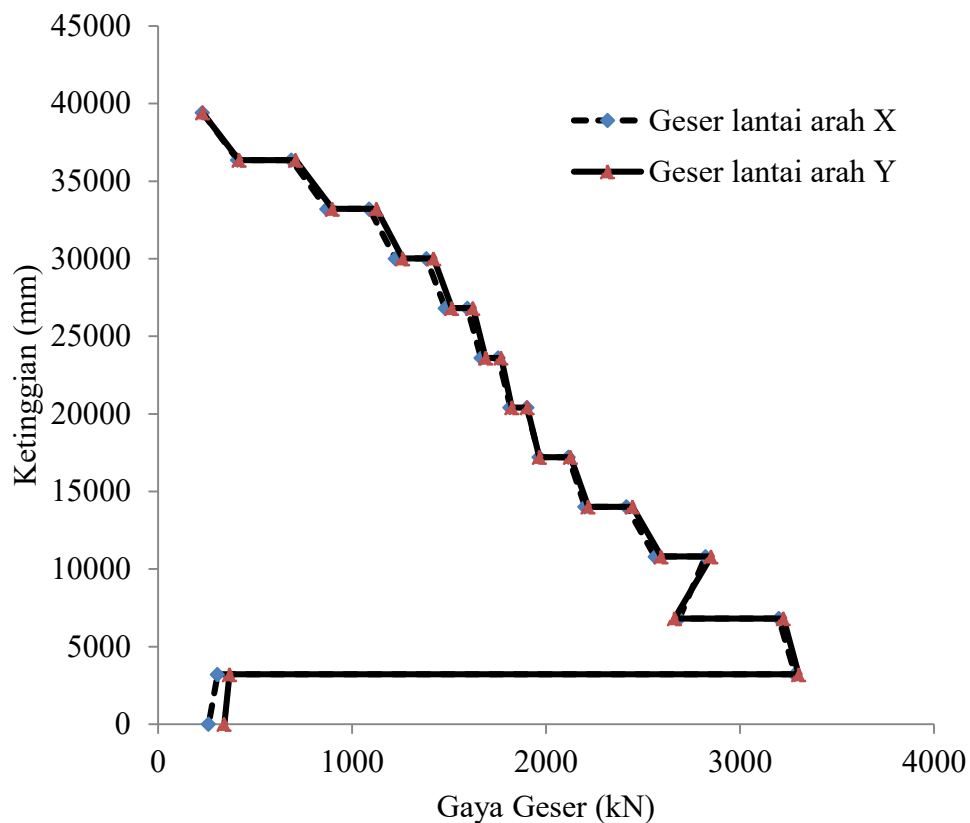
4.3.4. Gaya Geser Lantai (*Story shear*)

Menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) gaya geser rencana masing-masing lantai harus lebih kecil dari gaya geser tingkat hasil perhitungan dari nilai gaya geser yang diperoleh dari analisis spektrum *respon* di arah yang ditinjau. Pada setiap kenaikan antar lantai nilai gaya geser lantai akan mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh gaya yang bekerja pada masing- masing lantai semakin diatas maka gaya nya semakin kecil. Pada penelitian kali ini hasil analisis gaya geser lantai pada lantai *basement 2* memiliki gaya geser yang kecil yang secara teori seharusnya memiliki gaya geser yang besar. Hal ini disebabkan karena luasan area pada lantai *basement 2* yang lebih kecil dari lantai atasnya yaitu *basement 1*. Gambar 4.21. menunjukkan nilai gaya geser untuk masing-masing lantai pada arah

X dan arah Y cenderung sama. Hal ini dikarenakan adanya *shear wall* pada area tertentu dan juga letak dari *shear wall* yang diatur agar perilaku struktur seimbang dalam menahan beban gempa arah X dan arah Y. Hasil analisis didapatkan nilai gaya geser lantai maksimum berada di lantai *basement* 1 sebesar 3284,66 kN untuk arah X dan untuk arah Y sebesar 3303,268 kN, sedangkan gaya geser lantai minimum berada di lantai 10 sebesar 230,092 kN arah X dan 230,773 arah Y.

Tabel 4. 47 Nilai *story shear* kondisi awal

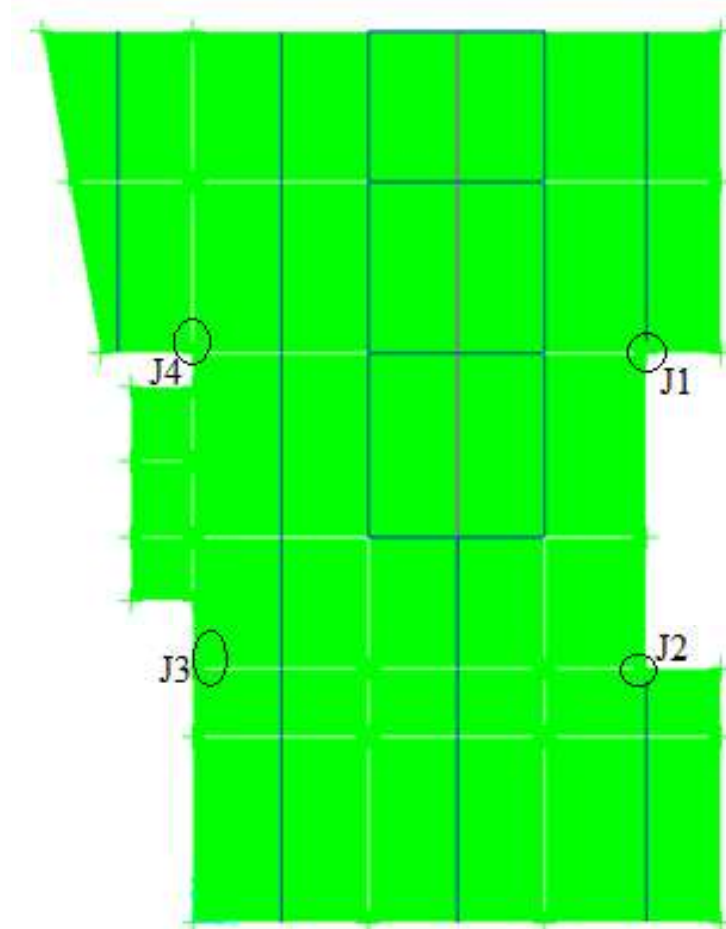
Lokasi		Gaya Geser Lantai	
		Arah X (kN)	Arah Y (kN)
Lantai 10	Atas	230,092	230,773
	Bawah	411,704	419,55
Lantai 9	Atas	689,148	710,292
	Bawah	871,162	900,475
Lantai 8	Atas	1090,036	1126,012
	Bawah	1224,173	1262,163
Lantai 7	Atas	1384,656	1421,324
	Bawah	1481,457	1515,726
Lantai 6	Atas	1595,918	1624,198
	Bawah	1666,22	1689,952
Lantai 5	Atas	1754,725	1769,748
	Bawah	1815,94	1825,161
Lantai 4	Atas	1902,877	1904,415
	Bawah	1966,29	1966,906
Lantai 3	Atas	2115,777	2127,977
	Bawah	2201,975	2218,454
Lantai 2	Atas	2416,698	2446,242
	Bawah	2562,882	2594,383
Lantai 1	Atas	2823,453	2852,195
	Bawah	2687,178	2663,525
Bs 1	Atas	3201,529	3224,831
	Bawah	3284,66	3303,268
BS 2	Atas	307,502	369,95
	Bawah	261,955	342,461



Gambar 4. 21 Gaya geser lantai struktur kondisi awal.

4.3.5. Simpangan antar lantai (*Drift ratio*)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain menurut SNI 1726 2012 (BSN,2012) dihitung sebagai perbedaan defleksi antara pusat massa lantai atas dengan lantai dasar yang ditinjau. Nilai simpangan antar lantai yang dihasilkan pada pemodelan struktur ini diambil dari join 1, join 2, join 3, dan join 4 karena keempat join tersebut terletak disisi terlemah gedung. Nilai simpangan antar lantai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) yaitu perbandingan antara nilai simpangan antar lantai dengan tinggi antar lantai. Syarat nilai *drift ratio* yang diijinkan yaitu tidak boleh melebihi dari 1% , jika nilai *drift ratio* masih lebih besar dari 1% maka struktur tersebut perlu untuk ditinjau kembali simpangan dan kekuan strukturnya. *Drift ratio* antar lantai yang diperoleh dari setiap join tinjauan akibat gempa *respons spektrum* arah X dan gempa *respons spektrum* arah Y pada pemodelan struktur dapat dilihat pada Gambar 4.23. dan Gambar 4.24.



Gambar 4. 22 Lokasi join yang di tinjau.

Tabel 4. 48 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 1 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	32,350	5,5	1	177,925	10,303	0,020	61,000	0,338	1
Lantai 10	3150	30,477	5,5	1	167,622	12,975	0,020	63,000	0,412	1
Lantai 9	3200	28,118	5,5	1	154,647	15,869	0,020	64,000	0,496	1
Lantai 8	3200	25,232	5,5	1	138,778	18,123	0,020	64,000	0,566	1
Lantai 7	3200	21,937	5,5	1	120,654	19,728	0,020	64,000	0,617	1
Lantai 6	3200	18,350	5,5	1	100,926	20,600	0,020	64,000	0,644	1
Lantai 5	3200	14,605	5,5	1	80,326	19,851	0,020	64,000	0,620	1
Lantai 4	3200	10,995	5,5	1	60,475	17,740	0,020	64,000	0,554	1
Lantai 3	3200	7,770	5,5	1	42,734	16,263	0,020	64,000	0,508	1
Lantai 2	4000	4,813	5,5	1	26,472	17,545	0,020	80,000	0,439	1
Lantai 1	3600	1,623	5,5	1	8,927	8,927	0,020	72,000	0,248	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 49 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 2 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050		5,5	1			0,020		0,000	1
Lantai 10	3150	28,067	5,5	1	154,370	11,445	0,020	63,000	0,363	1
Lantai 9	3200	25,986	5,5	1	142,925	13,941	0,020	64,000	0,436	1
Lantai 8	3200	23,452	5,5	1	128,984	16,267	0,020	64,000	0,508	1

Tabel 4. 50 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 6	3200	17,206	5,5	1	94,632	19,418	0,020	64,000	0,607	1
Lantai 5	3200	13,675	5,5	1	75,214	19,247	0,020	64,000	0,601	1
Lantai 4	3200	10,176	5,5	1	55,967	17,484	0,020	64,000	0,546	1
Lantai 3	3200	6,997	5,5	1	38,483	16,198	0,020	64,000	0,506	1
Lantai 2	4000	4,052	5,5	1	22,285	15,162	0,020	80,000	0,379	1
Lantai 1	3600	1,295	5,5	1	7,122	7,122	0,020	72,000	0,198	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 51 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 3 arah X

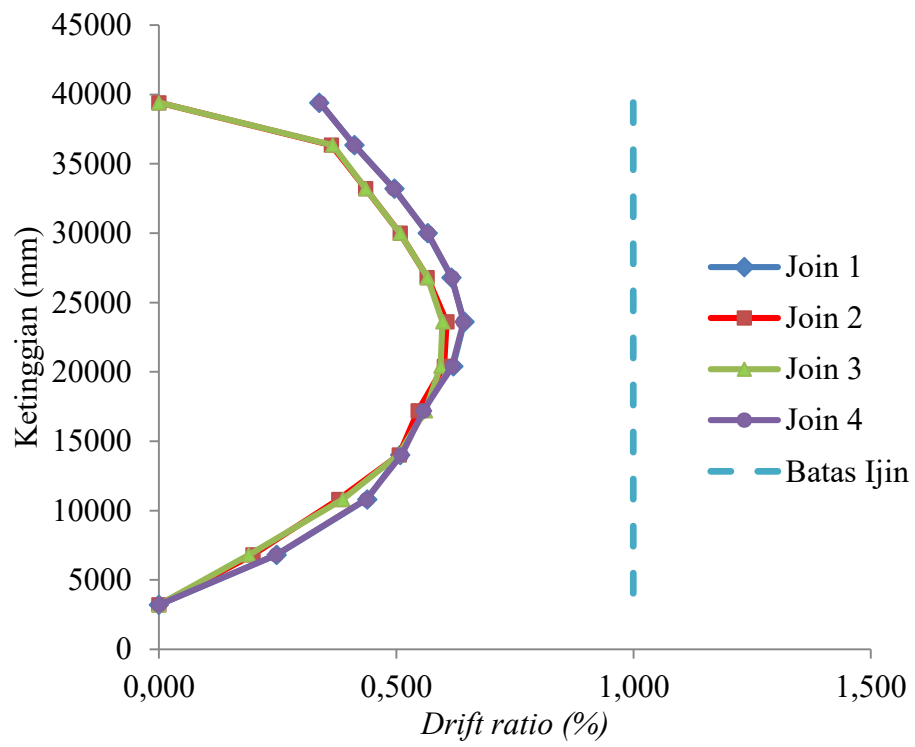
Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050		5,5	1			0,020		0,000	1
Lantai 10	3150	28,077	5,5	1	154,424	11,533	0,020	63,000	0,366	1
Lantai 9	3200	25,980	5,5	1	142,891	13,927	0,020	64,000	0,435	1
Lantai 8	3200	23,448	5,5	1	128,964	16,259	0,020	64,000	0,508	1
Lantai 7	3200	20,492	5,5	1	112,705	18,110	0,020	64,000	0,566	1
Lantai 6	3200	17,199	5,5	1	94,595	19,131	0,020	64,000	0,598	1
Lantai 5	3200	13,721	5,5	1	75,464	19,003	0,020	64,000	0,594	1
Lantai 4	3200	10,266	5,5	1	56,461	17,982	0,020	64,000	0,562	1

Tabel 4. 52 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 2	4000	4,060	5,5	1	22,328	15,508	0,020	80,000	0,388	1
Lantai 1	3600	1,240	5,5	1	6,820	6,820	0,020	72,000	0,189	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 53 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 4 arah X

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	32,349	5,5	1	177,922	10,350	0,020	61,000	0,339	1
Lantai 10	3150	30,468	5,5	1	167,573	12,963	0,020	63,000	0,412	1
Lantai 9	3200	28,111	5,5	1	154,609	15,843	0,020	64,000	0,495	1
Lantai 8	3200	25,230	5,5	1	138,766	18,129	0,020	64,000	0,567	1
Lantai 7	3200	21,934	5,5	1	120,637	19,757	0,020	64,000	0,617	1
Lantai 6	3200	18,342	5,5	1	100,880	20,530	0,020	64,000	0,642	1
Lantai 5	3200	14,609	5,5	1	80,349	19,785	0,020	64,000	0,618	1
Lantai 4	3200	11,012	5,5	1	60,564	17,854	0,020	64,000	0,558	1
Lantai 3	3200	7,765	5,5	1	42,710	16,340	0,020	64,000	0,511	1
Lantai 2	4000	4,794	5,5	1	26,369	17,491	0,020	80,000	0,437	1
Lantai 1	3600	1,614	5,5	1	8,879	8,879	0,020	72,000	0,247	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1



Gambar 4. 23. *Drift ratio* akibat beban gempa arah X.

Tabel 4. 54 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 1 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	34,969	5,5	1	192,331	11,137	0,020	61,000	0,365	1
Lantai 10	3150	32,944	5,5	1	181,195	13,711	0,020	63,000	0,435	1
Lantai 9	3200	30,452	5,5	1	167,483	16,758	0,020	64,000	0,524	1
Lantai 8	3200	27,405	5,5	1	150,725	19,675	0,020	64,000	0,615	1
Lantai 7	3200	23,827	5,5	1	131,051	22,097	0,020	64,000	0,691	1
Lantai 6	3200	19,810	5,5	1	108,954	23,683	0,020	64,000	0,740	1
Lantai 5	3200	15,504	5,5	1	85,271	23,948	0,020	64,000	0,748	1
Lantai 4	3200	11,150	5,5	1	61,323	21,995	0,020	64,000	0,687	1
Lantai 3	3200	7,151	5,5	1	39,329	18,003	0,020	64,000	0,563	1
Lantai 2	4000	3,877	5,5	1	21,326	14,681	0,020	80,000	0,367	1
Lantai 1	3600	1,208	5,5	1	6,645	6,645	0,020	72,000	0,185	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 55 Nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* join 2 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	<i>Drift ratio</i> (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050		5,5	1			0,020	61,000		1
Lantai 10	3150	32,909	5,5	1	180,997	13,485	0,020	63,000	0,428	1
Lantai 9	3200	30,457	5,5	1	167,512	16,763	0,020	64,000	0,524	1

Tabel 4. 56 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 7	3200	23,830	5,5	1	131,066	22,103	0,020	64,000	0,691	1
Lantai 6	3200	19,812	5,5	1	108,964	23,711	0,020	64,000	0,741	1
Lantai 5	3200	15,501	5,5	1	85,253	24,017	0,020	64,000	0,751	1
Lantai 4	3200	11,134	5,5	1	61,237	22,073	0,020	64,000	0,690	1
Lantai 3	3200	7,121	5,5	1	39,164	18,679	0,020	64,000	0,584	1
Lantai 2	4000	3,725	5,5	1	20,485	14,071	0,020	80,000	0,352	1
Lantai 1	3600	1,166	5,5	1	6,413	6,413	0,020	72,000	0,178	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 57 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 3 arah Y

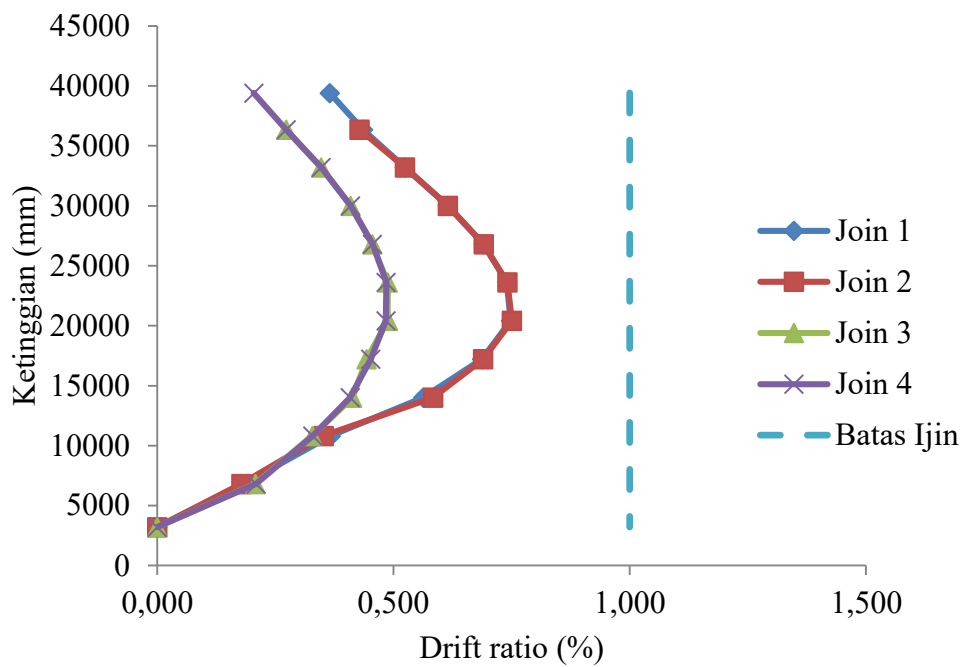
Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050		5,5	1			0,020	61,000		1
Lantai 10	3150	23,008	5,5	1	126,546	8,590	0,020	63,000	0,273	1
Lantai 9	3200	21,447	5,5	1	117,956	11,088	0,020	64,000	0,347	1
Lantai 8	3200	19,431	5,5	1	106,868	13,084	0,020	64,000	0,409	1
Lantai 7	3200	17,052	5,5	1	93,784	14,559	0,020	64,000	0,455	1
Lantai 6	3200	14,405	5,5	1	79,225	15,613	0,020	64,000	0,488	1
Lantai 5	3200	11,566	5,5	1	63,612	15,621	0,020	64,000	0,488	1
Lantai 4	3200	8,726	5,5	1	47,991	14,172	0,020	64,000	0,443	1

Tabel 4. 58 (Lanjutan)

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai 2	4000	3,749	5,5	1	20,619	13,130	0,020	80,000	0,328	1
Lantai 1	3600	1,362	5,5	1	7,489	7,489	0,020	72,000	0,208	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1

Tabel 4. 59 Nilai simpangan antar lantai dan drift ratio join 4 arah Y

Lokasi	Tinggi Lantai (mm)	Deformasi, δ (mm)	Cd	I	δn (mm)	Δ (mm)	Koef	Δ ijin (mm)	Drift ratio (%)	Rasio ijin (%)
Lantai Atap	3050	24,142	5,5	1	132,781	6,227	0,020	61,000	0,204	1
Lantai 10	3150	23,010	5,5	1	126,554	8,589	0,020	63,000	0,273	1
Lantai 9	3200	21,448	5,5	1	117,965	11,095	0,020	64,000	0,347	1
Lantai 8	3200	19,431	5,5	1	106,871	13,085	0,020	64,000	0,409	1
Lantai 7	3200	17,052	5,5	1	93,785	14,569	0,020	64,000	0,455	1
Lantai 6	3200	14,403	5,5	1	79,216	15,500	0,020	64,000	0,484	1
Lantai 5	3200	11,585	5,5	1	63,716	15,491	0,020	64,000	0,484	1
Lantai 4	3200	8,768	5,5	1	48,225	14,457	0,020	64,000	0,452	1
Lantai 3	3200	6,140	5,5	1	33,768	13,057	0,020	64,000	0,408	1
Lantai 2	4000	3,766	5,5	1	20,711	13,173	0,020	80,000	0,329	1
Lantai 1	3600	1,370	5,5	1	7,538	7,538	0,020	72,000	0,209	1
Bs 1	3200	0,000	5,5	1	0,000	0,000	0,020	64,000	0,000	1



Gambar 4. 24 *Drift ratio* akibat beban gempa arah Y.

Berdasarkan tabel *drift ratio* di atas nilai rasio simpangan yang dihasilkan akibat gempa *respons spektrum* arah X dan arah Y seluruh join masih dalam kategori aman karena nilainya masih di bawah batas yang di tentukan. Dilihat pada Gambar 4.23. nilai *drift ratio* arah gempa X pada ke-empat titik tinjauan cenderung seragam dan aman. hal ini dikarenakan sumbu kuat bangunan berada dalam arah gempa X. Sedangkan dilihat pada Gambar 4.24. nilai *drift ratio* arah gempa Y pada tinjauan join 1 dan 2 cenderung mendekati batas aman dikarenakan sumbu lemah bangunan pada arah gempa Y. Dapat dilihat juga pada tinjauan join 3 dan 4 cenderung aman dan menjauhi batas aman walaupun sama-sama berada pada sumbu lemah bangunan. Hal ini dikarenakan pada area titik tinjauan terdapat struktur lift dengan kolom L yang menambah kekakuan struktur pada area tersebut.

4.3.6. Desain tulangan balok dan kolom

Hasil desain tulangan balok pada struktur dengan perkuatan *outrigger* dapat dilihat pada Tabel 4.60. Sedangkan hasil desain untuk kolom dapat dilihat pada table 4. 51.

Tabel 4. 60 Hasil desain tulangan lentur dan tulangan geser pada balok

Balok	Dimensi		Penulangan	<i>Shear wall</i>
	b (mm)	h (mm)		
B1	300	600	Tumpuan Tarik	8 D22
			Tumpuan Tekan	4 D22
			Lapangan Tarik	5 D22
			Lapangan Tekan	3 D22
			Tulangan Geser	3P10-80
B2	350	700	Tumpuan Tarik	7 D22
			Tumpuan Tekan	4 D22
			Lapangan Tarik	4 D22
			Lapangan Tekan	2 D22
			Tulangan Geser	3P10-100
B3	200	400	Tumpuan Tarik	5 D16
			Tumpuan Tekan	3 D16
			Lapangan Tarik	4 D16
			Lapangan Tekan	2 D16
			Tulangan Geser	2P10-160
BA1	250	500	Tumpuan Tarik	5 D19
			Tumpuan Tekan	3 D19
			Lapangan Tarik	3 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-210
BA2	250	500	Tumpuan Tarik	2 D19
			Tumpuan Tekan	1 D19
			Lapangan Tarik	4 D19
			Lapangan Tekan	2 D19
			Tulangan Geser	2P10-170
BK1	300	600	Tumpuan Tarik	4 D19
			Tumpuan Tekan	2 D19
			Lapangan Tarik	
			Lapangan Tekan	
			Tulangan Geser	2P10-250

Tabel 4. 61 (Lanjutan)

Balok	Dimensi		Penulangan	<i>Shear wall</i>
	b (mm)	h (mm)		
BK2	200	400	Tumpuan Tarik Tumpuan Tekan Lapangan Tarik Lapangan Tekan Tulangan Geser	5 D16 3 D16
TB1	300	600	Tumpuan Tarik Tumpuan Tekan Lapangan Tarik Lapangan Tekan Tulangan Geser	2P10-170 5 D22 3 D22 3 D22 2 D22
TB2	250	500	Tumpuan Tarik Tumpuan Tekan Lapangan Tarik Lapangan Tekan Tulangan Geser	2P10-90 4 D19 2 D19 3 D19 2 D19 2P10-190

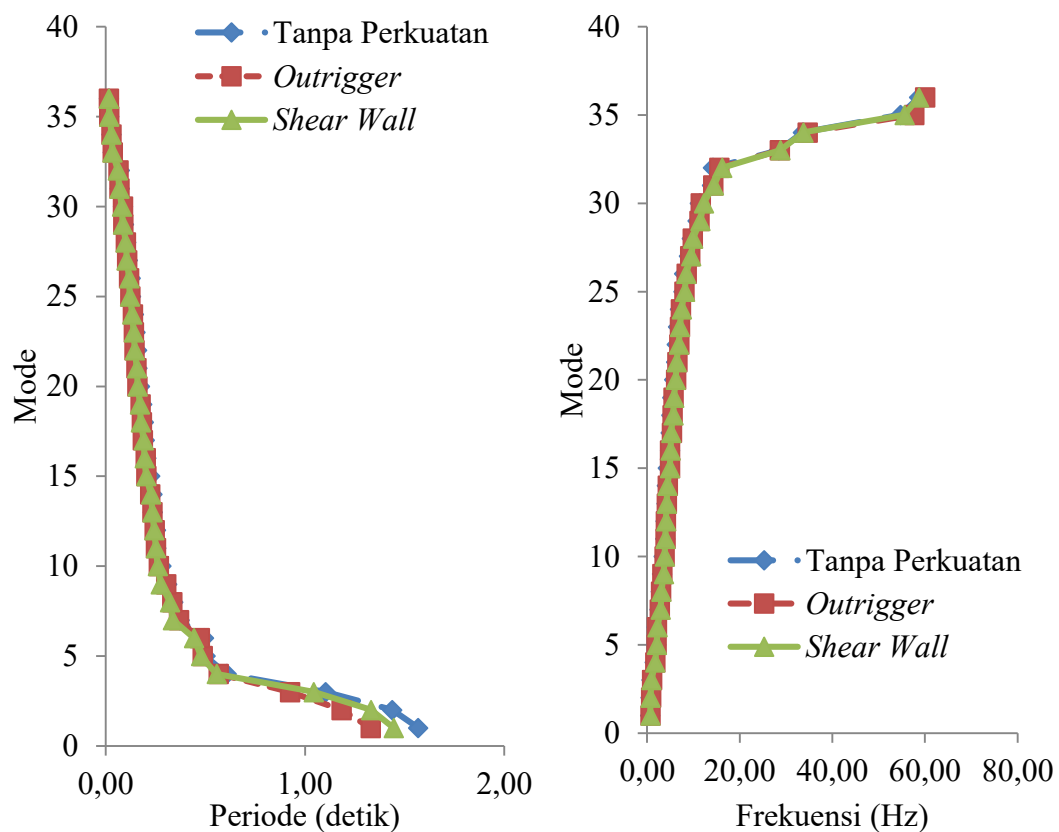
Tabel 4. 62. Hasil desain tulangan pokok dan tulangan geser pada kolom

Kolom	Dimensi		Penulangan	Tulangan pakai
	b (mm)	h (mm)		
K1 Lt. BS2-Lt.4	600	900	Longitudinal	22 D25
			Geser pada Lo	4D10-90
			Geser luar Lo	4D10-150
K1 Lt.5- Lt.10	600	900	Longitudinal	16 D25
			Geser pada Lo	4D10-90
			Geser luar Lo	4D10-150
K2	500	700	Longitudinal	16 D25
			Geser pada Lo	3D13-110
			Geser luar Lo	3D13-150

4.4. Perbandingan Hasil

4.4.1. Periode dan Frekuensi Struktur

Menurut SNI-1726-2012 (BSN,2012) menjelaskan bahwa penentuan periode fundamental struktur diperoleh menggunakan elemen struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung dan periode fundamental pendekatan yang harus ditentukan dari persamaan yang telah ditentukan. Hubungan antara nilai periode fundamental dengan frekuensi berbanding terbalik, semakin besar nilai periode fundamental maka nilai frekuensinya kecil dan semakin kecil nilai frekuensinya maka nilai periodenya besar. Perbandingan nilai periode dan frekuensi struktur sebelum dilakukan dengan perkuatan dengan setelah dilakukan perkuatan *outrigger* dan *shear wall* dengan bracing ditunjukkan Gambar 4.25.



Gambar 4. 25 Perbandingan nilai periode dan frekuensi struktur.

Tabel 4. 63 Perbandingan nilai periode dan frekuensi dengan perkuatan *outrigger*

Mode	Tanpa Perkuatan		<i>Outrigger</i>		Perubahan	
	T (detik)	F (Hz)	T (detik)	F (Hz)	T (%)	F (%)
1	1,568	0,638	1,330	0,752	15,21	17,94
2	1,438	0,696	1,184	0,845	17,65	21,43
3	1,103	0,906	0,925	1,081	16,14	19,24
4	0,607	1,649	0,568	1,761	6,36	6,80
5	0,501	1,996	0,487	2,055	2,86	2,95
6	0,494	2,026	0,473	2,114	4,16	4,34
7	0,372	2,692	0,368	2,720	1,05	1,06
8	0,339	2,952	0,334	2,996	1,47	1,49
9	0,309	3,235	0,303	3,297	1,90	1,94
10	0,280	3,574	0,266	3,756	4,85	5,10
11	0,255	3,926	0,253	3,955	0,74	0,75
12	0,253	3,952	0,246	4,059	2,63	2,70
13	0,237	4,218	0,235	4,254	0,84	0,85
14	0,234	4,269	0,224	4,460	4,27	4,47
15	0,223	4,486	0,203	4,915	8,73	9,57
16	0,203	4,915	0,201	4,974	1,19	1,21
17	0,196	5,095	0,186	5,364	5,02	5,29
18	0,192	5,214	0,182	5,505	5,29	5,59
19	0,184	5,439	0,175	5,719	4,90	5,16
20	0,172	5,809	0,159	6,277	7,45	8,05
21	0,159	6,290	0,154	6,504	3,29	3,40
22	0,157	6,374	0,144	6,939	8,14	8,86
23	0,149	6,697	0,141	7,074	5,33	5,64
24	0,141	7,078	0,137	7,318	3,27	3,39
25	0,127	7,862	0,124	8,057	2,43	2,49
26	0,126	7,966	0,117	8,525	6,56	7,02
27	0,111	9,018	0,108	9,300	3,04	3,13
28	0,104	9,650	0,101	9,882	2,35	2,40
29	0,092	10,888	0,089	11,297	3,62	3,76
30	0,088	11,403	0,087	11,556	1,33	1,34
31	0,071	14,032	0,070	14,261	1,61	1,63
32	0,070	14,228	0,064	15,580	8,68	9,50
33	0,035	28,469	0,035	28,666	0,68	0,69
34	0,030	33,662	0,029	34,709	3,02	3,11
35	0,018	54,727	0,017	57,688	5,13	5,41
36	0,017	58,739	0,017	60,030	2,15	2,20

Tabel 4. 64 Perbandingan nilai periode dan frekuensi dengan perkuatan sharwall

Mode	Tanpa Perkuatan		<i>Shear wall</i>		Perubahan	
	T (detik)	F (Hz)	T (detik)	F (Hz)	T (%)	F (%)
1	1,568	0,638	1,445	0,692	7,85	8,52
2	1,438	0,696	1,332	0,751	7,34	7,92
3	1,103	0,906	1,045	0,957	5,32	5,62
4	0,607	1,649	0,557	1,796	8,20	8,93
5	0,501	1,996	0,478	2,092	4,57	4,79
6	0,494	2,026	0,444	2,251	10,00	11,11
7	0,372	2,692	0,338	2,961	9,11	10,03
8	0,339	2,952	0,324	3,089	4,43	4,64
9	0,309	3,235	0,276	3,626	10,80	12,10
10	0,280	3,574	0,262	3,818	6,39	6,83
11	0,255	3,926	0,253	3,955	0,73	0,74
12	0,253	3,952	0,244	4,095	3,48	3,61
13	0,237	4,218	0,235	4,248	0,71	0,71
14	0,234	4,269	0,228	4,385	2,64	2,72
15	0,223	4,486	0,204	4,914	8,71	9,54
16	0,203	4,915	0,196	5,111	3,84	4,00
17	0,196	5,095	0,192	5,217	2,34	2,40
18	0,192	5,214	0,176	5,670	8,04	8,75
19	0,184	5,439	0,172	5,810	6,38	6,82
20	0,172	5,809	0,161	6,199	6,28	6,70
21	0,159	6,290	0,157	6,362	1,14	1,15
22	0,157	6,374	0,146	6,862	7,11	7,65
23	0,149	6,697	0,141	7,097	5,64	5,98
24	0,141	7,078	0,134	7,484	5,42	5,73
25	0,127	7,862	0,122	8,186	3,96	4,13
26	0,126	7,966	0,119	8,436	5,57	5,89
27	0,111	9,018	0,105	9,527	5,34	5,64
28	0,104	9,650	0,101	9,944	2,96	3,05
29	0,092	10,888	0,087	11,517	5,47	5,78
30	0,088	11,403	0,082	12,267	7,05	7,58
31	0,071	14,032	0,069	14,424	2,72	2,79
32	0,070	14,228	0,062	16,185	12,09	13,75
33	0,035	28,469	0,035	28,792	1,12	1,13
34	0,030	33,662	0,030	33,800	0,41	0,41
35	0,018	54,727	0,018	55,648	1,65	1,68
36	0,017	58,739	0,017	58,711	-0,05	0,05

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program *SAP2000* karena untuk memenuhi syarat partisipasi massa yang sudah melebihi 90% pada masing-masing sumbu didapatkan sebanyak 36 modal. Hasil dari tabel diatas nilai periode getar alami struktur serta frekuensi struktur antara gedung tanpa dilakukan perkuatan dan gedung setelah dilakukan perkuatan dengan *outrigger* dan *shear wall* mengalami perubahan. Nilai periode getar struktur gedung sebelum dilakukan perkuatan maksimum terjadi pada mode ke 1 sebesar 1,568 dan nilai minimum terjadi pada mode ke 36 sebesar 0,017. Untuk struktur gedung dengan perkuatan *outrigger* nilai periode maksimum terjadi pada mode 1 sebesar 1,330 dan minimumnya terjadi pada mode 36 sebesar 0,017. Sedangkan struktur gedung dengan perkuatan *shear wall* periode maksimumnya terjadi pada mode 1 sebesar 1,445 dan minimum pada mode 36 sebesar 0,017. Semakin bertambahnya jumlah modal maka nilai periode struktur akan semakin mengecil. Nilai frekuensi maksimum gedung tanpa perkuatan, dengan *outrigger* dan *shear wall* berturut-turut adalah 58,739;60,030; dan 58,711. Nilai periode hasil analisis *SAP2000* berbeda pada setiap model struktur dengan nilai periode dari yang paling kecil ke yang paling besar adalah struktur dengan perkuatan *outrigger*, struktur dengan perkuatan *shear wall*, kemudian struktur tanpa perkuatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemodelan gedung setelah dilakukan perkuatan dengan *outrigger* dan *shear wall* memiliki kekakuan struktur yang lebih besar dari pada pemodelan sebelum dilakukan perkuatan.

4.4.2. Gaya Geser Dasar (*Base shear*)

Gaya geser dasar (*base shear*) struktur setelah dilakukan perkuatan dengan *outrigger* dan dengan *shear wall* yang diperoleh dari hasil analisis *SAP2000* ditunjukkan pada Tabel 4.65 dan Tabel 4.66. Nilai gaya geser dasar (*base shear*) mengalami peningkatan dari sebelum dilakukan perkuatan dengan setelah dilakukan perkuatan *outrigger* maupun *shear wall*. Gaya geser dasar setelah dilakukan perkuatan dengan *outrigger* akibat beban gempa dinamik *respons spektrum* arah X mengalami kenaikan sebesar 15,472 % dan nilai gaya geser statiknya sebesar 18,401 %. Sedangkan gaya geser dasar akibat beban gempa dinamik *respons spektrum* arah Y mengalami kenaikan sebesar 13,542 % dan gaya geser statiknya sebesar 23,816 %. Gaya geser dasar setelah dilakukan

perkuatan dengan *shear wall* akibat beban gempa dinamik *respons spektrum* arah X mengalami kenaikan sebesar 17,414 % dan nilai gaya geser statiknya sebesar 9,163 %. Sedangkan gaya geser dasar akibat beban gempa dinamik *respons spektrum* arah Y mengalami kenaikan sebesar 17,608 % dan gaya geser statiknya sebesar 10,252 %. Nilai gaya geser dinamik akibat beban gempa *respons spektrum* telah lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar rencana analisis statik ekuivalen maka tidak perlu dilakukan analisis ulang dan hasil output dari *SAP2000* sudah dapat digunakan.

Tabel 4. 65 Perbandingan nilai *base shear* struktur tanpa perkuatan dengan struktur perkuatan *outrigger*

Arah	Tanpa Perkuatan		<i>Outrigger</i>		Kenaikan	
	Vdinamik (kN)	Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Vstatik (kN)	Vdinamik (%)	Vstatik (%)
X	3040,974	1845,579	3511,485	2185,187	15,472	18,401
Y	3197,383	1984,383	3630,360	2456,992	13,542	23,816

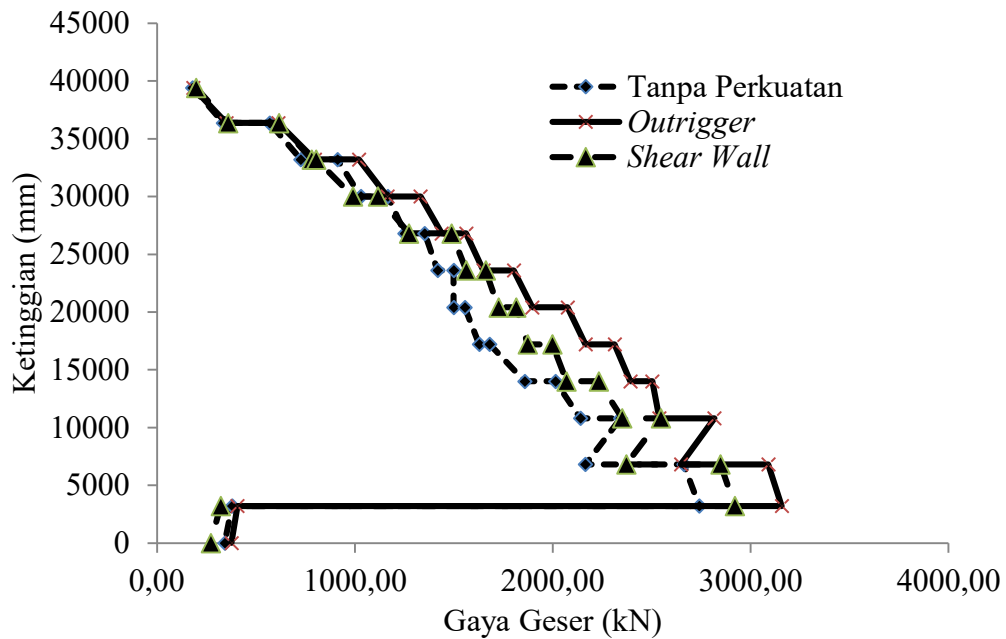
Tabel 4. 66. Perbandingan nilai *base shear* struktur tanpa perkuatan dengan struktur perkuatan *shear wall*

Arah	Tanpa Perkuatan		<i>Shear wall</i>		Kenaikan	
	Vdinamik (kN)	Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Vstatik (kN)	Vdinamik (%)	Vstatik (%)
X	3040,974	1845,579	3570,537	2014,690	17,414	9,163
Y	3197,383	1984,383	3760,394	2187,828	17,608	10,252

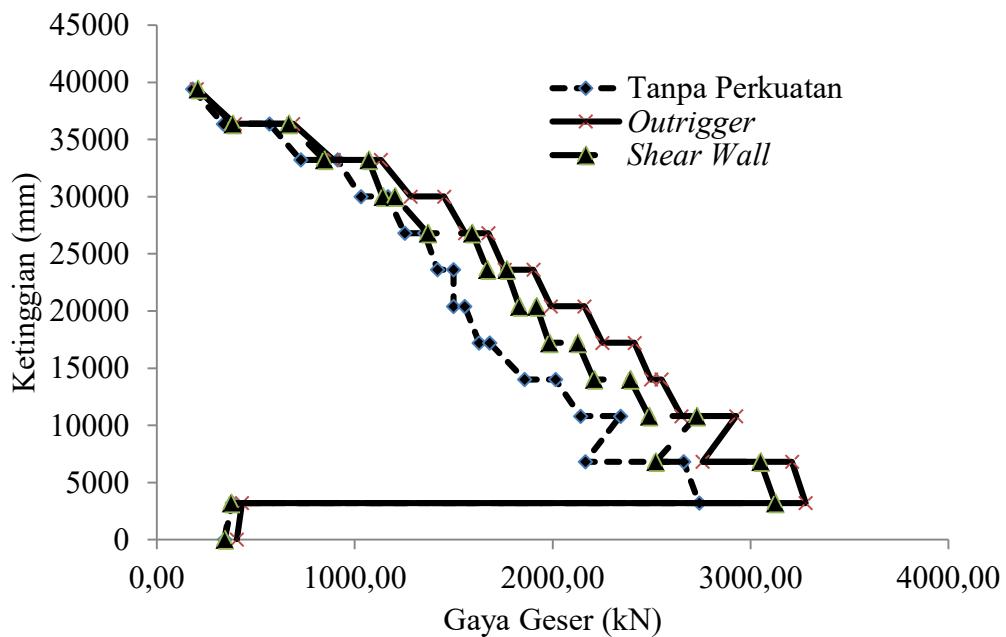
4.4.3. Gaya Geser Lantai (*Story shear*)

Perbandingan antara nilai gaya geser masing-masing lantai pada pemodelan struktur sebelum diberikan perkuatan dengan sesudah diberikan perkuatan *outrigger* dan *shear wall* sebagian besar mengalami kenaikan yang mengakibatkan nilai gaya geser masing-masing lantai menjadi lebih besar, hal ini dikarenakan dampak penggunaan *outrigger* dan *shear wall* dapat menguatkan perilaku bangunan menjadi lebih kaku. Dengan meningkatkan kekakuan struktur dapat mengurangi resiko terhadap keruntuhan struktur. Berdasarkan hasil analisis dari *SAP2000* nilai kenaikan gaya geser masing-masing lantai setelah dilakukan perkuatan menggunakan *outrigger* terbesar terjadi akibat beban gempa dinamik *respons spektrum* arah X yang nilainya sebesar 37,57 % yaitu pada lantai 3 dan

untuk arah Y sebesar 46,53 pada lantai 3. Sedangkan untuk kenaikan gaya geser lantai setelah dilakukan perkuatan dengan *shear wall* pada arah X sebesar 18,5 % dan untuk arah Y sebesar 29,09 %. Gambar 4.26, Gambar 4.78, Tabel 4.67 dan Tabel 4.68 menunjukkan bagaimana hubungan perbandingan hasil gaya geser masing-masing antara struktur sebelum perkuatan, dengan perkuatan *outrigger* dan dengan *shear wall*.



Gambar 4. 26 Perbandingan gaya geser lantai akibat beban gempa dinamik arahX.



Gambar 4. 27 Perbandingan gaya geser lantai akibat beban gempa dinamik arahY.

Tabel 4. 67 Perbandingan nilai *story shear* struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *outrigger*

Lokasi		Tanpa Perkuatan		Dengan <i>Outrigger</i>		Kenaikan	
		Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (%)	Vy (%)
Lt. 10	Atas	180,74	195,71	182,84	202,37	1,16	3,41
	Bawah	335,46	370,28	351,44	394,54	4,77	6,55
Lt.9	Atas	569,38	629,93	613,41	689,24	7,73	9,41
	Bawah	727,18	804,39	797,78	894,12	9,71	11,15
Lt.8	Atas	912,77	999,94	1020,62	1132,35	11,82	13,24
	Bawah	1030,83	1119,23	1164,71	1283,08	12,99	14,64
Lt.7	Atas	1167,25	1246,69	1332,43	1452,06	14,15	16,47
	Bawah	1253,20	1320,85	1439,13	1557,46	14,84	17,91
Lt.6	Atas	1353,21	1396,89	1563,10	1675,88	15,51	19,97
	Bawah	1418,86	1442,36	1649,80	1758,01	16,28	21,88
Lt.5	Atas	1499,74	1493,91	1803,84	1903,03	20,28	27,39
	Bawah	1499,74	1493,91	1896,57	1991,21	26,46	33,29
Lt.4	Atas	1555,99	1533,01	2075,86	2161,19	33,41	40,98
	Bawah	1628,85	1591,81	2166,23	2251,68	32,99	41,45
Lt.3	Atas	1681,31	1647,67	2312,95	2414,35	37,57	46,53
	Bawah	1858,85	1882,26	2392,19	2496,74	28,69	32,65
Lt.2	Atas	2014,34	2086,98	2503,66	2550,95	24,29	22,23
	Bawah	2140,46	2237,29	2538,94	2651,45	18,62	18,51
Lt.1	Atas	2342,95	2471,67	2817,52	2927,79	20,26	18,45
	Bawah	2165,10	2245,41	2648,41	2758,30	22,32	22,84
Bs. 1	Atas	2662,45	2830,43	3089,75	3209,75	16,05	13,40
	Bawah	2741,00	2911,63	3157,80	3278,75	15,21	12,61
Bs. 2	Atas	380,57	385,86	407,24	430,15	7,01	11,48
	Bawah	343,23	356,62	376,77	404,37	9,77	13,39

Tabel 4. 68 Perbandingan nilai *story shear* struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *shear wall*

Lokasi		Tanpa Perkuatan		Dengan <i>Shear wall</i>		Kenaikan	
		Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (%)	Vy (%)
Lt. 10	Atas	180,74	195,71	197,88	207,17	9,48	5,86
	Bawah	335,46	370,28	358,92	382,95	6,99	3,42
Lt.9	Atas	569,38	629,93	616,47	665,61	8,27	5,66
	Bawah	727,18	804,39	782,04	846,19	7,54	5,20
Lt.8	Atas	912,77	999,94	805,18	1070,25	-11,79	7,03
	Bawah	1030,83	1119,23	990,65	1141,53	-3,90	1,99

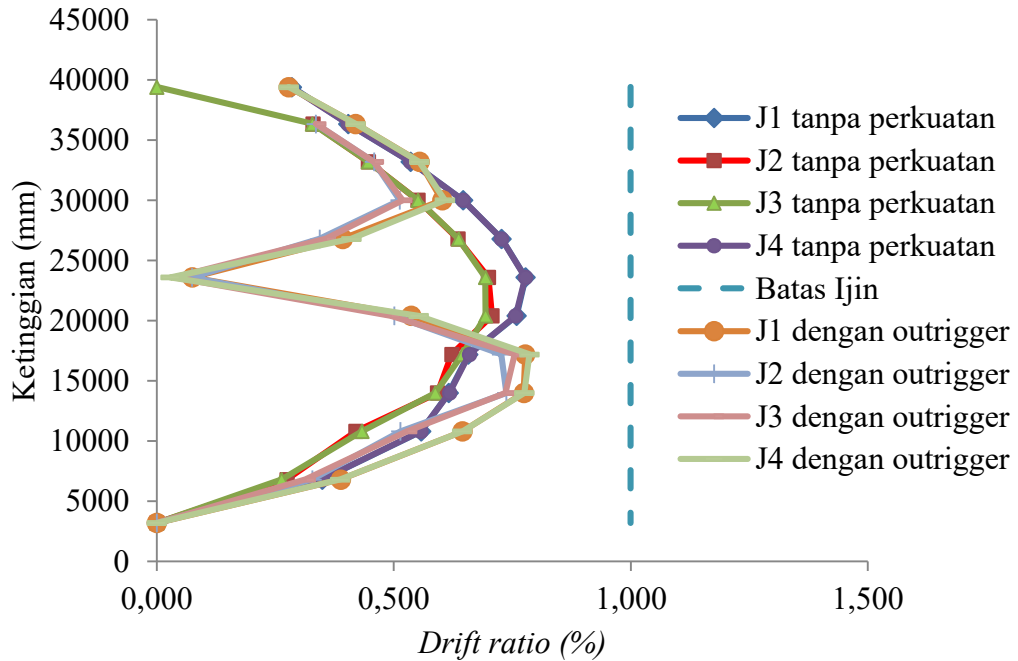
Tabel 4. 69 (Lanjutan)

Lokasi	Tanpa Perkuatan		Dengan <i>Shear wall</i>		Kenaikan		
	Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (%)	Vy (%)	
Lt.7	Atas	1167,25	1246,69	1116,43	1203,81	-4,35	-3,44
	Bawah	1253,20	1320,85	1274,01	1369,60	1,66	3,69
Lt.6	Atas	1353,21	1396,89	1488,85	1593,31	10,02	14,06
	Bawah	1418,86	1442,36	1563,30	1669,49	10,18	15,75
Lt.5	Atas	1499,74	1493,91	1661,73	1767,55	10,80	18,32
	Bawah	1499,74	1493,91	1726,10	1830,74	15,09	22,55
Lt.4	Atas	1555,99	1533,01	1814,72	1918,19	16,63	25,13
	Bawah	1628,85	1591,81	1874,41	1982,07	15,08	24,52
Lt.3	Atas	1681,31	1647,67	1998,22	2126,97	18,85	29,09
	Bawah	1858,85	1882,26	2070,21	2208,66	11,37	17,34
Lt.2	Atas	2014,34	2086,98	2232,00	2392,66	10,81	14,65
	Bawah	2140,46	2237,29	2351,50	2487,27	9,86	11,17
Lt.1	Atas	2342,95	2471,67	2547,35	2728,94	8,72	10,41
	Bawah	2165,10	2245,41	2371,40	2520,56	9,53	12,25
Bs. 1	Atas	2662,45	2830,43	2848,26	3050,94	6,98	7,79
	Bawah	2741,00	2911,63	2920,65	3124,98	6,55	7,33
Bs. 2	Atas	380,57	385,86	321,74	374,58	-15,46	-2,92
	Bawah	343,23	356,62	272,01	341,75	-20,75	-4,17

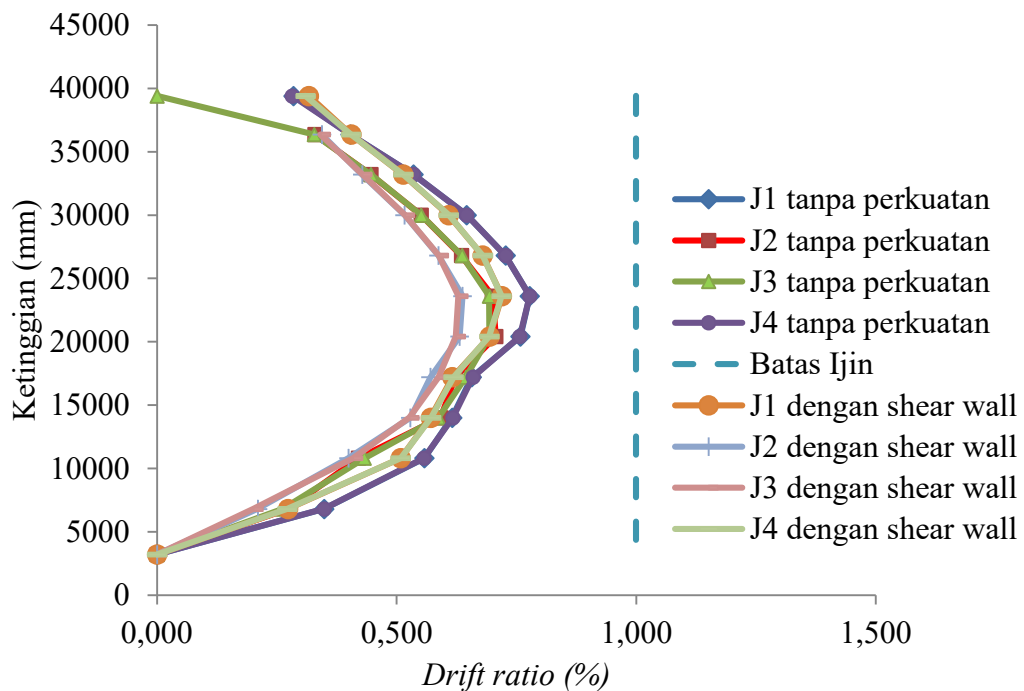
4.4.4. Simpangan Antar Lantai (*Drift ratio*)

Tujuan utama pemilihan *outrigger* dan *shear wall* sebagai perkuatan menambah kekakuan struktur agar mencegah atau mengurangi resiko terjadinya keruntuhan struktur. Kekakuan struktur juga dapat dilihat dari besarnya simpangan antar lantai. Keruntuhan struktur akan berdampak negatif seperti korban jiwa serta kerugian material. Gambar 4.28, Gambar 4.29, Gambar 4.30 dan Gambar 4.31. menunjukkan hasil *drift ratio* akibat gempa *respon spektrum* arah X dan arah Y setelah perkuatan. Nilai *drift ratio* yang dihasilkan pada *joint* yang ditinjau akibat gempa *respon spektrum* arah X dan gempa *respon spektrum* arah Y pada pemodelan struktur yang telah diperkuat menggunakan *outrigger* dan *shear wall* mengalami perubahan. Simpangan yang terjadi pada masing-masing lantai berubah menjadi lebih kecil dibawah nilai syarat yang diijinkan sebesar 1%. Hasil ini telah menunjukkan bahwa struktur yang ditinjau aman terhadap simpangan antar lantai yang terjadi. Join yang di pilih sebagai tinjauan diambil dari join 1, join 2, join 3, dan join 4 karena keempat *joint* tersebut terletak disisi

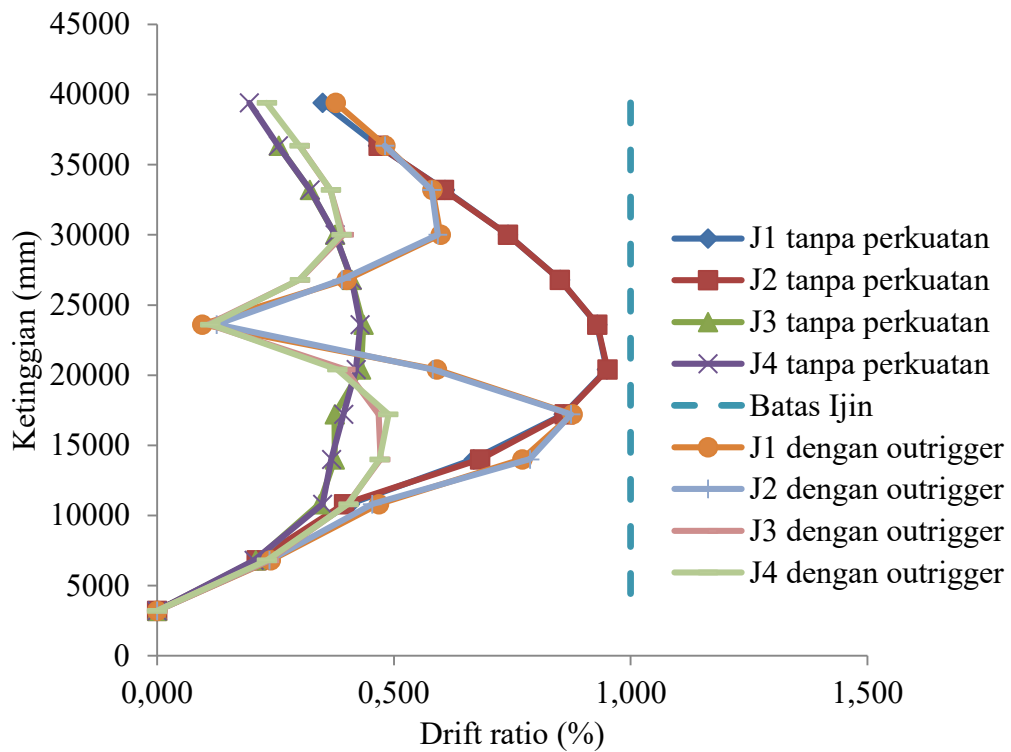
terlemah gedung yaitu pada bagian tepi. Perbandingan antara *drift ratio* sebelum dilakukan penguatan *outrigger* dan *shear wall* dengan setelah dilakukan dengan penguatan tersaji pada Tabel 4.70 sampai dengan Tabel 4.76.



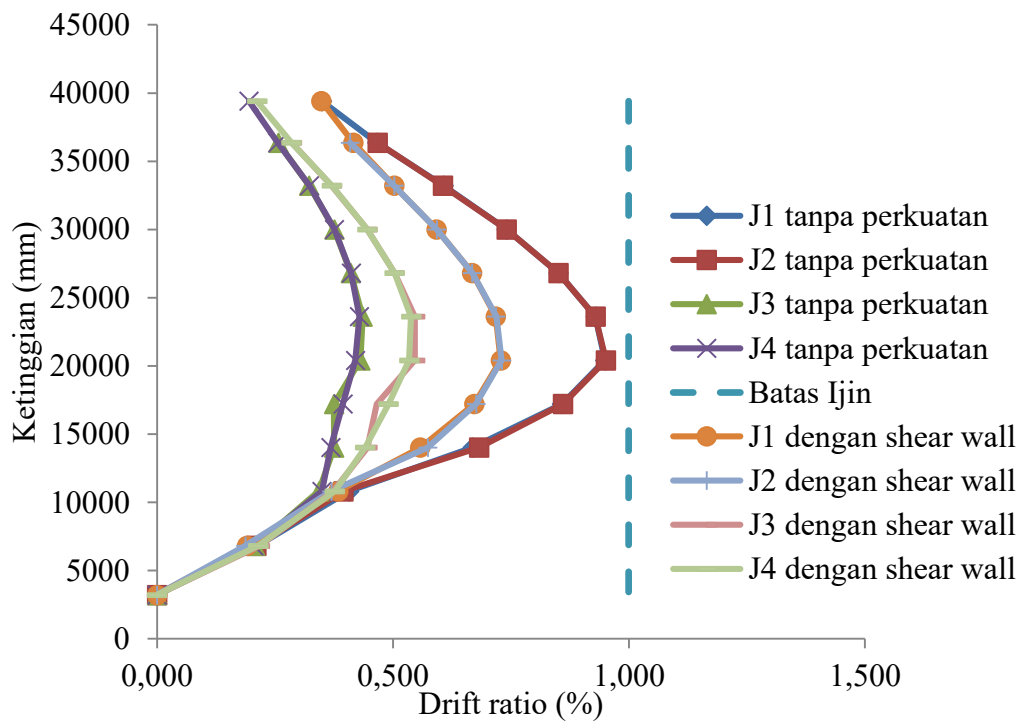
Gambar 4. 28 *Drift ratio* arah X pada struktur tanpa penguatan dan dengan penguatan *outrigger*.



Gambar 4. 29 *Drift ratio* arah X pada struktur tanpa penguatan dan dengan penguatan *shear wall*.



Gambar 4. 30 *Drift ratio* arah Y pada struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *outrigger*.



Gambar 4. 31 *Drift ratio* arah Y pada struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *shear wall*.

Tabel 4. 70 Perbandingan nilai *drift ratio* arah X pada struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *outrigger*

Lokasi	<i>Drift ratio</i> (%)															
	Tanpa Perkuatan								<i>Outrigger</i>							
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
Lt. Atap	0,285			0,282	0,278			0,279	2,47	0,00	0,00	1,36	2,47	0,00	0,00	1,36
Lantai 10	0,403	0,330	0,328	0,404	0,420	0,335	0,336	0,420	4,01	1,68	2,35	3,96	4,01	1,68	2,35	3,96
Lantai 9	0,536	0,446	0,447	0,536	0,555	0,458	0,458	0,554	3,56	2,71	2,52	3,40	3,56	2,71	2,52	3,40
Lantai 8	0,646	0,551	0,551	0,646	0,602	0,513	0,518	0,608	6,82	6,94	6,00	5,94	6,82	6,94	6,00	5,94
Lantai 7	0,727	0,635	0,637	0,728	0,392	0,344	0,357	0,411	46,09	45,90	44,00	43,55	46,09	45,90	44,00	43,55
Lantai 6	0,778	0,700	0,694	0,778	0,075	0,074	0,037	0,029	90,39	89,43	94,72	96,31	90,39	89,43	94,72	96,31
Lantai 5	0,759	0,707	0,694	0,757	0,537	0,501	0,494	0,553	29,25	29,16	28,81	27,04	29,25	29,16	28,81	27,04
Lantai 4	0,657	0,622	0,645	0,659	0,778	0,727	0,755	0,786	18,30	16,77	17,15	19,20	18,30	16,77	17,15	19,20
Lantai 3	0,616	0,593	0,588	0,618	0,775	0,738	0,736	0,775	25,74	24,49	25,18	25,53	25,74	24,49	25,18	25,53
Lantai 2	0,558	0,420	0,433	0,557	0,645	0,514	0,528	0,645	15,64	22,22	22,02	15,69	15,64	22,22	22,02	15,69
Lantai 1	0,349	0,275	0,263	0,349	0,388	0,328	0,314	0,387	11,08	19,37	19,19	11,03	11,08	19,37	19,19	11,03
Bs 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. 71 Perbandingan nilai *drift ratio* arah X pada struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *shear wall*

Lokasi	<i>Drift ratio</i> (%)															
	Tanpa Perkuatan								<i>Shear wall</i>							
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
Lt. Atap	0,285			0,282	0,317			0,310	11,26	0,00	0,00	9,81	11,26	0,00	0,00	9,81
Lantai 10	0,403	0,330	0,328	0,404	0,406	0,344	0,341	0,405	0,52	4,37	3,92	0,44	0,52	4,37	3,92	0,44
Lantai 9	0,536	0,446	0,447	0,536	0,514	0,428	0,429	0,514	4,07	4,00	4,01	4,00	4,07	4,00	4,01	4,00

Tabel 4. 72 (Lanjutan)

Lokasi	Drift ratio (%)															
	Tanpa Perkuatan								Shear wall							
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
Lantai 8	0,646	0,551	0,551	0,646	0,609	0,517	0,517	0,609	0,517	0,517	0,517	0,609	5,82	6,22	6,12	5,80
Lantai 7	0,727	0,635	0,637	0,728	0,680	0,587	0,588	0,680	0,587	0,588	0,588	0,680	6,57	7,60	7,58	6,51
Lantai 6	0,778	0,700	0,694	0,778	0,720	0,637	0,629	0,719	0,637	0,629	0,629	0,719	7,49	8,92	9,30	7,54
Lantai 5	0,759	0,707	0,694	0,757	0,694	0,632	0,624	0,694	0,632	0,624	0,624	0,694	8,49	10,69	10,08	8,41
Lantai 4	0,657	0,622	0,645	0,659	0,616	0,571	0,588	0,619	0,571	0,588	0,588	0,619	6,20	8,27	8,85	6,12
Lantai 3	0,616	0,593	0,588	0,618	0,571	0,529	0,527	0,572	0,529	0,527	0,527	0,572	7,24	10,78	10,35	7,33
Lantai 2	0,558	0,420	0,433	0,557	0,509	0,400	0,409	0,509	0,400	0,409	0,409	0,509	8,80	4,90	5,43	8,67
Lantai 1	0,349	0,275	0,263	0,349	0,274	0,210	0,202	0,272	0,210	0,202	0,202	0,272	21,61	23,39	23,47	21,88
Bs 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. 73 Perbandingan nilai drift ratio arah Y pada struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan outrigger

Lokasi	Drift ratio (%)															
	Tanpa Perkuatan								Outrigger							
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
Lt. Atap	0,350			0,195	0,378			0,232				0,232	7,91			18,78
Lantai 10	0,467	0,468	0,257	0,256	0,482	0,481	0,301	0,301	0,481	0,301	0,301	0,301	3,33	2,88	17,13	17,49
Lantai 9	0,608	0,606	0,323	0,323	0,581	0,580	0,366	0,367	0,580	0,366	0,367	0,367	4,36	4,22	13,38	13,54
Lantai 8	0,741	0,741	0,376	0,376	0,599	0,593	0,394	0,389	0,593	0,394	0,389	0,389	19,15	19,93	4,79	3,48
Lantai 7	0,851	0,851	0,411	0,412	0,401	0,390	0,302	0,301	0,390	0,302	0,301	0,301	52,92	54,11	26,58	26,77
Lantai 6	0,929	0,929	0,436	0,429	0,095	0,126	0,109	0,113	0,126	0,109	0,113	0,113	89,73	86,44	75,09	73,77

Tabel 4. 74 (Lanjutan)

Lokasi	Drift ratio (%)								Persentase Penurunan (%)			
	Tanpa Perkuatan				Outrigger				Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4				
Lantai 5	0,950	0,951	0,431	0,421	0,591	0,582	0,398	0,381	37,82	38,78	7,73	9,39
Lantai 4	0,859	0,860	0,375	0,394	0,877	0,874	0,468	0,488	2,16	1,59	24,77	23,86
Lantai 3	0,669	0,682	0,375	0,368	0,771	0,787	0,471	0,470	15,28	15,39	25,61	27,56
Lantai 2	0,407	0,395	0,343	0,350	0,469	0,455	0,403	0,404	15,14	15,08	17,27	15,57
Lantai 1	0,213	0,210	0,208	0,205	0,240	0,237	0,236	0,232	12,92	12,85	13,32	13,21
Bs 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. 75 Perbandingan nilai drift ratio arah Y pada struktur tanpa perkuatan dan dengan perkuatan shear wall

Lokasi	Drift ratio (%)								Persentase Penurunan (%)			
	Tanpa Perkuatan				Shear wall				Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4				
Lt. Atap	0,350			0,195	0,348			0,212	0,48			8,83
Lantai 10	0,467	0,468	0,257	0,256	0,416	0,409	0,286	0,285	10,84	12,45	11,25	11,36
Lantai 9	0,608	0,606	0,323	0,323	0,503	0,503	0,370	0,371	17,26	17,00	14,75	14,73
Lantai 8	0,741	0,741	0,376	0,376	0,593	0,593	0,446	0,446	20,00	19,97	18,56	18,57
Lantai 7	0,851	0,851	0,411	0,412	0,668	0,668	0,503	0,504	21,51	21,47	22,41	22,39
Lantai 6	0,929	0,929	0,436	0,429	0,718	0,719	0,547	0,539	22,74	22,68	25,43	25,54
Lantai 5	0,950	0,951	0,431	0,421	0,729	0,731	0,547	0,534	23,30	23,21	26,86	27,08
Lantai 4	0,859	0,860	0,375	0,394	0,673	0,676	0,466	0,491	21,66	21,41	24,22	24,51
Lantai 3	0,669	0,682	0,375	0,368	0,558	0,574	0,446	0,441	16,60	15,90	18,88	19,77

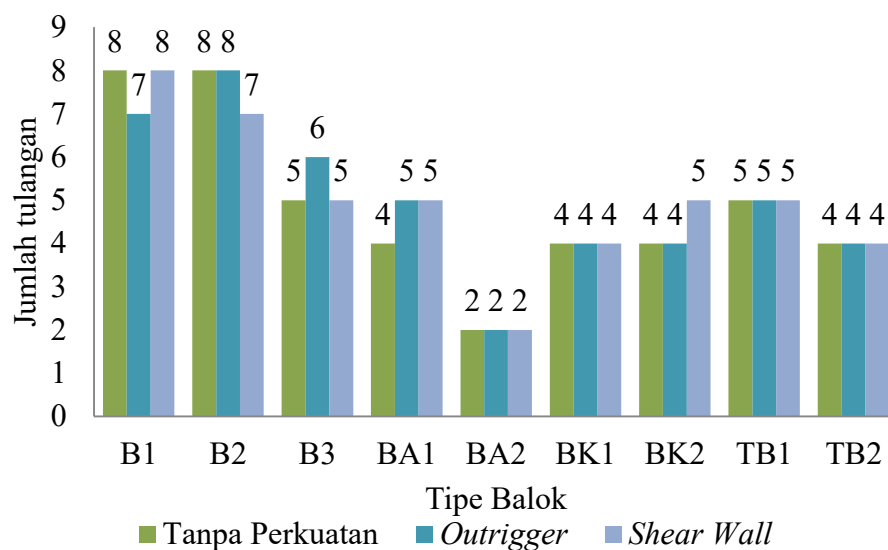
Tabel 4. 76 (Lanjutan)

Lokasi	<i>Drift ratio (%)</i>								Persentase Penurunan (%)			
	Tanpa Perkuatan				<i>Shear wall</i>				Join 1	Join 2	Join 3	Join 4
	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4	Join 1	Join 2	Join 3	Join 4				
Lantai 2	0,407	0,395	0,343	0,350	0,384	0,370	0,374	0,377	5,69	6,43	8,88	7,74
Lantai 1	0,213	0,210	0,208	0,205	0,191	0,187	0,218	0,214	10,24	10,89	4,62	4,50
Bs 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00

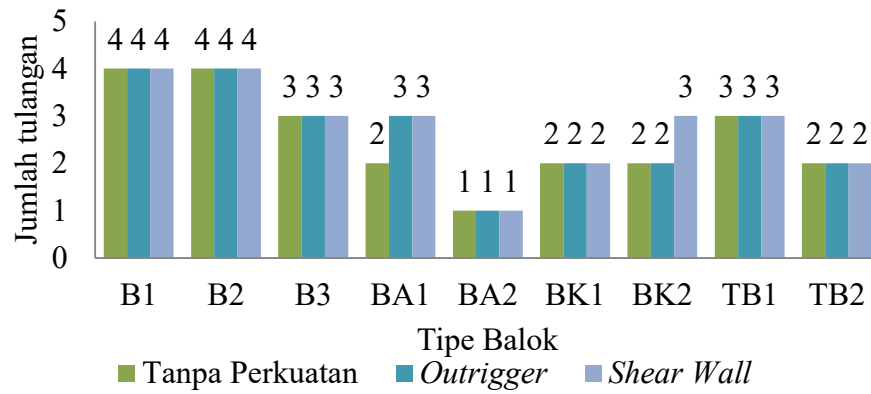
Berdasarkan hasil perbandingan antara pemodelan gedung sebelum dilakukan perkuatan menggunakan *outrigger* dan *shear wall* dengan pemodelan gedung setelah dilakukan perkuatan dengan *outrigger* dan *shear wall* nilai *drift ratio* masing-masing join tiap lantai mengalami perubahan. Untuk perkuatan dengan *outrigger* perubahan akibat beban gempa dinamik arah X yang signifikan terjadi di keempat join pada lantai 6 yang mencapai diatas 80%, sedangkan akibat beban gempa dinamik arah Y perubahan signifikan jug terjadi di keempat join pada lantai 6 yang mencapai diatas 70%. Hal tersebut terjadi karena adanya *outrigger* pada lantai 6 sehingga simpangan yang terjadi sangat kecil. Sedangkan untuk perkuatan dengan *shear wall* perubahan akibat beban gempa dinamik arah X yang signifikan terjadi di keempat join pada lantai 1 yang mencapai diatas 20%, sedangkan akibat beban gempa dinamik arah Y perubahan signifikan jug terjadi di keempat join pada lantai 4 sampai lantai 7 yang mencapai diatas 20%.

4.4.5. Desain tulangan balok dan kolom

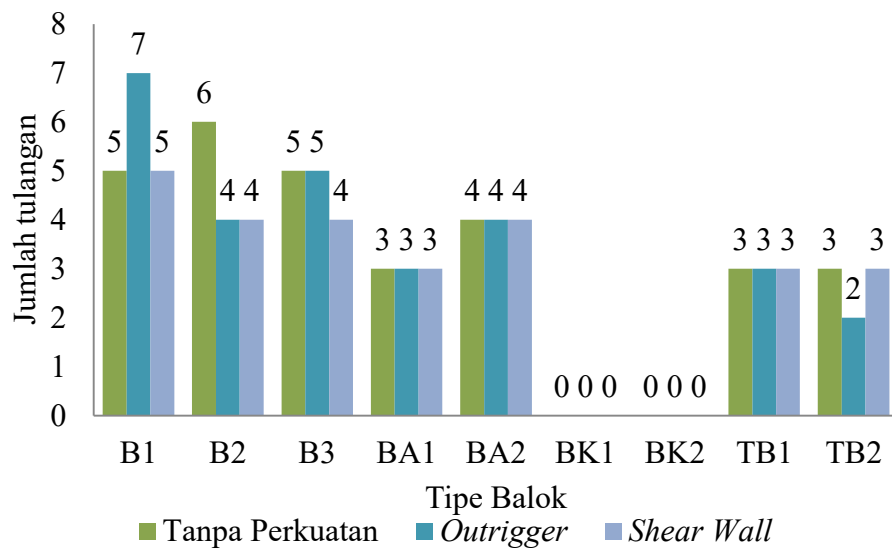
Dengan adanya perubahan perkuatan pada struktur diperkirakan adanya perubahan kebutuhan tulangan pada balok maupun kolom. Untuk hasil dari desain tulangan balok berupa kebutuhan tulangan lentur dan jarak sengkang dapat dilihat pada Gambar 4.32 sampai dengan Gambar 4.36. Sedangkan untuk kolom disajikan dalam Gambar 4.37 sampai dengan Gambar 4.39.



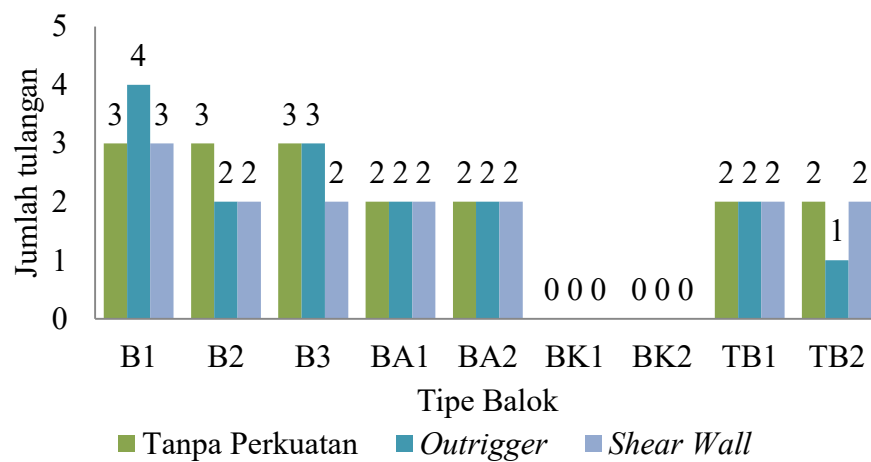
Gambar 4. 32 Kebutuhan tulangan tarik pada daerah tumpuan balok.



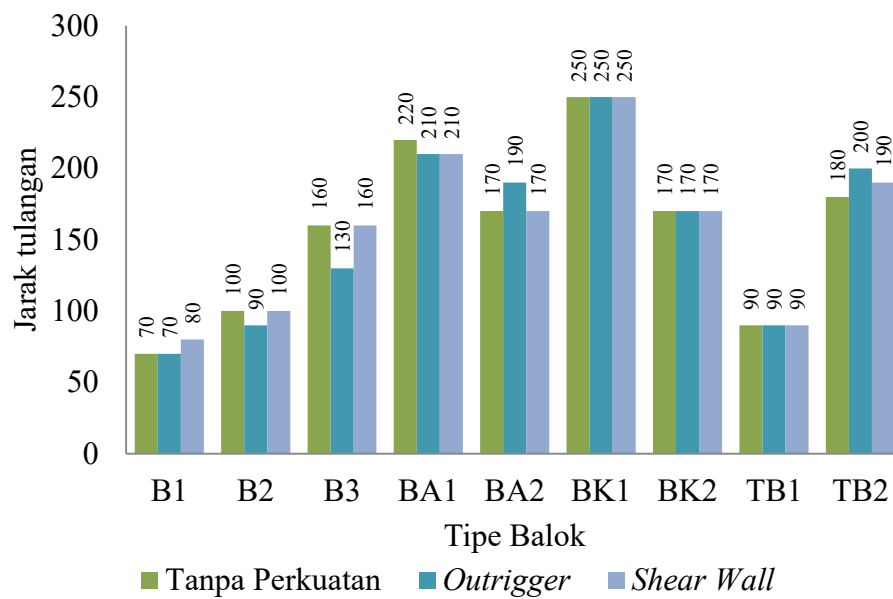
Gambar 4. 33 Kebutuhan tulangan tekan pada daerah tumpuan balok.



Gambar 4. 34 Kebutuhan tulangan tarik pada daerah lapangan balok.



Gambar 4. 35 Kebutuhan tulangan tekan pada daerah lapangan balok.



Gambar 4. 36 Jarak tulangan sengkang pada balok.

Tabel 4. 77 Perbandingan kebutuhan tulangan balok pada struktur dengan perkuatan *outrigger* terhadap struktur tanpa perkuatan kusus

Balok	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan	Outrigger	Perubahan (%)
	b (mm)	h (mm)				
B1	300	600	Tumpuan Tarik	8 D22	7 D22	-14,29
			Tumpuan Tekan	4 D22	4 D22	0,00
			Lapangan Tarik	5 D22	7 D22	28,57
			Lapangan Tekan	3 D22	4 D22	25,00
			Tulangan Geser	3P10-70	3P10-70	
B2	350	700	Tumpuan Tarik	8 D22	8 D22	0,00
			Tumpuan Tekan	4 D22	4 D22	0,00
			Lapangan Tarik	6 D22	4 D22	-50,00
			Lapangan Tekan	3 D22	2 D22	-50,00
			Tulangan Geser	3P10-100	3P10-90	
B3	200	400	Tumpuan Tarik	5 D16	6 D16	16,67
			Tumpuan Tekan	3 D16	3 D16	0,00
			Lapangan Tarik	5 D16	5 D16	0,00
			Lapangan Tekan	3 D16	3 D16	0,00
			Tulangan Geser	2P10-160	2P10-130	
BA1	250	500	Tumpuan Tarik	4 D19	5 D19	20,00
			Tumpuan Tekan	2 D19	3 D19	33,33
			Lapangan Tarik	3 D19	3 D19	0,00
			Lapangan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Tulangan Geser	2P10-220	2P10-210	

Tabel 4. 78 (Lanjutan)

Balok	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan	<i>Outrigger</i>	Perubahan (%)
	b (mm)	h (mm)				
BA2	250	500	Tumpuan Tarik	2 D19	2 D19	0,00
			Tumpuan Tekan	1 D19	1 D19	0,00
			Lapangan Tarik	4 D19	4 D19	0,00
			Lapangan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Tulangan Geser	2P10-170	2P10-190	
BK1	300	600	Tumpuan Tarik	4 D19	4 D19	0,00
			Tumpuan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Lapangan Tarik			
			Lapangan Tekan			
			Tulangan Geser	2P10-250	2P10-250	
BK2	200	400	Tumpuan Tarik	4 D16	4 D16	0,00
			Tumpuan Tekan	2 D16	2 D16	0,00
			Lapangan Tarik			
			Lapangan Tekan			
			Tulangan Geser	2P10-170	2P10-170	
TB1	300	600	Tumpuan Tarik	5 D22	5 D22	0,00
			Tumpuan Tekan	3 D22	3 D22	0,00
			Lapangan Tarik	3 D22	3 D22	0,00
			Lapangan Tekan	2 D22	2 D22	0,00
			Tulangan Geser	2P10-90	2P10-90	
TB2	250	500	Tumpuan Tarik	4 D19	4 D19	0,00
			Tumpuan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Lapangan Tarik	3 D19	2 D19	-50,00
			Lapangan Tekan	2 D19	1 D19	-100,00
			Tulangan Geser	2P10-180	2P10-200	

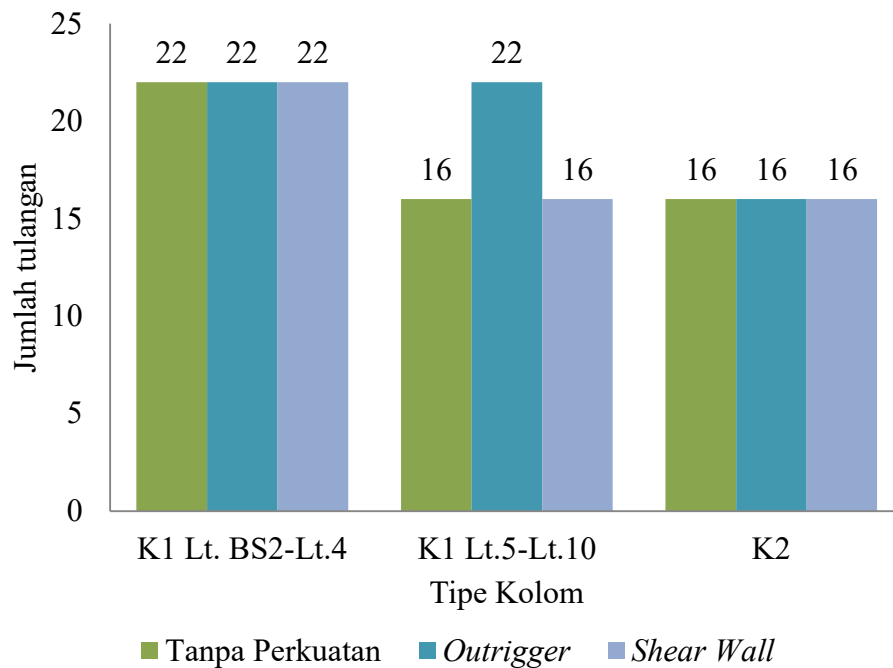
Tabel 4. 79 Perbandingan kebutuhan tulangan balok pada struktur dengan perkuatan *shear wall* terhadap struktur tanpa perkuatan kusus

Balok	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan	<i>Shear wall</i>	Perubahan (%)
	b (mm)	h (mm)				
B1	300	600	Tumpuan Tarik	8 D22	8 D22	0,00
			Tumpuan Tekan	4 D22	4 D22	0,00
			Lapangan Tarik	5 D22	5 D22	0,00
			Lapangan Tekan	3 D22	3 D22	0,00
			Tulangan Geser	3P10-70	3P10-80	
B2	350	700	Tumpuan Tarik	8 D22	7 D22	-14,29
			Tumpuan Tekan	4 D22	4 D22	0,00
			Lapangan Tarik	6 D22	4 D22	-50,00

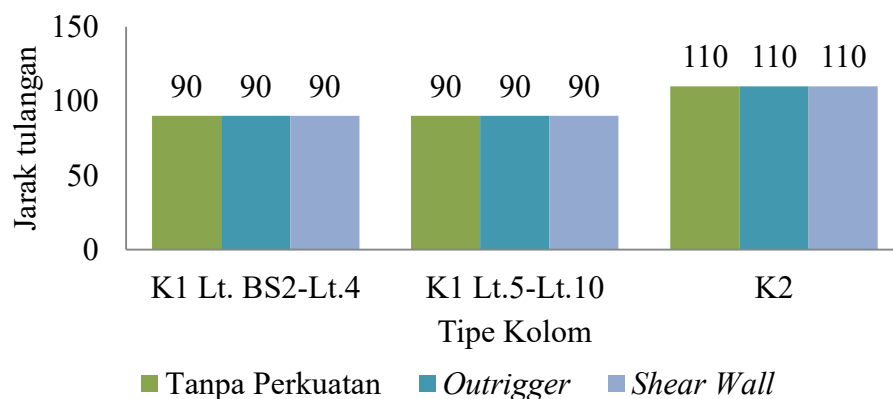
Tabel 4. 80 (Lanjutan)

Balok	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan	<i>Shear wall</i>	Perubahan (%)
	b (mm)	h (mm)				
B3	200	400	Lapangan Tekan	3 D22	2 D22	-50,00
			Tulangan Geser	3P10-100	3P10-100	
			Tumpuan Tarik	5 D16	5 D16	0,00
			Tumpuan Tekan	3 D16	3 D16	0,00
			Lapangan Tarik	5 D16	4 D16	-25,00
			Lapangan Tekan	3 D16	2 D16	-50,00
BA1	250	500	Tulangan Geser	2P10-160	2P10-160	
			Tumpuan Tarik	4 D19	5 D19	20,00
			Tumpuan Tekan	2 D19	3 D19	33,33
			Lapangan Tarik	3 D19	3 D19	0,00
BA2	250	500	Tulangan Geser	2P10-220	2P10-210	
			Tumpuan Tarik	2 D19	2 D19	0,00
			Tumpuan Tekan	1 D19	1 D19	0,00
			Lapangan Tarik	4 D19	4 D19	0,00
BK1	300	600	Lapangan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Tulangan Geser	2P10-170	2P10-170	
			Tumpuan Tarik	4 D19	4 D19	0,00
			Tumpuan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
BK2	200	400	Lapangan Tarik			
			Lapangan Tekan			
			Tulangan Geser	2P10-250	2P10-250	
			Tumpuan Tarik	4 D16	5 D16	20,00
TB1	300	600	Tumpuan Tekan	2 D16	3 D16	33,33
			Lapangan Tarik			
			Lapangan Tekan			
			Tulangan Geser	2P10-170	2P10-170	
TB2	250	500	Tumpuan Tarik	5 D22	5 D22	0,00
			Tumpuan Tekan	3 D22	3 D22	0,00
			Lapangan Tarik	3 D22	3 D22	0,00
			Lapangan Tekan	2 D22	2 D22	0,00
TB2	250	500	Tulangan Geser	2P10-90	2P10-90	
			Tumpuan Tarik	4 D19	4 D19	0,00
			Tumpuan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Lapangan Tarik	3 D19	3 D19	0,00
			Lapangan Tekan	2 D19	2 D19	0,00
			Tulangan Geser	2P10-180	2P10-190	

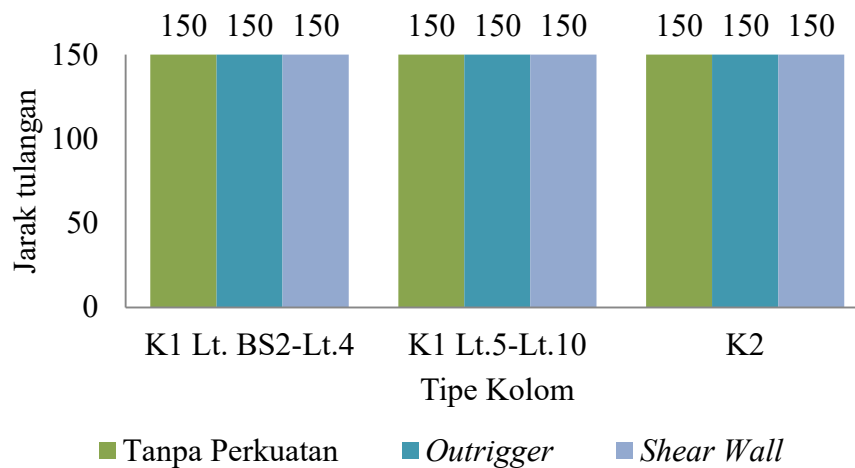
Dari tabel dapat di lihat bahwa kebutuhan tulangan balok untuk struktur tanpa perkuatan dan struktur dengan perkuatan tidak terlalu signifikan. Hal ini di sebabkan balok tidak bekerja untuk menahan atau menerima gaya lateral yang terjadi pada struktur, selain itu balok lebih dominan menahan beban mati dan beban hidup yang terjadi, seperti beban dinding, pelat lantai dan beban layan sesuai fungsi bangunan. Kemudian itu di salurkan ke setiap kolom untuk di distribusikan ke fondasi dan tanah dasar.



Gambar 4. 37 Kebutuhan tulangan pokok pada kolom.



Gambar 4. 38 Jarak sengkang area Lo pada kolom.



Gambar 4. 39 Jarak sengkang area di luar Lo pada kolom.

Tabel 4. 81 Perbandingan kebutuhan tulangan kolom pada struktur dengan perkutan *outrigger* terhadap struktur tanpa perkuatan kusus

Kolom	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan	<i>Outrigger</i>	Perubahan (%)
	b (mm)	h (mm)				
K1 Lt. BS2-Lt.4	600	900	Longitudinal	22 D25	22 D25	0,00
			Geser pada Lo	4D10-90	4D10-90	
			Geser luar Lo	4D10-150	4D10-150	
K1 Lt.5-Lt.10	600	900	Longitudinal	16 D25	22 D25	27,27
			Geser pada Lo	4D10-90	4D10-90	
			Geser luar Lo	4D10-150	4D10-150	
K2	500	700	Longitudinal	16 D25	16 D25	0,00
			Geser pada Lo	3D13-110	3D13-110	
			Geser luar Lo	3D13-150	3D13-150	

Tabel 4. 82 Perbandingan kebutuhan tulangan kolom pada struktur dengan perkutan *shear wall* terhadap struktur tanpa perkuatan kusus

Kolom	Dimensi		Penulangan	Tanpa Perkuatan	<i>Shear wall</i>	Perubahan (%)
	b (mm)	h (mm)				
K1 Lt. BS2-Lt.4	600	900	Longitudinal	22 D25	22 D25	0,00
			Geser pada Lo	4D10-90	4D10-90	
			Geser luar Lo	4D10-150	4D10-150	
K1 Lt.5-Lt.10	600	900	Longitudinal	16 D25	16 D25	0,00
			Geser pada Lo	4D10-90	4D10-90	
			Geser luar Lo	4D10-150	4D10-150	
K2	500	700	Longitudinal	16 D25	16 D25	0,00
			Geser pada Lo	3D13-110	3D13-110	
			Geser luar Lo	3D13-150	3D13-150	

Dapat di lihat pada grafik maupun tabel bahwa kebutuhan tulangan dan jarak tulangan sengkang pada kolom dari setiap variasi percobaan hamper sama. Hany saja yang membedakan adalah jumlah tulangan pokok kolom lantai 5 sampai dengan lantai 10 pada variasi dengan *outrigger* lebih banyak dengan jumlah 22 buah. Hal ini dikarenakan adanya *outrigger* pada lantai 6 yang memungkinkan terjadinya gaya dalam yang besar pada kolom area tersebut.