

4. HASIL PERENCANAAN DAN ANALISIS KINERJA STRUKTUR

4.1. Pendahuluan

Dalam bab ini akan disajikan hasil perencanaan dari *Pseudo* Elastis. Pada penelitian ini terdapat lima bangunan yang ditinjau. Bangunan tersebut antara lain:

Tabel 4.1. Nama Bangunan yang Ditinjau

Nama Bangunan	Jumlah Lantai	Dimensi	
		Kolom Eksterior	Kolom Interior
10L KES	10	650 x 650	650 x 650
10L KEB	10	700 x 700	650 x 650
8L KES	8	650 x 650	650 x 650
8L KEB	8	850 x 850	650 x 650
6L KEB	6	750 x 750	500 x 500

Hasil perencanaan struktur dengan *Pseudo* Elastis tersebut kemudian dianalisis kinerjanya saat terjadi gempa dengan menggunakan Analisis Statik *Pushover* dan Analisis Dinamik Riwayat Waktu menggunakan gempa dengan periode ulang 500 dan 1000 tahun. Untuk Analisis Statik *Pushover* dilakukan dengan program ETABS v 8.11(CSi Berkeley, 2001) pada semua bangunan yang ditinjau. Sedangkan Analisis Riwayat Waktu dipakai sebagai perbandingan dengan menggunakan program Ruaumoko 3D (Carr,2001) khususnya untuk bangunan 10 lantai.

Dari kedua analisis tersebut diperoleh beberapa parameter yang dapat dipakai untuk memberikan gambaran tingkat kinerja struktur saat terjadi gempa. Parameter-parameter yang dipakai adalah: simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, posisi sendi plastis, *Earthquake Performance Level*. Selain itu juga disajikan *Performance Point*, Respon Spektrum Plastis pada setiap bangunan yang diteliti.

4.2. Hasil Perencanaan Struktur

Hasil perencanaan struktur dengan metode *Pseudo* Elastis yang berupa jumlah tulangan lentur dan geser terpasang pada elemen-elemen struktur (balok dan kolom) dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai dengan Tabel 4.17.

Tabel 4.2. Tulangan Lentur Balok Eksterior dan Interior Bangunan 10 Lantai

Lantai		BANGUNAN 10L KES				BANGUNAN 10L KEB			
		Balok Eksterior		Balok Interior		Balok Eksterior		Balok Interior	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
10	Atas	5 D16	2 D16	7 D16	3 D16	5 D16	2 D16	9 D16	3 D16
	Bawah	2 D16	5 D16	3 D16	5 D16	2 D16	5 D16	3 D16	5 D16
9	Atas	7 D16	2 D16	7 D16	3 D16	7 D16	2 D16	9 D16	3 D16
	Bawah	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16
8	Atas	8 D16	2 D16	8 D16	3 D16	8 D16	2 D16	9 D16	3 D16
	Bawah	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16
7	Atas	9 D16	3 D16	9 D16	3 D16	9 D16	3 D16	10 D16	3 D16
	Bawah	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16	4 D16	5 D16
6	Atas	10 D16	3 D16	10 D16	3 D16	10 D16	3 D16	11 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	4 D16	5 D16	4 D16	5 D16	4 D16	5 D16
5	Atas	11 D16	3 D16	11 D16	3 D16	11 D16	3 D16	12 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	5 D16	5 D16	4 D16	5 D16	5 D16	5 D16
4	Atas	11 D16	3 D16	12 D16	3 D16	12 D16	3 D16	12 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	5 D16	5 D16	5 D16	5 D16	5 D16	5 D16
3	Atas	12 D16	3 D16	12 D16	3 D16	12 D16	3 D16	13 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	5 D16	5 D16	6 D16	5 D16	5 D16	5 D16
2	Atas	12 D16	3 D16	12 D16	3 D16	12 D16	3 D16	13 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	5 D16	5 D16	6 D16	5 D16	5 D16	5 D16
1	Atas	10 D16	3 D16	11 D16	3 D16	10 D16	3 D16	11 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	5 D16	5 D16	5 D16	5 D16	4 D16	5 D16

Tabel 4.3. Tulangan Lentur Balok Eksterior dan Interior Bangunan 8 Lantai

Lantai		BANGUNAN 8L KES				BANGUNAN 8L KEB			
		Balok Eksterior		Balok Interior		Balok Eksterior		Balok Interior	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
8	Atas	4 D19	2 D19	5 D19	3 D19	4 D19	2 D19	6 D19	3 D19
	Bawah	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19
7	Atas	5 D19	2 D19	5 D19	3 D19	5 D19	2 D19	6 D19	3 D19
	Bawah	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19
6	Atas	6 D19	3 D19	6 D19	3 D19	6 D19	3 D19	7 D19	3 D19
	Bawah	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19	2 D19	4 D19	3 D19	4 D19
5	Atas	7 D19	3 D19	7 D19	3 D19	7 D19	3 D19	8 D19	3 D19
	Bawah	4 D19	4 D19	3 D19	4 D19	3 D19	4 D19	3 D19	4 D19
4	Atas	8 D19	3 D19	8 D19	3 D19	8 D19	3 D19	9 D19	3 D19
	Bawah	4 D19	4 D19	3 D19	4 D19	4 D19	4 D19	3 D19	4 D19
3	Atas	8 D19	3 D19	9 D19	3 D19	9 D19	3 D19	9 D19	3 D19
	Bawah	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19
2	Atas	8 D19	3 D19	9 D19	3 D19	9 D19	3 D19	9 D19	3 D19
	Bawah	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19
1	Atas	8 D19	3 D19	8 D19	3 D19	7 D19	3 D19	8 D19	3 D19
	Bawah	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19	3 D19	4 D19	3 D19	4 D19

Tabel 4.4. Tulangan Lentur Balok Eksterior dan Interior Bangunan 6L KEB

Lantai		Balok Eksterior		Balok Interior	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
6	Atas	5 D16	3 D16	8 D16	3 D16
	Bawah	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16
5	Atas	7 D16	3 D16	9 D16	3 D16
	Bawah	3 D16	5 D16	3 D16	5 D16
4	Atas	9 D16	3 D16	10 D16	3 D16
	Bawah	3 D16	5 D16	4 D16	5 D16
3	Atas	10 D16	3 D16	11 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	4 D16	5 D16
2	Atas	10 D16	3 D16	11 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	4 D16	5 D16
1	Atas	10 D16	3 D16	10 D16	3 D16
	Bawah	4 D16	5 D16	4 D16	5 D16

Tabel 4.5. Tulangan Geser Balok Eksterior dan Interior Bangunan 10L KES

Lantai	Balok Eksterior		Balok Interior	
	Plastis	Elastis	Plastis	Elastis
10	4 Ø10-100	4 Ø10-250	4 Ø10-60	4 Ø10-100
9	4 Ø10-100	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-100
8	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-100
7	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-90
6	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
5	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
4	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
3	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
2	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
1	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-100

Tabel 4.6. Tulangan Geser Balok Eksterior dan Interior Bangunan 10L KEB

Lantai	Balok Eksterior		Balok Interior	
	Plastis	Elastis	Plastis	Elastis
10	4 Ø10-100	4 Ø10-250	4 Ø10-60	4 Ø10-100
9	4 Ø10-100	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-100
8	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-100
7	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-90
6	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
5	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
4	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
3	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
2	4 Ø10-80	4 Ø10-120	4 Ø10-60	4 Ø10-90
1	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-60	4 Ø10-100

Tabel 4.7. Tulangan Geser Balok Eksterior dan Interior Bangunan 8L KES

Lantai	Balok Eksterior		Balok Interior	
	Plastis	Elastis	Plastis	Elastis
8	4 Ø10-100	4 Ø10-200	4 Ø10-80	4 Ø10-150
7	4 Ø10-100	4 Ø10-200	4 Ø10-80	4 Ø10-150
6	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-80	4 Ø10-150
5	4 Ø10-80	4 Ø10-150	4 Ø10-80	4 Ø10-100
4	4 Ø10-80	4 Ø10-130	4 Ø10-70	4 Ø10-100
3	4 Ø10-80	4 Ø10-130	4 Ø10-70	4 Ø10-100
2	4 Ø10-80	4 Ø10-130	4 Ø10-70	4 Ø10-100
1	4 Ø10-80	4 Ø10-130	4 Ø10-70	4 Ø10-100

Tabel 4.8. Tulangan Geser Balok Eksterior dan Interior Bangunan 8L KEB

Lantai	Balok Eksterior		Balok Interior	
	Plastis	Elastis	Plastis	Elastis
8	4 Ø10-100	4 Ø10-200	4 Ø10-80	4 Ø10-120
7	4 Ø10-100	4 Ø10-200	4 Ø10-80	4 Ø10-120
6	4 Ø10-90	4 Ø10-150	4 Ø10-80	4 Ø10-120
5	4 Ø10-90	4 Ø10-150	4 Ø10-70	4 Ø10-100
4	4 Ø10-70	4 Ø10-110	4 Ø10-70	4 Ø10-100
3	4 Ø10-70	4 Ø10-110	4 Ø10-70	4 Ø10-100
2	4 Ø10-70	4 Ø10-110	4 Ø10-70	4 Ø10-100
1	4 Ø10-90	4 Ø10-150	4 Ø10-80	4 Ø10-120

Tabel 4.9. Tulangan Geser Balok Eksterior dan Interior Bangunan 6L KEB

Lantai	Balok Eksterior		Balok Interior	
	Plastis	Elastis	Plastis	Elastis
6	4 Ø10-100	4 Ø10-200	4 Ø10-80	4 Ø10-120
5	4 Ø10-100	4 Ø10-150	4 Ø10-80	4 Ø10-120
4	4 Ø10-90	4 Ø10-110	4 Ø10-80	4 Ø10-120
3	4 Ø10-90	4 Ø10-110	4 Ø10-80	4 Ø10-120
2	4 Ø10-90	4 Ø10-110	4 Ø10-80	4 Ø10-120
1	4 Ø10-90	4 Ø10-110	4 Ø10-80	4 Ø10-120

Tabel 4.10. Tulangan Lentur Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 10L KES

Lantai		Kolom Eksterior			Kolom Interior		
		Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan	Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan
10	Atas	208,33	475,09	8 D 25	68,43	785,68	8 D 25
	Bawah	203,27	508,53	8 D 25	55,41	819,12	8 D 25
9	Atas	214,96	978,94	8 D 25	98,62	1487,80	8 D 25
	Bawah	211,29	1012,39	8 D 25	101,06	1521,25	8 D 25
8	Atas	279,26	1479,27	8 D 25	124,55	2189,54	8 D 25
	Bawah	328,16	1512,72	8 D 25	149,49	2223,00	8 D 25
7	Atas	331,09	1978,88	8 D 25	146,19	2891,38	8 D 25
	Bawah	432,21	2012,32	8 D 25	192,47	2924,83	8 D 25
6	Atas	373,96	2476,78	8 D 25	163,50	3593,14	8 D 25
	Bawah	522,58	2510,23	8 D 25	229,31	3626,59	8 D 25
5	Atas	407,69	2972,75	8 D 25	176,91	4294,85	8 D 25
	Bawah	598,83	3006,19	8 D 25	260,00	4328,30	8 D 25
4	Atas	431,05	3466,40	8 D 25	185,77	4996,50	8 D 25
	Bawah	662,20	3499,85	12 D 25	284,89	5029,95	8 D 25
3	Atas	437,19	4039,23	12 D 25	187,20	5698,02	8 D 25
	Bawah	716,49	4072,68	16 D 25	306,06	5731,48	8 D 25
2	Atas	392,63	4621,46	16 D 25	167,12	6399,49	8 D 25
	Bawah	794,70	4654,91	20 D 25	335,92	6432,93	16 D 25
1	Atas	72,69	4928,62	20 D 25	52,73	7100,49	16 D 25
	Bawah	419,70	4962,06	8 D 25	419,78	7133,94	24 D 25

Tabel 4.11. Tulangan Lentur Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 10L KEB

Lantai		Kolom Eksterior			Kolom Interior		
		Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan	Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan
10	Atas	233,76	484,04	16 D 19	80,86	786,65	8 D 25
	Bawah	222,41	522,84	16 D 19	70,04	820,10	8 D 25
9	Atas	236,66	1001,02	16 D 19	102,60	1488,27	8 D 25
	Bawah	195,58	1039,81	16 D 19	110,56	1521,72	8 D 25
8	Atas	302,19	1514,50	16 D 19	130,14	2189,84	8 D 25
	Bawah	315,74	1553,28	16 D 19	158,85	2223,30	8 D 25
7	Atas	352,76	2026,90	16 D 19	151,32	2891,46	8 D 25
	Bawah	423,75	2065,70	16 D 19	201,08	2924,92	8 D 25
6	Atas	394,01	2537,21	16 D 19	168,37	3593,06	8 D 25
	Bawah	518,38	2576,01	16 D 19	237,27	3626,50	8 D 25
5	Atas	425,51	3045,10	16 D 19	181,25	4294,66	8 D 25
	Bawah	599,02	3083,90	16 D 19	267,13	4328,12	8 D 25
4	Atas	445,35	3550,06	16 D 19	189,19	4996,23	8 D 25
	Bawah	667,83	3588,86	16 D 19	291,10	5029,69	8 D 25
3	Atas	443,66	4100,98	16 D 19	188,65	5697,75	8 D 25
	Bawah	732,17	4139,78	16 D 19	310,72	5731,20	12 D 25
2	Atas	377,33	4685,11	16 D 19	164,49	6399,25	12 D 25
	Bawah	837,03	4723,89	32 D 19	337,75	6432,69	16 D 25
1	Atas	105,16	5041,82	32 D 19	45,17	7100,37	16 D 25
	Bawah	500,24	5080,62	16 D 19	392,95	7133,81	24 D 25

Tabel 4.12. Tulangan Lentur Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 8L KES

Lantai		Kolom Eksterior			Kolom Interior		
		Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan	Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan
8	Atas	306,84	469,60	8 D 32	73,92	785,31	12 D 22
	Bawah	202,55	503,04	8 D 32	55,51	818,76	12 D 22
7	Atas	460,26	967,06	8 D 32	112,51	1488,04	12 D 22
	Bawah	450,44	1000,51	8 D 32	112,90	1521,49	12 D 22
6	Atas	592,02	1469,94	8 D 32	141,19	2190,21	12 D 22
	Bawah	703,63	1503,39	8 D 32	169,93	2223,66	12 D 22
5	Atas	690,95	2102,00	8 D 32	163,67	2892,40	12 D 22
	Bawah	921,03	2135,44	12 D 32	218,82	2925,86	12 D 22
4	Atas	762,43	2780,43	12 D 32	179,12	3594,43	12 D 22
	Bawah	1102,71	2813,87	20 D 32	258,87	3627,88	12 D 22
3	Atas	793,75	3493,03	20 D 32	185,24	4296,24	12 D 22
	Bawah	1253,79	3526,49	20 D 32	292,04	4329,70	12 D 22
2	Atas	723,70	4220,40	20 D 32	167,82	4997,91	12 D 22
	Bawah	1437,99	4253,86	28 D 32	332,24	5031,36	12 D 22
1	Atas	72,12	3904,52	28 D 32	54,68	5699,02	12 D 22
	Bawah	420,60	3937,96	8 D 32	420,69	5732,46	16 D 22

Tabel 4.13. Tulangan Lentur Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 8L KEB

Lantai		Kolom Eksterior			Kolom Interior		
		Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan	Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan
8	Atas	429,28	494,30	16 D 24	110,11	788,44	20 D 16
	Bawah	364,46	551,50	16 D 24	99,73	821,88	20 D 16
7	Atas	637,12	1035,49	16 D 24	120,04	1490,72	20 D 16
	Bawah	237,90	1092,68	16 D 24	136,98	1524,18	20 D 16
6	Atas	760,52	1573,52	16 D 24	154,32	2193,23	20 D 16
	Bawah	496,78	1630,71	16 D 24	192,61	2226,68	20 D 16
5	Atas	820,74	2176,99	16 D 24	174,96	2895,64	20 D 16
	Bawah	743,98	2234,19	16 D 24	239,29	2929,09	20 D 16
4	Atas	832,38	2849,04	16 D 24	187,40	3597,93	20 D 16
	Bawah	981,73	2906,23	16 D 24	277,47	3631,38	20 D 16
3	Atas	756,97	3543,70	16 D 24	185,23	4300,07	20 D 16
	Bawah	1245,85	3600,90	16 D 24	305,42	4333,53	20 D 16
2	Atas	466,40	4237,56	16 D 24	151,58	5002,04	20 D 16
	Bawah	1681,76	4294,77	24 D 24	327,65	5035,50	20 D 16
1	Atas	269,37	4215,19	24 D 24	29,07	5703,62	20 D 16
	Bawah	788,00	4272,38	16 D 24	323,72	5737,06	20 D 16

Tabel 4.14. Tulangan Lentur Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 6L KEB

Lantai		Kolom Eksterior			Kolom Interior		
		Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan	Mu,k (kNm)	Nu,k (kN)	Tulangan
6	Atas	608,92	488,89	12 D 25	70,52	789,32	8 D 19
	Bawah	330,43	533,42	12 D 25	90,72	809,12	8 D 19
5	Atas	701,47	1014,51	12 D 25	84,69	1479,62	8 D 19
	Bawah	578,39	1059,04	12 D 25	124,60	1499,42	8 D 19
4	Atas	842,72	1535,22	12 D 25	106,37	2169,00	8 D 19
	Bawah	903,65	1579,75	12 D 25	162,21	2188,80	8 D 19
3	Atas	860,66	2154,18	12 D 25	117,59	2857,59	8 D 19
	Bawah	1182,88	2198,71	20 D 25	187,16	2877,38	8 D 19
2	Atas	723,39	2801,90	20 D 25	112,55	3544,98	8 D 19
	Bawah	1561,59	2846,43	32 D 25	196,85	3564,78	16 D 19
1	Atas	143,04	3067,70	32 D 25	57,55	4230,58	16 D 19
	Bawah	583,18	3112,24	12 D 25	150,49	4250,37	20 D 19

Tabel 4.15. Tulangan Geser Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 10 Lantai

Lantai		BANGUNAN 10L KES		BANGUNAN 10L KEB	
		Kolom Eksterior	Kolom Interior	Kolom Eksterior	Kolom Interior
		Tulangan	Tulangan	Tulangan	Tulangan
10	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
9	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
8	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
7	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
6	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100
5	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
4	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
3	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
2	Atas	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-125	3 Ø10-100	3 Ø10-100	3 Ø10-100
1	Atas	3 Ø10-80	3 Ø10-80	3 Ø10-70	3 Ø10-100
	Bawah	3 Ø10-80	3 Ø10-80	3 Ø10-70	3 Ø10-100

Tabel 4.16. Tulangan Geser Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 8 Lantai

Lantai		BANGUNAN 8L KES		BANGUNAN 8L KEB	
		Kolom Eksterior	Kolom Interior	Kolom Eksterior	Kolom Interior
		Tulangan	Tulangan	Tulangan	Tulangan
8	Atas	4 Ø12-150	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-150	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
7	Atas	4 Ø12-150	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-150	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
6	Atas	4 Ø12-100	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-100	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
5	Atas	4 Ø12-100	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-100	3 Ø10-125	4 Ø10-125	3 Ø10-90
4	Atas	4 Ø12-70	3 Ø10-100	4 Ø10-125	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-70	3 Ø10-100	4 Ø10-125	3 Ø10-90
3	Atas	4 Ø12-70	3 Ø10-100	4 Ø10-100	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-70	3 Ø10-100	4 Ø10-100	3 Ø10-90
2	Atas	4 Ø12-70	3 Ø10-100	4 Ø10-90	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-70	3 Ø10-100	4 Ø10-90	3 Ø10-90
1	Atas	4 Ø12-150	3 Ø10-80	4 Ø10-70	3 Ø10-90
	Bawah	4 Ø12-150	3 Ø10-80	4 Ø10-70	3 Ø10-90

Tabel 4.17. Tulangan Geser Kolom Eksterior dan Interior Bangunan 6L KEB

Lantai		BANGUNAN 6L KEB	
		Kolom Eksterior	Kolom Interior
		Tulangan	Tulangan
6	Atas	4 Ø12-120	2 Ø10-100
	Bawah	4 Ø12-120	2 Ø10-100
5	Atas	4 Ø12-120	2 Ø10-100
	Bawah	4 Ø12-120	2 Ø10-100
4	Atas	4 Ø12-120	2 Ø10-100
	Bawah	4 Ø12-120	2 Ø10-100
3	Atas	4 Ø12-80	2 Ø10-100
	Bawah	4 Ø12-80	2 Ø10-100
2	Atas	4 Ø12-80	2 Ø10-100
	Bawah	4 Ø12-80	2 Ø10-100
1	Atas	4 Ø12-120	2 Ø10-100
	Bawah	4 Ø12-120	2 Ø10-100

4.3. Analisis Statik *Pushover*

Respons struktur yang berupa *base shear* dan displacement yang diperoleh dari titik *performance point* yang dihasilkan dari analisis statik *pushover* pada struktur *Pseudo Elastis* dapat dilihat pada Tabel 4.18 sampai 4.20.

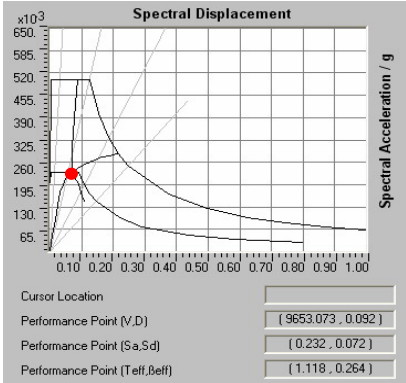
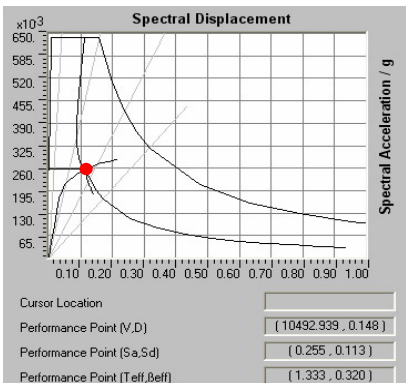
Tabel 4.18. *Performance Point* untuk Bangunan 10 Lantai

Gempa Periode	10L KES		10L KEB		<i>Performance Point</i> Bangunan 10 Lantai	
	V (kN)	D (m)	V (kN)	D (m)	BANGUNAN 10L KES	BANGUNAN 10L KEB
500 th	9114,79	0,165	9659,85	0,161	Cursor Location Performance Point (V,D) (9114.789 , 0.165) Performance Point (Sa,Sd) (0.131 , 0.134) Performance Point (Teff,βeff) (2.033 , 0.329)	Cursor Location Performance Point (V,D) (9659.847 , 0.161) Performance Point (Sa,Sd) (0.138 , 0.131) Performance Point (Teff,βeff) (1.959 , 0.320)
1000 th	9315,62	0,233	9902,01	0,226	Cursor Location Performance Point (V,D) (9315.617 , 0.233) Performance Point (Sa,Sd) (0.135 , 0.190) Performance Point (Teff,βeff) (2.379 , 0.366)	Cursor Location Performance Point (V,D) (9902.007 , 0.226) Performance Point (Sa,Sd) (0.142 , 0.184) Performance Point (Teff,βeff) (2.281 , 0.359)

Tabel 4.19. *Performance Point* untuk Bangunan 8 Lantai

Gempa Periode	8L KES		8L KEB		<i>Performance Point</i> Bangunan 8 Lantai	
	V (kN)	D (m)	V (kN)	D (m)	BANGUNAN 8L KES	BANGUNAN 8L KEB
500 th	10178,10	0,128	11541,31	0,125	Cursor Location Performance Point (V,D) (10178,102 , 0,128) Performance Point (Sa,Sd) (0,184 , 0,104) Performance Point (Teff,Beff) (1,506 , 0,301)	Cursor Location Performance Point (V,D) (11541,313 , 0,125) Performance Point (Sa,Sd) (0,203 , 0,098) Performance Point (Teff,Beff) (1,394 , 0,286)
1000 th	10671,47	0,176	12057,67	0,172	Cursor Location Performance Point (V,D) (10671,474 , 0,176) Performance Point (Sa,Sd) (0,193 , 0,143) Performance Point (Teff,Beff) (1,729 , 0,340)	Cursor Location Performance Point (V,D) (12057,666 , 0,172) Performance Point (Sa,Sd) (0,213 , 0,134) Performance Point (Teff,Beff) (1,590 , 0,330)

Tabel 4.20. *Performance Point* untuk Bangunan 6L KEB

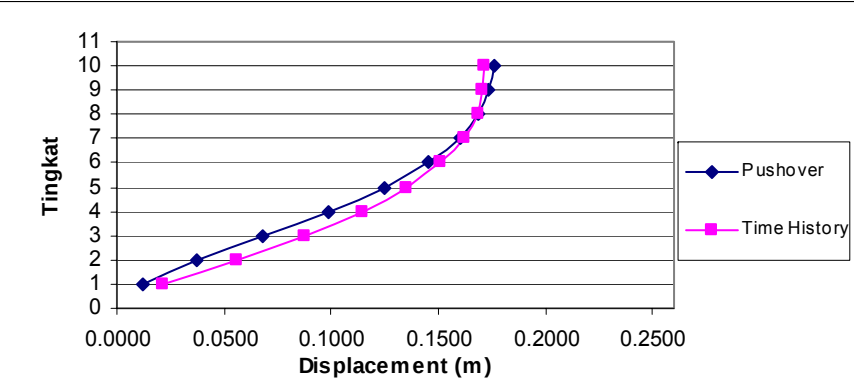
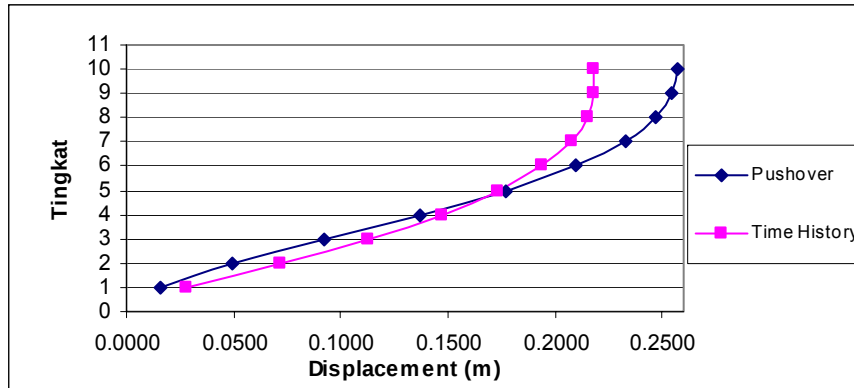
Gempa Periode	6L KEB		<i>Performance Point</i> Bangunan BANGUNAN 6L KEB
	V (kN)	D (m)	
500 th	9653,07	0,092	
1000 th	10492,94	0,148	

4.4. Simpangan Maksimum Struktur *Pseudo Elastis*

Simpangan maksimum adalah simpangan yang terjadi pada lantai atap. Menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (Departemen Pekerjaan Umum, 2002) pasal 8.2.1, batasan simpangan maksimum adalah sebesar 0,7 R, dimana R adalah faktor reduksi gempa (bernilai 8,5 untuk daktilitas 5,3)

Simpangan maksimum dari setiap struktur dianalisis dengan menggunakan Analisis Statik *Pushover*. Dan sebagai perbandingan juga digunakan Analisis *Time history* khususnya untuk bangunan 10 lantai saja. Hasil yang diperoleh dari kedua analisis tersebut memenuhi SNI-1726-2002. Hasil simpangan maksimum dari semua struktur yang ditinjau selengkapnya dapat di lihat pada tabel 4.21 sampai dengan 4.24.

Tabel 4.21. *Displacement* dari Analisis Statik *Pushover* dan *Time History Pseudo Elastis* untuk Bangunan 10L KES

Periode Ulang Gempa	Lantai	Displacement (m)		Hasil Analisis
		Pushover	Time History	
500 thn	10	0,1761	0,1712	
	9	0,1735	0,1708	
	8	0,1687	0,1684	
	7	0,1600	0,1624	
	6	0,1457	0,1513	
	5	0,1251	0,1354	
	4	0,0985	0,1146	
	3	0,0678	0,0880	
	2	0,0369	0,0560	
	1	0,0118	0,0217	
1000 thn	10	0,2574	0,2181	
	9	0,2543	0,2180	
	8	0,2474	0,2154	
	7	0,2333	0,2080	
	6	0,2099	0,1941	
	5	0,1773	0,1737	
	4	0,1372	0,1468	
	3	0,0927	0,1125	
	2	0,0496	0,0714	
	1	0,0156	0,0276	

Tabel 4.22. *Displacement* dari Analisis Statik *Pushover* dan *Time History Pseudo Elastis* untuk Bangunan 10L KEB

Periode Ulang Gempa	Lantai	Displacement (m)		Hasil Analisis
		Pushover	Time History	
500 thn	10	0,1696	0,1574	
	9	0,1669	0,1565	
	8	0,1620	0,1544	
	7	0,1536	0,1499	
	6	0,1398	0,1409	
	5	0,1196	0,1264	
	4	0,0937	0,1061	
	3	0,0643	0,0788	
	2	0,0352	0,0475	
	1	0,0113	0,0175	
1000 thn	10	0,2374	0,2012	
	9	0,2343	0,2004	
	8	0,2278	0,1981	
	7	0,2152	0,1928	
	6	0,1941	0,1817	
	5	0,1641	0,1635	
	4	0,1270	0,1376	
	3	0,0862	0,1024	
	2	0,0467	0,0616	
	1	0,0149	0,0226	

Tabel 4.23. *Displacement* dari Analisis Statik *Pushover* untuk Bangunan 8 Lantai

Periode Ulang Gempa	Lantai	Displacement (m)		Hasil Analisa
		BANGUNAN 8L KES	BANGUNAN 8L KEB	
500 thn	8	0,1371	0,1325	
	7	0,1336	0,1270	
	6	0,1266	0,1172	
	5	0,1134	0,1016	
	4	0,0923	0,0807	
	3	0,0653	0,0563	
	2	0,0366	0,0315	
	1	0,0119	0,0104	
1000 thn	8	0,1875	0,1715	
	7	0,1834	0,1640	
	6	0,1749	0,1506	
	5	0,1574	0,1299	
	4	0,1282	0,1028	
	3	0,0909	0,0716	
	2	0,0513	0,0402	
	1	0,0174	0,0137	

Tabel 4.24. *Displacement* dari Analisis Statik *Pushover* untuk Bangunan 6L KEB

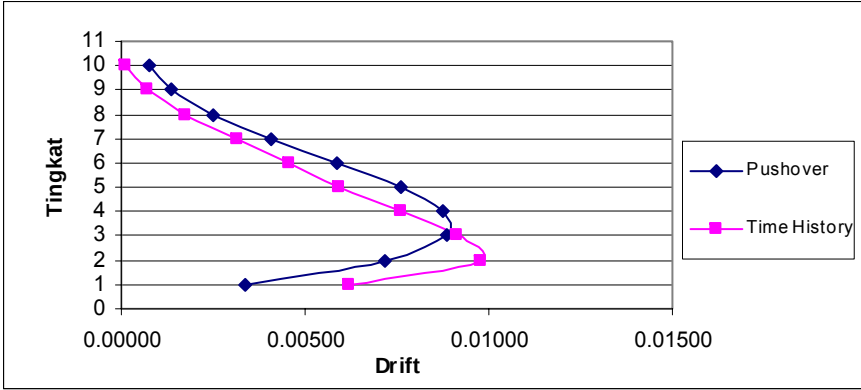
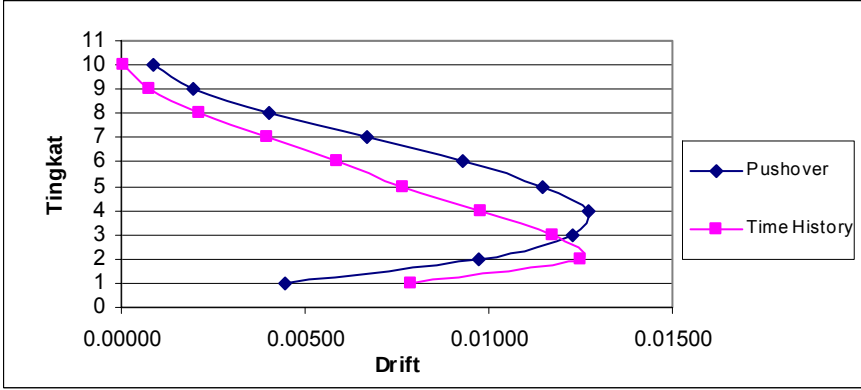
Periode Ulang Gempa	Lantai	Displacement	Hasil Analisa
		BANGUNAN 6L KEB	
500 thn	6	0,0953	
	5	0,0888	
	4	0,0767	
	3	0,0577	
	2	0,0340	
	1	0,0117	
1000 thn	6	0,1405	
	5	0,1293	
	4	0,1096	
	3	0,0809	
	2	0,0469	
	1	0,0160	

4.5. Simpangan Antar Tingkat Struktur *Pseudo Elastis*

Simpangan antar tingkat (*Drift*) adalah selisih perpindahan aktual antar tingkat dibanding tinggi antar tingkat. Menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (Departemen Pekerjaan Umum, 2002) pasal 8.2.2, batasan simpangan antar tingkat maksimum adalah sebesar 0,02.

Simpangan antar tingkat dari setiap struktur dianalisa dengan menggunakan Analisis Statik *Pushover*. Dan sebagai perbandingan juga digunakan Analisis *Time history* khususnya untuk bangunan 10 lantai saja. Hasil yang diperoleh dari kedua analisis tersebut memenuhi SNI-1726-2002. Hasil simpangan antar tingkat dari semua struktur yang ditinjau selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.25 sampai dengan 4.28.

Tabel 4.25. *Drift* dari Analisis Statik *Pushover* dan *Time History Pseudo Elastis* untuk Bangunan 10L KES

Periode Ulang Gempa	Lantai	Drift		Hasil Analisis
		Pushover	Time History	
500 thn	10	0,00074	0,00012	
	9	0,00137	0,00068	
	8	0,00248	0,00172	
	7	0,00409	0,00317	
	6	0,00588	0,00456	
	5	0,00759	0,00593	
	4	0,00877	0,00759	
	3	0,00884	0,00914	
	2	0,00717	0,00980	
	1	0,00337	0,00621	
1000 thn	10	0,00088	0,00005	
	9	0,00197	0,00075	
	8	0,00402	0,00210	
	7	0,00669	0,00396	
	6	0,00930	0,00585	
	5	0,01148	0,00767	
	4	0,01271	0,00979	
	3	0,01230	0,01175	
	2	0,00972	0,01252	
	1	0,00445	0,00788	

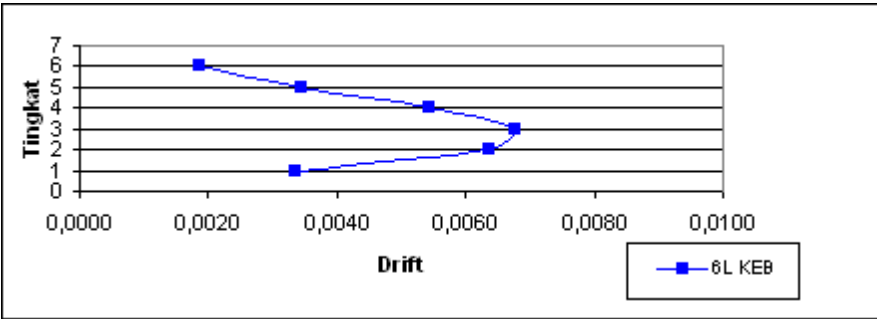
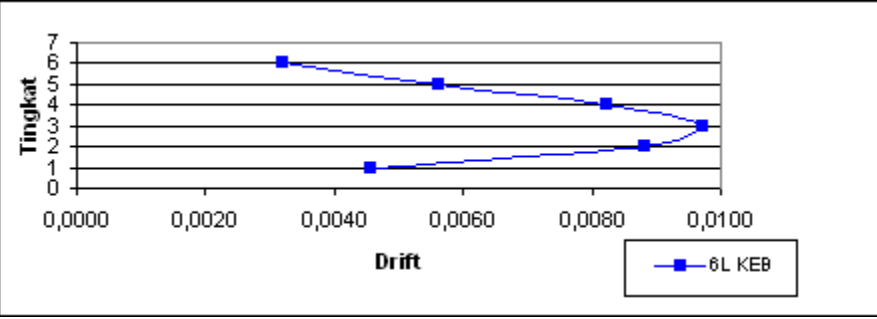
Tabel 4.26. *Drift* dari Analisis Statik *Pushover* dan *Time History Pseudo Elastis* untuk Bangunan 10L KEB

Periode Ulang Gempa	Lantai	Drift		Hasil Analisis
		Pushover	Time History	
500 thn	10	0,00077	0,00026	
	9	0,00139	0,00058	
	8	0,00239	0,00130	
	7	0,00395	0,00258	
	6	0,00578	0,00413	
	5	0,00740	0,00581	
	4	0,00839	0,00779	
	3	0,00831	0,00896	
	2	0,00683	0,00856	
	1	0,00323	0,00501	
1000 thn	10	0,00089	0,00024	
	9	0,00185	0,00064	
	8	0,00361	0,00152	
	7	0,00605	0,00317	
	6	0,00855	0,00520	
	5	0,01060	0,00741	
	4	0,01167	0,01005	
	3	0,01128	0,01166	
	2	0,00908	0,01113	
	1	0,00425	0,00647	

Tabel 4.27. *Drift* dari Analisis Statik *Pushover Pseudo Elastis* untuk Bangunan 8 Lantai

Periode Ulang Gempa	Lantai	Drift		Hasil Analisa
		BANGUNAN 8L KES	BANGUNAN 8L KEB	
500 thn	8	0,0010	0,0016	
	7	0,0020	0,0028	
	6	0,0038	0,0045	
	5	0,0060	0,0060	
	4	0,0077	0,0070	
	3	0,0082	0,0071	
	2	0,0070	0,0060	
	1	0,0034	0,0030	
1000 thn	8	0,0012	0,0021	
	7	0,0024	0,0038	
	6	0,0050	0,0059	
	5	0,0083	0,0078	
	4	0,0107	0,0089	
	3	0,0113	0,0090	
	2	0,0097	0,0076	
	1	0,0050	0,0039	

Tabel 4.28. *Drift* dari Analisis Statik *Pushover Pseudo Elastis* untuk Bangunan 6L KEB

Periode Ulang Gempa	Lantai	Drift	Hasil Analisa
		BANGUNAN 6L KEB	
500 thn	6	0,0019	
	5	0,0035	
	4	0,0054	
	3	0,0068	
	2	0,0064	
	1	0,0033	
1000 thn	6	0,0032	
	5	0,0056	
	4	0,0082	
	3	0,0097	
	2	0,0088	
	1	0,0046	

4.6. Lokasi Sendi Plastis Struktur *Pseudo Elastis*

Lokasi sendi plastis adalah salah satu parameter penting yang menunjukkan mekanisme keruntuhan yang terjadi pada struktur, yaitu *Partial Beam Side-Sway Mechanism* atau *Soft Story Mechanism*.

Pada Analisis Statik *Pushover* lokasi sendi plastis dapat langsung diperoleh sedangkan pada hasil Analisis Dinamik *Non-Linear* Riwayat Waktu, lokasi sendi plastis ditentukan berdasarkan *Damage Index* yang kemudian diterjemahkan sudah atau belumnya terbentuk sendi plastis pada lokasi yang diperiksa.

Damage Index menyatakan perbandingan dari daktilitas yang terjadi terhadap daktilitas *ultimate* elemen struktur. Besarnya daktilitas *ultimate* elemen struktur dicari dari perbandingan antara *Ultimate Curvature* dengan *Yield Curvature* dari penampang balok atau kolom yang ditinjau. *Damage index* bernilai antara 0-1, dimana 0 merupakan kondisi elemen belum mengalami kerusakan plastis dan 1 merupakan kondisi di mana daktilitas *ultimate* telah tercapai dan elemen dianggap gagal atau runtuh. Menurut buku panduan Ruamoko (Carr, 2001), nilai *damage index* sebesar $\leq 0,4$ merupakan kondisi di mana elemen struktur masih dalam batas dapat diperbaiki/repairable. *Damage Index* ini dinyatakan dengan rumus (Carr, 2001):

$$DI = \frac{\mu_m}{\mu_u} \quad (4.1)$$

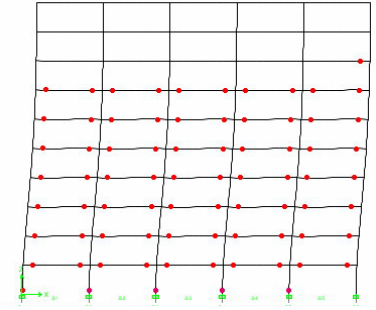
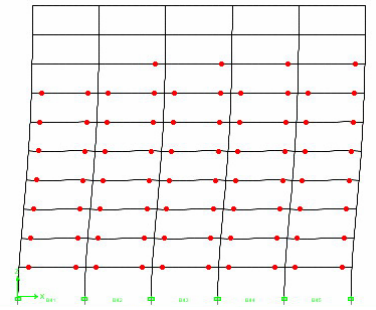
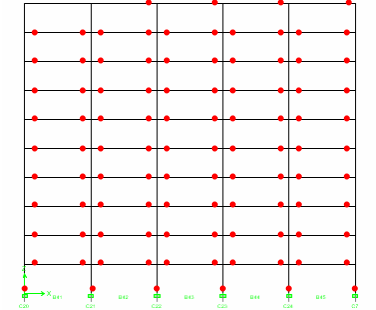
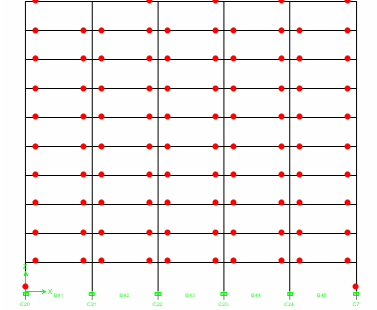
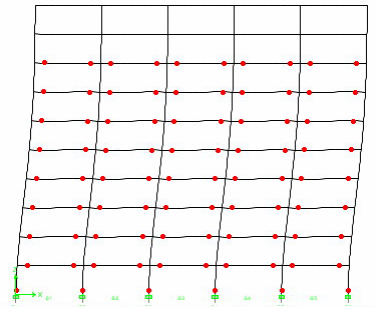
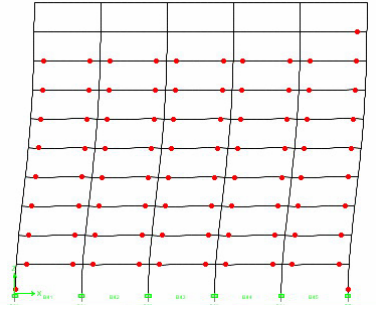
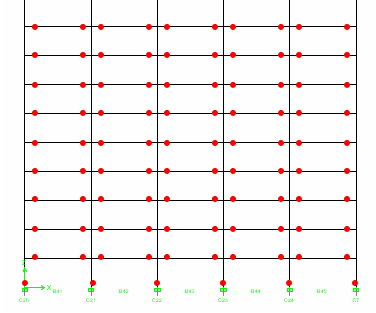
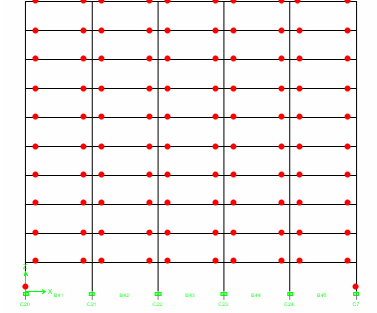
dimana :

μ_m = daktilitas yang terjadi

μ_u = daktilitas *ultimate*

Pada Tabel 4.29 sampai 4.32 ditampilkan lokasi sendi plastis dari setiap struktur dianalisis dengan menggunakan Analisis Statik *Pushover*. Dan sebagai perbandingan juga digunakan Analisis *Time history* untuk bangunan 10 lantai saja.

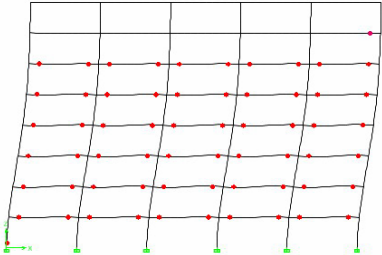
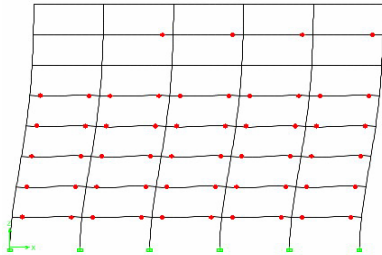
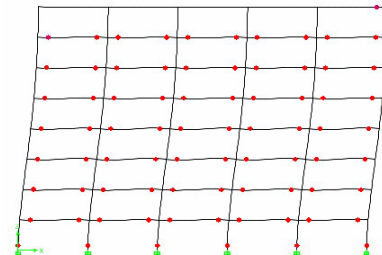
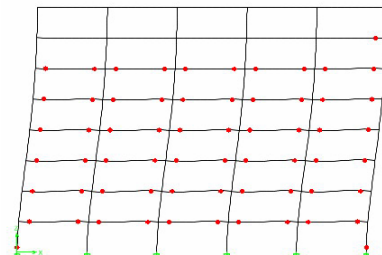
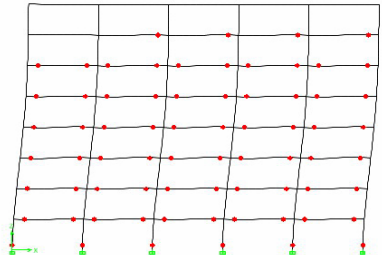
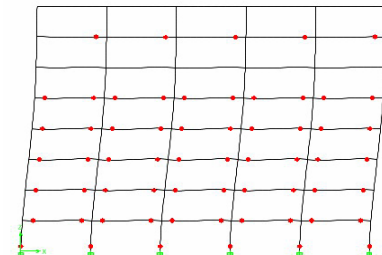
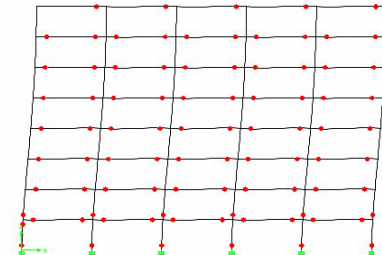
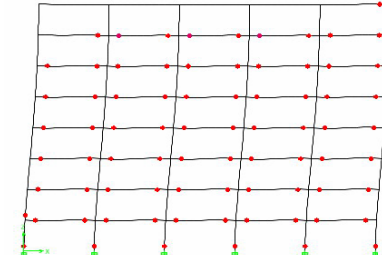
Tabel 4.29. Posisi Sendi Plastis dari Analisis Statik *Pushover* dan *Time History Pseudo* Elastis untuk Bangunan 10L KES

Gempa Periode	Pushover		Time History	
	Portal Eksterior	Portal Interior	Portal Eksterior	Portal Interior
500 th				
1000 th				

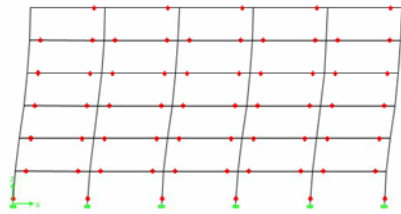
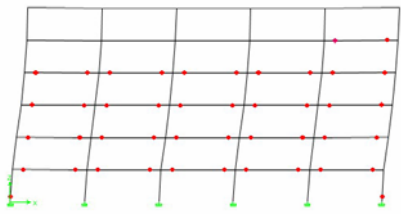
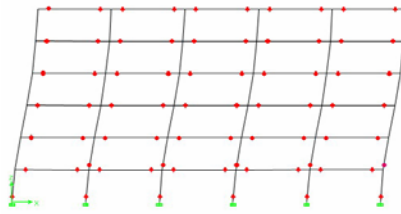
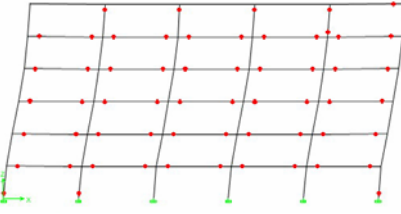
Tabel 4.30. Posisi Sendi Plastis dari Analisis Statik *Pushover* dan *Time History Pseudo Elastis* untuk Bangunan 10L KEB

Gempa Periode	Pushover		Time History	
	Portal Eksterior	Portal Interior	Portal Eksterior	Portal Interior
500 th				
1000 th				

Tabel 4.31. Posisi Sendi Plastis dari Analisis Statik *Pushover Pseudo* Elastis untuk Bangunan 8 Lantai

Gempa Periode	BANGUNAN 8L KES		BANGUNAN 8L KEB	
	Portal Eksterior	Portal Interior	Portal Eksterior	Portal Interior
500 th				
1000 th				

Tabel 4.32. Posisi Sendi Plastis dari Analisis Statik *Pushover Pseudo Elastis* untuk Bangunan 6L KEB

Gempa Periode	BANGUNAN 6L KEB	
	Portal Eksterior	Portal Interior
500 th		
1000 th		

Hasil modifikasi dari rumusan Faktor Pengali untuk struktur yang direncanakan secara *Pseudo Elastis* memperoleh hasil yang cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari analisis kinerja struktur untuk gempa berperiode ulang 500 tahun menghasilkan mekanisme keruntuhan yang aman. Perilaku ini ditunjukkan dengan telah terbentuknya sendi plastis pada kolom eksterior hanya pada lantai dasar saja, meskipun pada kolom interior masih tetap elastis.

Dari hasil analisis kinerja struktur untuk gempa berperiode ulang 1000 tahun menunjukkan mekanisme keruntuhan yang aman untuk beberapa bangunan yang ditinjau yaitu: bangunan 10L KES dan bangunan 8L KES. Sedangkan untuk bangunan 10L KEB, bangunan 8L KEB, dan bangunan 6L KEB memiliki mekanisme keruntuhan yang tidak aman. Hal ini ditunjukkan dengan mulai terbentuknya sendi plastis pada kolom eksterior di lantai 2.

4.7. Matriks *Earthquake Performance Level*

Penabelan *Earthquake Performance Level* menggunakan dua indikator sebagai pembanding yaitu *Drift* dan *Damage Index* sesuai dengan ACMC. Hasil Analisis Statis *Pushover* menggunakan indikator *Drift* saja, sedangkan untuk Analisis *Time History* menggunakan indikator *Drift* dan *Damage Index*.

Pada Tabel 4.33 dan 4.34 ditampilkan *Earthquake Performance Level* dari setiap struktur dianalisis dengan menggunakan Analisis Statik *Pushover*. Dan sebagai perbandingan juga digunakan Analisis *Time history* untuk bangunan 10 lantai saja yang disajikan pada Tabel 4.35 dan 4.36.

Tabel 4.33. *Earthquake Performance Level* dari Analisis Statik *Pushover* terhadap Gempa Periode 100 dan 200 tahun

EARTHQUAKE PERFORMANCE LEVEL									
Periode Ulang Gempa	Sevicesability Limit State			Damage Control Limit State			Safety Limit State		
100 tahun			    						
200 tahun				  					
Drift	≤0.1%	0.1%-0.3%	0.3%-0.5%	0.5%-0.6%	0.6%-0.8%	0.8%-1%	1%-1.3%	1.3%-1.6%	1.6%-2%

Tabel 4.34. *Earthquake Performance Level* dari Analisis Statik *Pushover* terhadap Gempa Periode 500 dan 1000 tahun**EARTHQUAKE PERFORMANCE LEVEL**

Periode Ulang Gempa	Sevicesability Limit State			Damage Control Limit State			Safety Limit State		
500 tahun					   				
1000 tahun							  		
Drift	<0.1%	0.1%- 0.3%	0.3%- 0.5%	0.5%- 0.6%	0.6%- 0.8%	0.8%- 1%	1%- 1.3%	1.3%- 1.6%	1.6%- 2%

Tabel 4.35. *Earthquake Performance Level* dari Analisis Statik *Time History*

EARTHQUAKE PERFORMANCE LEVEL									
Periode Ulang Gempa	Sevicesability Limit State			Damage Control Limit State			Safety Limit State		
500 tahun									
1000 tahun									
Drift	<0.1%	0.1%-0.3%	0.3%-0.5%	0.5%-0.6%	0.6%-0.8%	0.8%-1%	1%-1.3%	1.3%-1.6%	1.6%-2%

Tabel 4.36. *Earthquake Performance Level* dari Analisis Statik *Time History*

EARTHQUAKE PERFORMANCE LEVEL									
Periode Ulang Gempa	Serviceability Limit State			Damage Control Limit State			Safety Limit State		
500 tahun						1	2		
1000 tahun						1	2		
Damage Index	0-0.05	0.05-0.15	0.15-0.25	0.25-0.3	0.3-0.35	0.35-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1

Keterangan :

1. Bangunan 10L KES
2. Bangunan 10L KEB
3. Bangunan 8L KES
4. Bangunan 8L KEB
5. Bangunan 6L KEB

Hasil analisis kinerja struktur untuk gempa berperiode ulang 500 dan 1000 tahun, jika ditinjau dari simpangan maksimum dan simpangan antar tingkat maksimum memberikan hasil yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan kedua kriteria tersebut memenuhi persyaratan SNI-1726-2002. Sedangkan menurut APMC, *Performance Based Design* dari bangunan yang ditinjau tingkat kinerjanya dapat diterima baik pada saat gempa berperiode ulang 500 dan 1000 tahun.

Penggunaan *Momen Inersia Cracked (I_{cr})* untuk kolom eksterior pada lantai dasar sebesar 30 % dan untuk balok eksterior maupun interior sebesar 12 %, digunakan untuk memprediksi besarnya nilai C^T memberikan nilai yang cukup baik. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.37 perbandingan besarnya nilai C^T awal dengan nilai C^T aktual bangunan.

Tabel 4.37 Perbandingan Nilai C^T Awal dan C^T Aktual

JENIS BANGUNAN		$T_{elastis}$	$T_{plastis}$ Awal	C^T Awal	$T_{plastis}$ Aktual	C^T Aktual
10 Lantai	10L KES	1,341	3,000	0,167	2,551	0,196
	10L KEB	1,321	3,000	0,167	2,500	0,200
8 Lantai	8L KES	1,064	2,402	0,208	2,326	0,215
	8L KEB	1,009	2,313	0,216	2,262	0,221
6 Lantai	6L KEB	0,830	1,799	0,278	2,110	0,237

Karena itu jika dipakai rumusan Faktor Pengali seperti pada persamaan 2.16 dengan menggunakan gempa target adalah gempa periode ulang 500 tahun maka besarnya nilai FP cukup baik dan sesuai dengan target yang diharapkan .