

VI. PEMBAHASAN DAN DISKUSI

1. GEMPA PACOIMA DAM 1971 S16E MODIFIKASI YANG SETARA DENGAN GEMPA DASAR RENCANA PADA WILAYAH GEMPA 1 INDONESIA

Pada saat struktur dikenai gempa kecil yaitu gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi yang setara dengan gempa dasar rencana pada wilayah gempa 1 Indonesia, baik yang direncanakan dengan Perencanaan Kapasitas maupun Alternatif Perencanaan Kapasitas mempunyai perilaku yang hampir sama. Hal ini disebabkan karena struktur masih dalam keadaan elastis. Perilaku ini sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan di dalam Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung^[6] yaitu apabila suatu struktur dikenai gempa kecil maka struktur tidak boleh terjadi kerusakan. Di sini nampak bahwa struktur yang dikenai gempa kecil (dalam hal ini gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi yang setara dengan gempa dasar rencana pada wilayah gempa 1 Indonesia) tidak terjadi sendi plastis, simpangan yang terjadi masih di bawah simpangan maksimum yang diijinkan yaitu sebesar 0.005 kali tinggi bangunan, momen kolom, geser kolom dan geser balok (lihat lampiran G) yang terjadi juga masih di bawah momen

kolom, geser kolom dan geser balok yang direncanakan.

2. GEMPA EL CENTRO 1940 N-S

Perilaku struktur pada saat dibebani gempa El Centro agak lain dibanding dengan perilaku pada saat struktur dibebani gempa kecil. Berikut ini akan dibahas mengenai perilaku struktur yang dikenai gempa El Centro 1940 N-S :

1. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis.

Pada Alternatif Perencanaan Kapasitas sendi plastis selain terjadi pada balok juga terjadi pada kolom dalam dan semua kolom lantai dasar. Sedangkan pada Perencanaan Kapasitas sendi plastis selain terjadi pada balok juga terjadi pada semua kolom lantai dasar.

Hal ini masih sesuai dengan anggapan bahwa sendi plastis diharapkan boleh terjadi pada balok, kolom lantai dasar dan kolom dalam untuk Alternatif Perencanaan Kapasitas dan pada balok dan kolom lantai dasar untuk Perencanaan Kapasitas, dimana terjadinya sendi plastis ini tidak menyebabkan struktur menjadi labil (lihat gambar 2.3 untuk Alternatif Perencanaan Kapasitas dan gambar 1.1. untuk Perencanaan Kapasitas).

2. Simpangan Struktur

Simpangan yang terjadi pada Alternatif Perencanaan Kapasitas semuanya masih di bawah batasan simpangan maksimum yang disyaratkan oleh Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung^[6] sebesar 0.005 kali tinggi bangunan. Dari analisa nampak bahwa simpangan

maksimum yang terjadi semuanya terdapat pada lantai atap. Simpangan yang terjadi pada 4 tingkat dengan 4 sampai 7 bentang mempunyai bentuk simpangan yang hampir sama, sedangkan pada 5 tingkat 4 bentang dan 6 tingkat 4 bentang mempunyai bentuk simpangan yang agak berbeda.

Perilaku tersebut di atas juga dialami oleh struktur yang direncanakan dengan Perencanaan Kapasitas.

3. Daktilitas Balok dan Kolom

Kehancuran suatu struktur dapat ditinjau dari 2 segi yaitu berdasarkan kestabilan struktur sehubungan dengan terbentuknya sendi plastis pada beberapa tempat dan pemenuhan kebutuhan daktilitas penampang elemen struktur.

Sendi plastis yang terbentuk pada saat dikenai gempa El Centro 1940 N-S ini baik pada Perencanaan Kapasitas maupun Alternatif Perencanaan Kapasitas masih seperti yang diharapkan. Daktilitas penampang elemen balok dan kolom yang terjadi semuanya masih di bawah daktilitas penampang balok dan kolom yang tersedia.

Hal ini dapat dikatakan bahwa struktur yang direncanakan dengan cara Perencanaan Kapasitas dan Alternatif Perencanaan Kapasitas bila dikenai gempa El Centro ini masih mempunyai perilaku yang baik dan struktur tidak mengalami kehancuran.

4. Momen dan Geser Balok

Momen yang terjadi pada balok struktur Alternatif Perencanaan Kapasitas selama dibebani gempa El Centro ini pada saat-saat tertentu melebihi kapasitas momen yang tersedia. Hal ini sesuai dengan mekanisme terjadinya sendi

plastis pada balok yaitu terjadi sendi plastis yang tidak terus menerus di satu tempat tetapi berubah-ubah mengikuti waktu. Keadaan seperti ini juga dialami pada balok yang direncanakan dengan cara Perencanaan Kapasitas.

Sedangkan semua geser balok yang terjadi masih di bawah dari kapasitas tulangan geser balok terpasang (lihat lampiran G).

5. Momen kolom

Momen maksimum yang terjadi pada kolom dalam untuk Alternatif Perencanaan Kapasitas untuk lantai tertentu melebihi dari kapasitas momen yang tersedia sehingga pada kolom dalam terjadi sendi plastis. Untuk kolom luar khususnya pada kolom lantai dasar momen maksimum yang terjadi melebihi dari kapasitas momen yang tersedia sehingga pada tumpuan terjadi sendi plastis.

Untuk Perencanaan Kapasitas momen maksimum yang terjadi masih di bawah dari kapasitas momen yang tersedia berdasarkan tulangan terpasang, kecuali pada perletakan momen yang terjadi melebihi dari kapasitas yang tersedia sehingga pada perletakan terjadi sendi plastis.

6. Gaya geser kolom

Gaya geser maksimum yang terjadi masih di bawah dari kapasitas tulangan geser yang terpasang baik untuk kolom luar maupun kolom dalam Alternatif Perencanaan Kapasitas. Jadi keruntuhan geser di semua kolom tidak terjadi. Demikian juga untuk Perencanaan Kapasitas.

Sebenarnya untuk perencanaan tulangan geser pada kolom dalam telah melebihi dari gaya geser rencana tetapi

masih di bawah kapasitas tulangan geser yang terpasang. Hal ini disebabkan pada perencanaan tulangan geser, gaya geser rencananya memang jauh lebih kecil dibanding kapasitas tulangan geser yang terpasang. Perbedaan ini dikarenakan ada batas-batas maksimum pada jarak tulangan geser (sesuai SKSNI) yang mempengaruhi bertambahnya nilai ϕV_s pada perhitungan dimana $V_{u,k} > \phi V_c + \phi V_s$.

3. GEMPA PACOIMA DAM 1971 S16E MODIFIKASI YANG SETARA DENGAN PERIODE ULANG 200 TAHUN PADA WILAYAH GEMPA 1 INDONESIA

Pada saat struktur dikenai gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi yang setara dengan periode ulang 200 tahun pada wilayah gempa 1 Indonesia mempunyai perilaku yang hampir sama dengan struktur yang dikenai dengan gempa El Centro 1940 N-S yang terletak di antara wilayah gempa 1 Indonesia untuk periode ulang 20 - 200 tahun.

Berikut akan dibahas mengenai perilaku struktur yang dikenai gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi ini :

1. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis

Pada saat struktur dikenai gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi ini baik untuk cara Alternatif Perencanaan Kapasitas maupun Perencanaan Kapasitas, mekanisme terjadinya sendi plastis hampir sama dengan struktur yang dikenai gempa El Centro 1940 N-S yaitu sendi plastis selain terjadi pada balok juga terjadi di kolom dalam dan semua kolom lantai dasar (pada Alternatif Perencanaan Kapasitas) dan sendi plastis terjadi di balok dan semua kolom lantai

dasar (pada Perencanaan Kapasitas).

Pada cara Alternatif Perencanaan Kapasitas untuk 5 tingkat 4 bentang dan 6 tingkat 4 bentang, sendi plastis muncul pada kolom luar (tidak diharapkan). Untuk portal 5 tingkat 4 bentang terjadi sendi plastis pada kolom luar lantai 2 (bawah) sebelah kanan pada $t = 3.03$ detik (lihat gambar 4.34) sedangkan untuk portal 6 tingkat 4 bentang terjadi sendi plastis pada kolom luar lantai 2 (bawah) sebelah kiri dan kanan pada $t = 3.05$ detik serta kolom luar sebelah kanan lantai 3 (bawah) pada $t = 3.1$ detik (lihat gambar 4.41). Hal ini tidak sesuai dengan sendi plastis yang diharapkan, karena pada kolom luar direncanakan terhadap Perencanaan Kapasitas sehingga sendi plastis tidak diharapkan terjadi pada kolom luar.

2. Simpangan Struktur.

Baik pada Alternatif Perencanaan Kapasitas maupun Perencanaan Kapasitas simpangan maksimum yang terjadi pada semua struktur melebihi simpangan maksimum yang disyaratkan oleh Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung^[6] yaitu sebesar 0.005 kali tinggi bangunan. Simpangan maksimum yang terjadi selalu berada di lantai atap bangunan.

3. Daktilitas Balok dan Kolom

Sendi plastis yang terbentuk pada saat dikenai gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi ini baik pada Perencanaan Kapasitas maupun Alternatif Perencanaan Kapasitas masih seperti yang diharapkan. Daktilitas penampang elemen balok

dan kolom yang terjadi semuanya masih dibawah daktilitas penampang balok dan kolom yang tersedia.

Hal ini dapat dikatakan bahwa struktur yang direncanakan dengan cara Perencanaan Kapasitas dan Alternatif Perencanaan Kapasitas bila dikenai gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi ini masih mempunyai perilaku yang baik dan struktur tidak mengalami kehancuran. Kecuali pada cara Alternatif Perencanaan Kapasitas untuk portal 5 tingkat 4 bentang dan portal 6 tingkat 4 bentang tidak dapat dikatakan bahwa struktur belum mengalami kehancuran (karena adanya sendi plastis pada kolom luar).

4. Momen dan Geser Balok

Momen yang terjadi pada balok struktur Alternatif Perencanaan Kapasitas selama dibebani gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi ini pada saat-saat tertentu melebihi dari kapasitas momen yang tersedia. Hal ini sesuai dengan mekanisme terjadinya sendi plastis pada balok yaitu terjadi sendi plastis yang tidak terus menerus di satu tempat tetapi berubah-ubah mengikuti waktu. Demikian juga pada balok struktur Perencanaan Kapasitas.

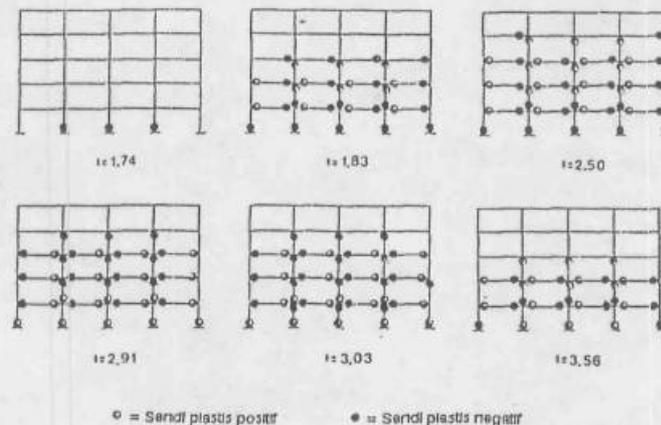
Momen balok terjadi yang melebihi momen kapasitas berdasarkan tulangan terpasang pada struktur yang dikenai gempa Pacoima Dam Modifikasi ini lebih banyak bila dibandingkan dengan struktur yang dikenai gempa El Centro 1940 N-S.

Gaya geser balok yang terjadi semuanya masih di bawah dari kapasitas tulangan geser balok yang terpasang (lihat lampiran G).

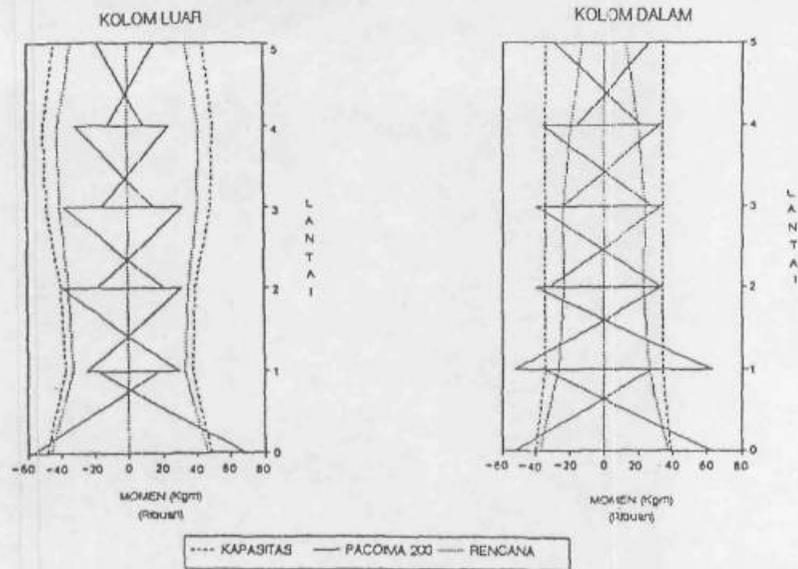
5. Momen Kolom

Momen maksimum yang terjadi pada kolom dalam Alternatif Perencanaan Kapasitas untuk lantai tertentu melebihi kapasitas momen yang tersedia berdasarkan tulangan terpasang sehingga pada kolom dalam terjadi sendi plastis. Untuk kolom luar khususnya pada kolom lantai dasar momen maksimum yang terjadi melebihi kapasitas momen yang tersedia sehingga pada perletakan terjadi sendi plastis.

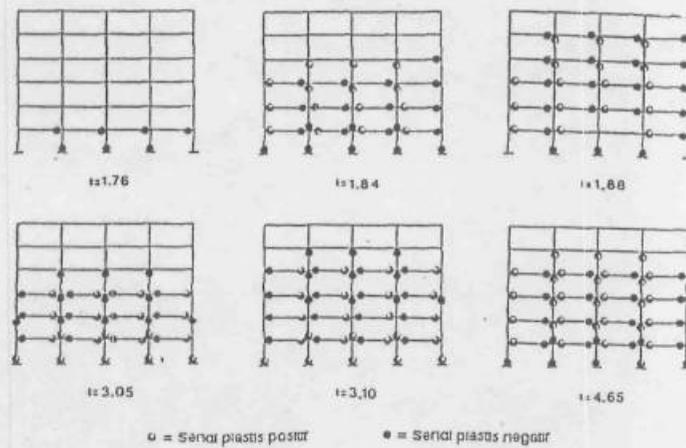
Untuk portal 5 tingkat 4 bentang dan 6 tingkat 4 bentang pada kolom luar, momen terjadi yang melebihi momen kapasitas tulangan terpasang tidak hanya terjadi pada lantai dasar (lantai 0), tetapi juga terjadi di lantai 2 (untuk 5 tingkat 4 bentang) dan lantai 2,3 (untuk 6 tingkat 4 bentang). Sebagai ilustrasi penjelasan dapat dilihat pada gambar 6.1 sampai dengan gambar 6.4.



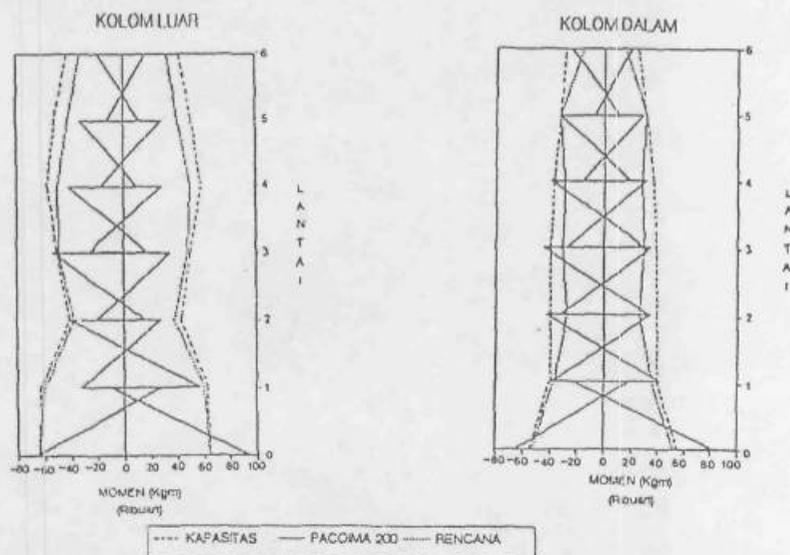
Gambar 6.1. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis
Portal 5 Tingkat 4 Bentang



Gambar 6.2. Momen Kolom Portal 5 Tingkat 4 Bentang



Gambar 6.3. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis Portal 6 Tingkat 4 Bentang



Gambar 6.4. Momen Kolom Portal 6 Tingkat 4 Bentang

Adanya sendi plastis yang terjadi pada kolom luar untuk portal 5 tingkat 4 bentang disebabkan momen balok yang terjadi melebihi momen balok yang direncanakan yaitu pada sendi plastis positif (sebelah kanan), sedangkan untuk sendi plastis negatif momen balok masih di bawah kapasitas momen balok yang direncanakan. Sehingga kejadian ini berpengaruh pada momen kolom yaitu dari kelebihan momen balok disalurkan ke tulangan kolom. Kemudian momen yang terjadi pada kolom juga melebihi kapasitas momen kolom yang terpasang yaitu pada kolom yang mempunyai kekakuan lebih rendah (dalam hal ini pada kolom di bawah lantai 2). Meskipun terjadi hal demikian namun daktilitas yang terjadi baik pada kolom maupun balok masih di bawah dari kapasitas daktilitas yang tersedia.

Proses terbentuknya sendi plastis pada kolom luar yang tidak diharapkan untuk portal 6 tingkat 4 bentang mempunyai prinsip peninjauan yang sama dengan portal 5 tingkat 4 bentang.

Untuk Perencanaan Kapasitas momen maksimum yang terjadi pada gempa Pacoima Dam 1971 S16E Modifikasi ini sama dengan yang terjadi pada gempa El Centro 1940 N-S yaitu momen maksimum yang terjadi masih di bawah momen kapasitas yang tersedia tetapi pada tumpuan momen maksimum yang terjadi melebihi momen kapasitas yang tersedia sehingga pada tumpuan terjadi sendi plastis.

6. Gaya geser kolom

Gaya geser maksimum yang terjadi masih lebih kecil dari kapasitas tulangan geser yang terpasang baik untuk

kolom luar maupun kolom dalam Alternatif Perencanaan Kapasitas. Jadi keruntuhan geser di semua kolom tidak terjadi. Demikian juga untuk Perencanaan Kapasitas.

Hal ini tidak berlaku untuk portal 5 tingkat 4 bentang dan 6 tingkat 4 bentang, sebab gaya geser maksimum yang terjadi pada kolom dalam lantai 1 sebelah kiri melebihi kapasitas tulangan geser terpasang untuk kolom dalam (lihat gambar 4.40 dan gambar 4.47).

4. PENENTUAN STRUKTUR APAKAH TERMASUK BEBAN GEMPA DOMINAN ATAU BEBAN GRAVITASI DOMINAN

Untuk memperoleh momen lentur rencana pada balok portal yang ditinjau terlebih dahulu ditentukan kombinasi pembebanan terhadap momen lentur balok portal yang diperoleh dari Analisa program Microfeap. Dari kelima kombinasi pembebanan yang ada dapat digunakan untuk menentukan apakah struktur termasuk beban gempa dominan atau beban gravitasi dominan. Adapun rumusan yang dipakai adalah :

$$M = \frac{1.05 (M_{d,b} + 0.3M_{l,b} \pm M_e)}{1.2 M_{d,b} + 1.6 (0.6 M_{l,b})}$$

dimana :

$M_{d,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati
 $M_{l,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup
 $M_{e,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa

Dalam hal ini bila $M > 1$ maka struktur termasuk beban gempa dominan sedangkan bila $M < 1$ struktur termasuk beban gravitasi dominan.

Adapun hasil perhitungan dari nilai M yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6.1. Besarnya Nilai M Portal yang Ditinjau

LANTAI	BALOK	PORTAL					
		4L4B	4L5B	4L6B	4L7B	5L4B	6L4B
1	A-B	1.9835	1.7722	1.6348	1.5319	2.1625	2.3528
	B-A	1.7358	1.5793	1.4670	1.3829	1.9915	2.2157
	B-C	1.7041	1.5505	1.4402	1.3576	1.9592	2.1822
	C-B	1.7121	1.5584	1.4453	1.3620	1.9837	2.1847
	C-D	-	1.5528	1.4405	1.3564	-	-
	D-C	-	1.5509	1.4382	1.3543	-	-
	D-E	-	-	-	1.3495	-	-
	E-D	-	-	-	1.3475	-	-
2	A-B	1.8668	1.7015	1.5700	1.4723	2.2466	2.5774
	B-A	1.7504	1.5851	1.4678	1.3802	2.1614	2.5528
	B-C	1.7122	1.5525	1.4392	1.3551	2.1122	2.4862
	C-B	1.7105	1.5496	1.4353	1.3503	2.1054	2.4810
	C-D	-	1.5475	1.4330	1.3481	-	-
	D-C	-	1.5458	1.4303	1.3445	-	-
	D-E	-	-	-	1.3411	-	-
	E-D	-	-	-	1.3393	-	-
3	A-B	1.5149	1.3885	1.2980	1.2290	1.9721	2.3945
	B-A	1.4400	1.3198	1.2350	1.1724	1.9414	2.4355
	B-C	1.4225	1.3070	1.2255	1.1653	1.8853	2.3516
	C-B	1.4181	1.2995	1.2170	1.1561	1.8819	2.3479
	C-D	-	1.2996	1.2184	1.1582	-	-
	D-C	-	1.2987	1.2155	1.1538	-	-
	D-E	-	-	-	1.1532	-	-
	E-D	-	-	-	1.1522	-	-
4	A-B	1.4105	1.3057	1.2320	1.1776	1.5442	2.2079
	B-A	1.2558	1.1753	1.1192	1.0780	1.5369	2.0958
	B-C	1.2486	1.1720	1.1183	1.0788	1.5174	2.0190
	C-B	1.2473	1.1688	1.1110	1.0700	1.5084	2.0166
	C-D	-	1.1701	1.1160	1.0761	-	-
	D-C	-	1.1698	1.1127	1.0709	-	-
	D-E	-	-	-	1.0723	-	-
	E-D	-	-	-	1.0720	-	-
5	A-B	-	-	-	-	1.4515	1.5802
	B-A	-	-	-	-	1.3567	1.6356
	B-C	-	-	-	-	1.3542	1.6071
	C-B	-	-	-	-	1.3443	1.5965
	C-D	-	-	-	-	-	-
	D-C	-	-	-	-	-	-
	D-E	-	-	-	-	-	-
	E-D	-	-	-	-	-	-
6	A-B	-	-	-	-	-	1.5103
	B-A	-	-	-	-	-	1.4792
	B-C	-	-	-	-	-	1.4736
	C-B	-	-	-	-	-	1.4589
	C-D	-	-	-	-	-	-
	D-C	-	-	-	-	-	-
	D-E	-	-	-	-	-	-
	E-D	-	-	-	-	-	-

Dari tabel nampak bahwa pada portal yang ditinjau, semuanya termasuk beban gempa dominan karena M yang diperoleh lebih besar daripada 1.

Selain itu dari tabel juga tampak bahwa untuk portal 5 tingkat 4 bentang dan 6 tingkat 4 bentang pada Alternatif Perencanaan Kapasitas terdapat nilai M yang lebih besar dari 2, dimana pada kedua portal tersebut terjadi sendi plastis pada kolom luar yang tidak diharapkan.