

EFEK PENAMBAHAN DINDING GESER ATAU *PERIMETER BEAMS* TERHADAP PERILAKU DINAMIS STRUKTUR PELAT DATAR EMPAT TINGKAT

Ketut Sudarsana¹, Ida Bagus Dharma Giri¹, I Gede Gegiranang Wiryadi²

¹Dosen Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

²Alumni Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

email: civil2001ca@yahoo.com

Abstrak: Sistem struktur pelat datar merupakan sistem struktur pelat yang ditumpu langsung oleh kolom tanpa adanya kepala kolom atau *drop panel*. Keunggulan sistem struktur ini dari sistem struktur konvensional (pelat-balok) diantaranya tinggi tingkat dapat diperpendek, konstruksi lebih cepat, kemudahan pekerjaan arsitektur dan ME. Namun, sistem struktur ini memiliki kelemahan pada join (pertemuan pelat-kolom) yang terlalu fleksibel dan rentan terhadap kegagalan geser pons apalagi dengan bekerjanya momen tambahan akibat beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan perilaku dinamis struktur pelat datar bila ditambahkan pengaku lateral berupa dinding geser atau *perimeter beam* ditinjau dari waktu getar alami struktur, gaya geser dasar, perpindahan lantai, maupun perubahan gaya-gaya dalam pada elemen struktur. Struktur yang ditinjau merupakan struktur gedung beraturan yang terdiri dari 4 lantai dengan jarak antar lantai 3 meter serta 4 bentang arah sumbu X ($L_x = 6$ m) dan 3 bentang arah sumbu Y ($L_y = 5$ m). Bangunan berfungsi sebagai hotel yang berdiri pada tanah sedang di wilayah Denpasar. Struktur pelat datar dengan tambahan dinding geser atau *perimeter beam* didesain sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2002. Analisis dilakukan secara tiga dimensi (3D) menggunakan software komersil SAP2000 v15, dimana ketiga model struktur memiliki properti yang sama yaitu dimensi pelat dan kolom, massa tingkat dan mutu material. Perilaku dinamis ditinjau berdasarkan analisis riwayat waktu (*time step integration*) sesuai dengan metode *average acceleration* dari Newmark dengan catatan gempa El-Centro 1940.

Hasil Analisis menunjukkan bahwa penambahan dinding geser atau *perimeter beam* menyebabkan waktu getar alami struktur dan perpindahan horizontal menurun, sedangkan gaya geser dasar dan kekakuan struktur meningkat. Momen, gaya geser pada kolom dan gaya geser pada pelat disekeliling kolom struktur menurun dengan penambahan dinding geser. Penambahan *perimeter beam* meningkatkan momen dan gaya geser pada semua kolom lantai 1 dan gaya geser pada pelat disekeliling kolom menurun drastis pada kolom-kolom tepi.

Kata Kunci : Perilaku dinamis, struktur pelat datar, dinding geser, *perimeter beam*

EFFECTS OF ADDING SHEAR WALLS OR PERIMETER BEAMS ON DYNAMIC BEHAVIOR OF FOUR STORY FLAT PLATE STRUCTURE

Abstract: Flat plate structural system is a plate structural system that supported directly by columns without column heads or drop panels. The advantages of this system are distance between the floors can be shortened, faster construction, ease of architectural work and installation of Mechanical, Electrical and Plumbing Equipment (MEP). However, this system has a weakness on the join (connection of slab-column) that is too flexible and susceptible to punching shear failure especially when the existence of moment due to earthquake. This study investigates the changes on dynamic behaviors of flat plate structures when it is added lateral stiffeners such as shear walls or perimeter beams in terms of its natural period, base shear force, floor displacement, and a change on the forces of the structural elements. The structure of the building being simulated is regular structure consisting of 4 floors with 3 meter floor to floor space and 4 spans along X axis

direction ($L_x = 6$ m) and 3 spans along Y axis direction ($L_y = 5$ m). The building is a hotel, which stands on medium soil in Bali Province. Flat plate structures with additional of shear walls or perimeter beam are designed in accordance with the requirements of SNI 03-2847-2002. Analyses were performed in three dimensions (3D) using commercial software SAP2000 v15, where the three structure models have the same property namely plate thickness, column dimensions, mass and material properties. Dynamic behaviors are studied based on time history analysis (integration time step) according to the *average acceleration method* from Newmark with acceleration record of the El-Centro earthquake 1940.

Analysis shows that addition of shear walls or perimeter beam causes the natural period of structure and horizontal displacement decrease, while the base shear force and structural rigidity increase. Moments, shear forces on columns and shear forces on the plate around the column decrease with the addition of shear walls. The addition of perimeter beam increases the moments and shear forces on first floor columns and shear forces on the plate around the column decrease dramatically on the edge columns.

Keywords: Dynamic behavior, flat plate structures, shear walls, perimeter beams

PENDAHULUAN

Pelat datar merupakan salah satu sistem pelat dua arah yang merupakan pelat beton pejal dengan tebal merata. Pada sistem pelat datar, beban pelat ditransfer secara langsung ke kolom tanpa melalui balok (McCormac, 2001). Sistem pelat datar memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sistem pelat-balok diantaranya konstruksi begesting yang sederhana, finishing arsitektur dan instalasi ME menjadi lebih mudah, ketinggian antar lantai dapat diperpendek karena tidak ada balok dan dinding pemisah dapat dipasang secara fleksibel. Sistem struktur pelat datar berperilaku cukup baik bila mendukung beban gravitasi dan beban gempa rendah sampai menengah dengan desain sistem rangka struktur *ordinary* atau *intermediate* (ACI, 2008). Peraturan tersebut menyarankan sistem struktur pelat datar baik digunakan pada kategori desain seismik A, B dan C dengan ketinggian lantai tidak dibatasi.

Selain kelebihan di atas, sistem pelat datar memiliki kelemahan diantaranya hanya ekonomis untuk bentang pendek dan medium serta untuk beban hidup yang sedang (Domel Jr. & Ghosh, 1990). Kelemahan lain dari sistem pelat datar adalah tidak disarankan digunakan untuk kategori desain seismik D dan E (Fanella & Munshi, 1998). Hal ini disebabkan oleh

sistem struktur yang terlalu fleksibel dalam menahan beban lateral akibat tidak adanya balok sehingga joint (pertemuan pelat dan kolom) lemah.

Distribusi beban pelat yang ditransfer langsung ke kolom dapat menimbulkan bahaya transfer geser pada sekeliling kolom yang disebut geser ponds (*punching shear*). Contoh kasus kegagalan geser ponds pada struktur pelat datar yaitu Sky-line Plaza 26-Lantai di Crossroads Bailey, Virginia dan *The Sampoong Department Store*, Korea Selatan, kedua bangunan tersebut mengalami keruntuhan karena kegagalan geser ponds dan hanya akibat beban gravitasi saja. Kegagalan geser ponds berpeluang terjadi lebih besar apabila momen akibat beban gempa terjadi pada pertemuan kolom dengan pelat, oleh karena itu perlu ada elemen struktur sebagai pemikul beban lateral.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.1, struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Sehingga untuk mendukung kekuatan sistem struktur pelat datar pada wilayah gempa tinggi, perlu ditambahkan elemen struktur yang berfungsi sebagai

pengaku lateral berupa dinding geser atau *perimeter beam*.

Dinding geser dapat ditambahkan pada sistem struktur pelat datar agar menjadi lebih kaku. Selain menambah kekakuan, konstruksi akan lebih mudah dan ekonomis (CPCA, 1989). Selain penambahan dinding geser sebagai pengaku, sistem struktur ini bisa menjadi kaku dengan penambahan balok tepi (*perimeter beam*).

Menurut MacGregor & Wight, 2006, penambahan balok interior akan mengganggu sistem struktur pelat datar, namun balok-balok perimeter bangunan atau tepi pada struktur pelat datar dimungkinkan untuk dipasang. Dengan penambahan balok perimeter akan tercipta hubungan balok kolom (portal) pada tepi bangunan, sehingga diharapkan dapat menambah kekakuan struktur.

Penelitian ini meninjau perubahan perilaku dinamis sistem struktur pelat datar akibat gaya gempa bila ditambahkan elemen pengaku lateral berupa dinding geser atau *perimeter beam*. Ada tiga model yang ditinjau yaitu struktur pelat datar, struktur pelat datar dengan penambahan dinding geser yang ditempatkan pada tepi bangunan karena pada lokasi ini memberikan stabilitas torsi yang paling baik (Widyawati, 2006), dan struktur pelat datar dengan penambahan balok pada tepi bangunan. Perilaku dinamis dari masing-masing model struktur tersebut dibandingkan yang meliputi perubahan perilaku dinamis struktur seperti waktu getar alami struktur, gaya geser dasar, kekakuan struktur, perpindahan lateral tingkat, dan perubahan gaya-gaya dalam pada kolom dan pelat.

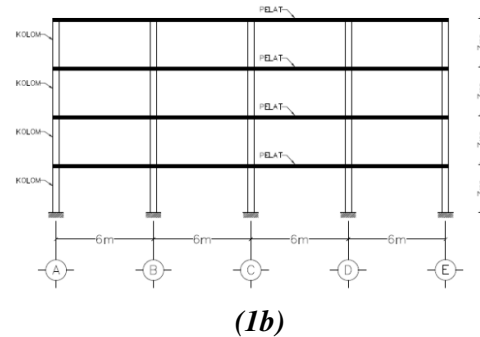
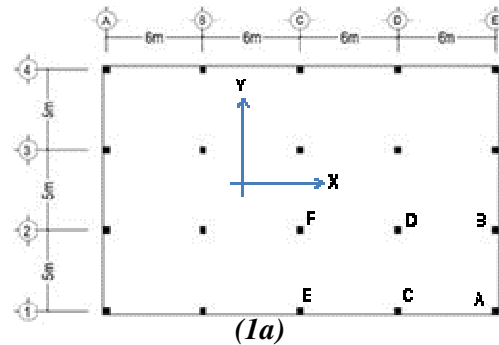
METODE ANALISIS

Pemodelan Struktur

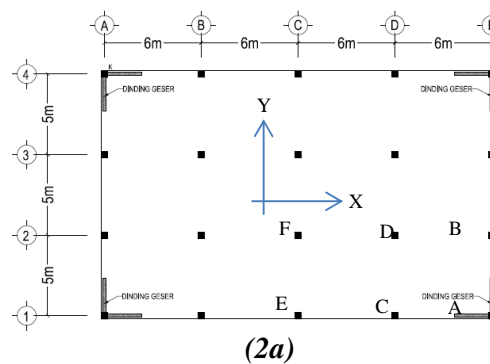
Pada penelitian ini dianalisis tiga buah sistem struktur dari gedung beraturan yang terdiri dari 4 lantai dengan jarak antar lantai 3 meter serta 4 bentang arah sumbu X ($L_x = 6\text{ m}$) dan 3 bentang arah sumbu Y ($L_y = 5\text{ m}$). Bangunan berfungsi

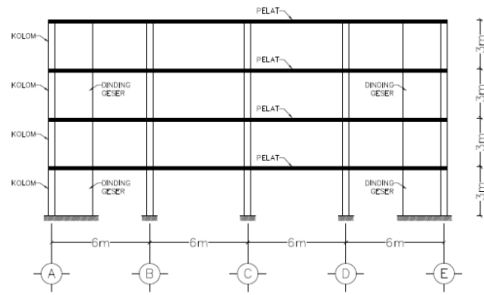
sebagai hotel yang berdiri di atas tanah sedang di wilayah Denpasar. Adapun ketiga sistem struktur tersebut seperti pada Gambar 1 sampai dengan 3.

Proses analisa menggunakan bantuan software komersial SAP2000 v15. Struktur dimodel, dianalisa dan didesain secara 3D terhadap beban gravitasi dan beban gempa sesuai dengan fungsi bangunan sebagai hotel yang berdiri pada tanah sedang di wilayah dengan kategori gempa D.



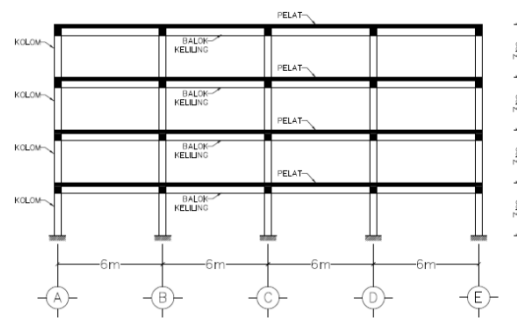
Gambar 1. Struktur pelat datar (Model D); (1a) Denah, (1b) Portal Grid 1





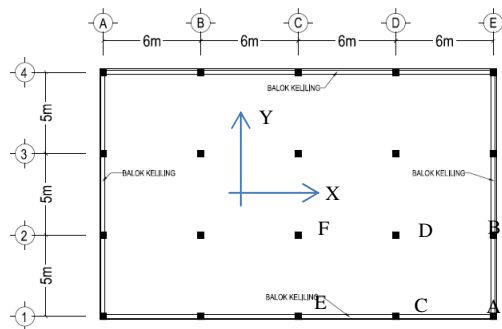
(2b)

Gambar 2.Struktur pelat datar + dinding geser (Model II); (2a) Denah, (2b) Portal Grid 1



(3b)

Gambar 3.Struktur pelat datar + perimeter beam (Model III); (a) Denah, (b) Portal Grid 1



(3a)

Dimensi elemen-elemen struktur didesain sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2002 dan persyaratan kinerja struktur berdasarkan SNI 03-1726-2002. Mutu material dan hasil desain berupa dimensi elemen struktur dapat dilihat pada Tabel 1.

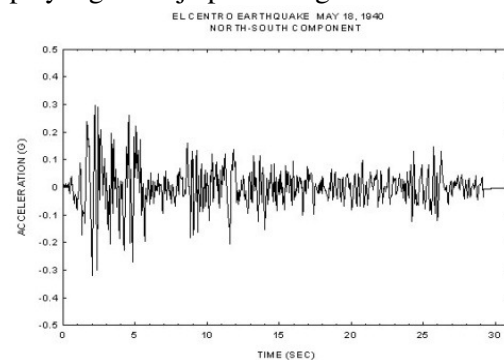
Tabel 1. Mutu material dan hasil desain dimensi elemen struktur

Model	Sistem Struktur	f_c (MPa)	f_y (MPa)	Dimensi Kolom (b/h) (mm)	Tebal pelat (mm)	Tebal Dinding Geser (mm)	Dimensi Balok (b/h) (mm)
I	Pelat Datar	25	400	400/400	260	-	-
II	Pelat Datar+ Dinding Geser	25	400	400/400	260	150	-
III	Pelat Datar + Perimeter Beam	25	400	400/400	260	-	400/600

Analisis Riwayat Waktu

Untuk mengetahui perilaku dinamis dari ketiga model yang ditinjau, analisis dinamis riwayat waktu (*time history analysis*) dilakukan. Analisis ini sesuai dengan metode *average acceleration* dari Newmark dengan nilai $\alpha = 1/2$ dan $\beta = 1/6$. Beban gempa masukan berupa akselerogram gempa El-Centro 1940 arah Utara-Selatan seperti pada Gambar 4. Beban gempa berupa percepatan tanah ini dikerjakan pada arah sumbu-sumbu utama bangunan yaitu THA X (*Time History Analisis* arah X) dan THA Y (*Time History Analisis* arah Y). Ketiga model struktur yang ditinjau dirancang memiliki property yang sama seperti dimensi kolom

dan pelat, massa tiap lantai dan mutu material. Hal ini diharapkan untuk menghasilkan konsistensi dalam besaran beban gempa yang bekerja pada bangunan.



Gambar 4. Akselerogram gempa El-Centro 1940 N-S

Semua sistem struktur diasumsikan memiliki redaman *Rayleigh* dengan rasio redaman untuk semua mode diambil tetap sebesar $\xi = 5\%$, sehingga koefisien *mass-proportional damping* (α_0) dan *stiffness proportional damping* (α_1) didapat berdasarkan persamaan berikut:

$$\alpha_0 = \xi \frac{2\omega_i \omega_j}{\omega_i + \omega_j} \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha_1 = \xi \frac{2}{\omega_i + \omega_j} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana ω_i adalah frekuensi alami atau frekuensi mode pertama dan ω_j diambil dari mode tertinggi yang kontribusinya masih *significant* terhadap respon dinamis. Untuk ketiga model yang ditinjau nilai α_0 dan α_1 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai α_0 dan α_1

Sistem Struktur	α_0	α_1
Pelat Datar	0,360	0,0049
Pelat Datar+ Dinding Geser	1,068	0,0009
Pelat Datar+ <i>Perimeter Beam</i>	0,423	0,0043

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis berupa respon dinamis ketiga model struktur akibat beban gempa berdasarkan analisis riwayat waktu (*Time History Analysis/THA*) diuraikan pada Subbab ini. Respon struktur yang dibahas dalam tulisan ini dibatasi hanya arah X dan arah Y terhadap beban gempa arah sumbu utama X dan Y. Respon arah tegak lurus bekerjanya beban gempa tidak ditampilkan karena besarnya terlalu kecil.

Waktu Getar Alami

Waktu getar alami struktur merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menunjukkan kekakuan struktur. Untuk struktur dengan massa yang sama, semakin besar waktu getar alami struktur, maka kekakuan struktur semakin

kecil atau struktur lebih *flexible* dan memiliki deformasi lateral yang besar. Waktu getar alami struktur untuk masing-masing model diperoleh dari waktu getar yang paling besar dari semua mode yang diperhitungkan. Perbandingan waktu getar alami struktur dari ketiga model dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil perbandingan pada Tabel 3 terlihat bahwa waktu getar alami struktur mengalami penurunan dengan penambahan dinding geser atau *perimeter beam*. Keberadaan dinding geser mengakibatkan penurunan waktu getar sangat drastis sebesar 61,42%, sedangkan pada struktur pelat datar yang ditambahkan dengan *perimeter beam* mengalami penurunan waktu getar alami sebesar 16,78%. Hal ini menunjukkan penambahan dinding geser atau *perimeter beam* mengakibatkan kekakuan struktur meningkat.

Tabel 3. Perbandingan waktu getar alami struktur

Sistem Struktur	Periode Alami Struktur (detik)	
Pelat Datar	1,34	(100,00%)
Pelat Datar+ Dinding Geser	0,52	(38,58%)
Pelat Datar+ <i>Perimeter Beam</i>	1,12	(83,22%)

Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar maksimum yang diterima dari masing-masing model berbeda. Adapun perbandingan gaya geser masing-masing model dengan gaya geser dasar pada struktur pelat datar dapat dilihat pada Tabel 4.

Penambahan dinding geser dapat meningkatkan gaya geser dasar masing-masing sebesar 47,21% arah X dan 32,56% arah Y. Pada struktur pelat datar yang ditambahkan dengan *perimeter beam*, gaya geser dasar masing-masing meningkat sebesar 44,18% arah X dan 29,73% arah Y. Peningkatan gaya geser dasar ini tentunya disebabkan oleh peningkatan kekakuan struktur. Peningkatan gaya yang diserap ke arah Y lebih kecil daripada ke arah X dikarenakan perbedaan kekakuan

dan jumlah kolom pada portal ke arah Y ke arah X. dimana jumlahnya lebih sedikit daripada

Tabel 4.Perbandingan gaya geser dasar maksimum masing-masing model

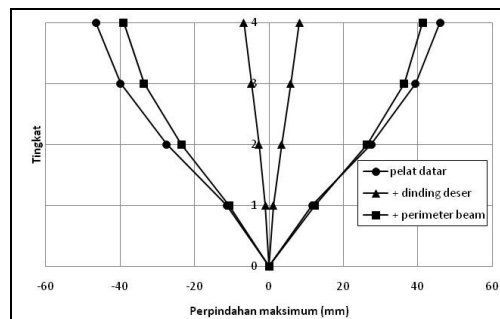
Model	Sistem Struktur	Gaya Geser Dasar Maksimum (kN)	
		Arah X	Arah Y
I	Pelat Datar	1824,55 (100,00%)	2096,55 (100,00%)
II	Pelat Datar+ Dinding Geser	2685,95 (147,21%)	2779,20 (132,56%)
III	Pelat Datar+ Perimeter Beam	2630,57 (144,18%)	2719,76 (129,73%)

Perpindahan Tingkat

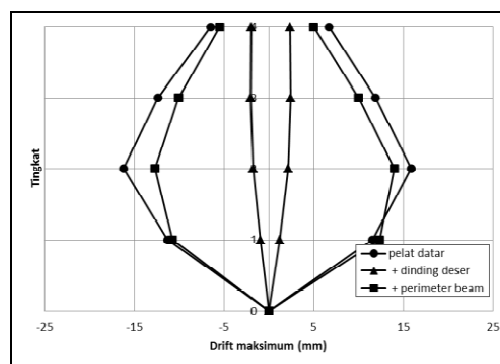
Berdasarkan respon riwayat perpindahan, maka diambil nilai perpindahan dan *drift* maksimum tiap lantai baik untuk arah positif maupun negatif. Perpindahan dan *drift* maksimum tiap lantai dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Berdasarkan kurva pada Gambar 5 dan Gambar 6 terlihat bahwa perpindahan horizontal maksimum tiap lantai arah X dan arah Y dengan penambahan dinding geser atau *perimeter beam* mengalami penurunan. Penurunan drastis terjadi pada struktur pelat datar yang ditambahkan dinding geser. Penurunan perpindahan ini disebabkan oleh kekakuan struktur meningkat dengan penambahan dinding geser atau *perimeter beam*.

Perpindahan antar tingkat (*drift*) maksimum mengalami penurunan pada setiap lantai dengan penambahan dinding geser, tetapi dengan penambahan *perimeter beam* hanya mengalami penurunan pada lantai 2, 3 dan 4 saja. Dari Gambar 5 dan 6 terlihat juga bahwa respon perpindahan maksimum tiap lantai pada arah positif dengan arah negatif menunjukkan suatu perbedaan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan riwayat gempa masukan seperti terlihat pada Gambar 4 dalam kedua arah tersebut.

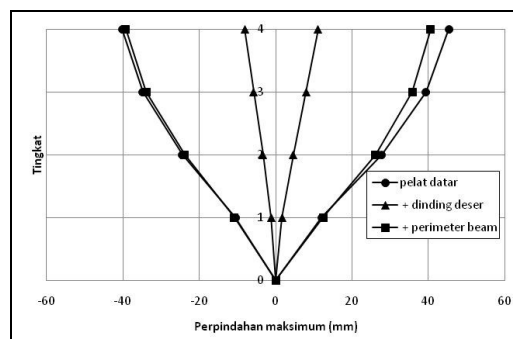


(5a)

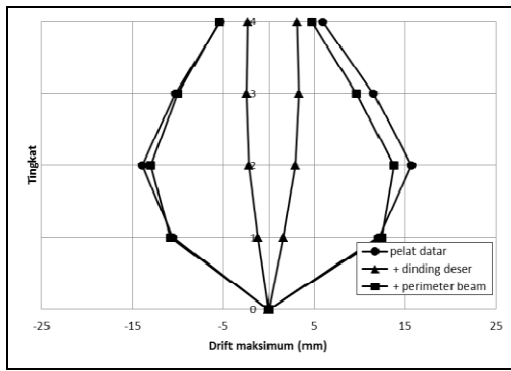


(5b)

Gambar 5. Perpindahan horizontal (5a) dan drift maksimum masing-masing lantai (5b) arah X akibat gempa THAX



(6a)



(6b)

Gambar 6. Perpindahan horizontal (a) dan drift maksimum masing-masing lantai (b) arah Y akibat gempa THA Y

Perilaku deformasi struktur dengan dinding geser berbeda dengan struktur pelat datar dengan dan tanpa perimeter beams. Disini terlihat bahwa perilaku struktur dengan dinding geser lebih menyerupai deformasi sebuah kantilever dimana deformasi lentur tidak begitu terlihat jelas. Gambar 5(b) dan 6(b) menun-

jukan drift yang terjadi pada masing-masing tingkat. Pada struktur pelat datar dan struktur dengan perimeter beams, drift maksimum terjadi pada tingkat 2, dan semakin keatas drift semakin berkurang. Hal ini berbeda dengan struktur pelat datar dengan dinding geser dimana semakin ke atas deformasinya semakin linear.

Gaya-Gaya Dalam

a. Gaya-gaya dalam pada kolom

Gaya-gaya dalam yang ditinjau adalah momen, gaya lintang, gaya aksial dan torsi pada ujung atas kolom A (Grid 1-E), kolom B (Grid 2-E), kolom C (Grid 1-D), Kolom D (Grid 2-D), Kolom E (Grid 1-C) dan Kolom F (Grid 2-C) sesuai definisi pada Gambar 1 sampai dengan 3. Kolom-kolom tersebut mewakili posisi kolom sudut (kolom A), kolom tepi (kolom C), dan kolom tengah (kolom D). Gaya-gaya dalam akibat gempa berdasarkan analisis riwayat waktu ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Gaya-gaya dalam pada kolom lantai 1 akibat beban gempa THA X dan THA Y

Gaya -gaya dalam	Pelat Datar		Pelat Datar + Dinding Geser		Pelat Datar + Perimeter Beam	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Kolom A (Kolom Sudut)						
Momen (KNm)	59,61	69,99	2,09	2,23	145,68	155,32
Gaya Lintang(KN)	76,88	86,98	13,62	15,26	131,17	138,01
Gaya Aksial (KN)	109,54	149,63	294,57	382,62	226,67	295,33
Torsi (KNm)	0,11	0,09	0,06	0,06	0,04	0,04
Kolom B (Kolom Tepi)						
Momen (KNm)	92,59	113,96	6,79	20,26	141,33	227,83
Gaya Lintang(KN)	89,58	103,17	8,22	16,56	117,62	160,92
Gaya Aksial (KN)	170,17	33,43	62,13	256,44	185,58	82,62
Torsi (KNm)	7x10 ⁻³	3x10 ⁻²	3x10 ⁻²	2x10 ⁻²	4x10 ⁻³	2x10 ⁻²
Kolom C (Kolom Tepi)						
Momen (KNm)	88,14	96,09	9,62	8,13	191,41	131,15
Gaya Lintang(KN)	90,15	101,84	11,12	12,28	156,79	124,68
Gaya Aksial (KN)	26,16	221,90	144,45	81,86	65,63	236,22
Torsi (KNm)	0,037	0,012	0,017	0,037	0,082	0,010
Kolom D (Kolom Tengah)						
Momen (KNm)	114,59	129,63	9,04	13,58	123,51	139,74
Gaya Lintang(KN)	104,36	120,77	10,83	15,96	118,75	129,40
Gaya Aksial (KN)	47,11	50,75	33,01	32,62	78,63	89,98
Torsi (KNm)	0,003	0,011	0,005	0,028	0,002	0,006
Kolom E(Kolom Tepi)						
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y

Momen (KNm)	90,20	111,24	6,99	12,49	209,85	154,21
Gaya Lintang(KN)	88,33	101,90	8,32	12,89	151,62	124,40
Gaya Aksial (KN)	4×10^{-9}	216,38	6×10^{-11}	58,55	3×10^{-9}	226,79
Torsi (KNm)	6×10^{-2}	0,02	0,01	5×10^{-13}	9×10^{-3}	6×10^{-11}
Kolom F (Kolom Tengah)						
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Momen (KNm)	116,14	149,45	10,49	18,52	135,95	164,35
Gaya Lintang(KN)	102,04	120,86	10,06	15,88	114,97	129,44
Gaya Aksial (KN)	1×10^{-9}	56,62	2×10^{-11}	14,51	1×10^{-9}	94,90
Torsi (KNm)	4×10^{-3}	0,02	6×10^{-4}	4×10^{-13}	0,004	6×10^{-11}

Dari Tabel 5 terlihat bahwa penambahan dinding geser menurunkan momen dan gaya lintang yang diterima oleh setiap kolom pada Lantai 1, yang disebabkan sebagian besar gaya diserap oleh dinding geser, sedangkan pada lantai yang sama, penambahan *perimeter beam* meningkatkan momen dan gaya lintang yang diterima oleh semua kolom. Penurunan nilai momen dan gaya lintang pada kolom tengah terjadi di lantai 2, 3 dan 4 (Wiryadi, 2013). Gaya aksial yang diterima oleh kolom sudut dan tepi meningkat dengan penambahan dinding geser disebabkan penyaluran gaya ke kolom sudut dan tepi dimana posisi dan arah gaya kolom dan dinding geser paralel. Sedangkan gaya aksial

meningkat pada semua kolom dengan penambahan *perimeter beam*. Torsi yang diterima oleh semua kolom rata-rata sangat kecil yang dikarenakan struktur simetris dan beraturan.

b. Gaya geser pada pelat disekeliling kolom

Gaya geser pada pelat disekeliling kolom dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan geser pons pada sistem struktur pelat datar. Gaya geser pada pelat disekeliling kolom hanya disajikan nilai maksimum pada lantai 1 untuk kolom A, B, C, D, E dan F akibat gaya gempa *THA X* dan *THA Y* seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Gaya geser maksimum pada pelat disekeliling kolom lantai 1 akibat gempa *THA X* dan *THA Y*

Kolom	Gaya geser maksimum disekeliling kolom (KN/m ²)						Keterangan
	Struktur Pelat Datar		Struktur Pelat Datar + Dinding Geser		Struktur Pelat Datar + Perimeter Beam		
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
A	1099,77	822,40	51,79	34,01	50,46	98,81	Kolom sudut
B	963,84	454,82	96,12	112,66	122,61	97,87	Kolom tepi
C	372,11	623,45	76,06	71,38	60,79	168,99	Kolom tepi
D	385,14	387,89	47,22	65,47	360,76	370,97	Kolom tengah
E	379,05	610,36	41,09	77,79	52,13	168,17	Kolom tepi
F	364,11	386,56	40,27	60,77	342,12	367,16	Kolom tengah

Dari hasil analisa pada Tabel 6 menunjukkan bahwa gaya geser pada pelat disekeliling kolom turun secara drastis pada struktur pelat datar yang ditambahkan dinding geser pada semua kolom, hal ini disebabkan oleh sebagian besar gaya gempa diserap oleh dinding geser, sehingga distribusi gaya gempa pada kolom turun secara drastis yang menyebabkan transfer geser pada pelat berkurang. Sedangkan pada struktur pelat datar yang

ditambahkan *perimeter beam*, gaya geser turun drastis pada kolom-kolom tepi, sedangkan pada kolom tengah mengalami sedikit penurunan. Hal ini disebabkan oleh keberadaan balok yang berperan sebagai pendistribusi gaya gempa pada daerah tepi. Penambahan elemen pengaku lateral seperti dinding geser dan perimeter beam dapat mengurangi transfer geser yang terjadi pada pertemuan pelat dengan kolom pada struktur pelat datar.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

- Waktu getar alami struktur dengan penambahan dinding geser atau *perimeter beam masing-masing* mengalami penurunan sebesar 61,42% dan 16,78%.
- *Base shear* (gaya geser dasar) meningkat dengan penambahan dinding geser sebesar 47,21% ke arah sumbu-X dan 32,56%, ke arah sumbu-Y. Sedangkan dengan penambahan *perimeter beam* meningkat sebesar 44,18% ke arah sumbu-X dan 29,73% ke arah sumbu-Y.
- Kekakuan struktur meningkat bila ditambahkan dinding geser atau *perimeter beam*. Kekakuan struktur meningkat lebih besar dengan penambahan dinding geser dibandingkan dengan penambahan *perimeter beam*.
- Perpindahan horizontal maksimum pada atap akibat beban gempa menurun drastis bila ditambahkan dinding geser yaitu sebesar 82,4% ke arah sumbu-X, dan 75,48%, ke arah sumbu-Y. Sedangkan penurunan perpindahan horizontal lantai dengan penambahan *perimeter beam* sebesar 11,07% ke arah sumbu-X dan 10,53% ke arah sumbu-Y.
- Gaya-gaya dalam akibat beban gempa :
 - Momen dan gaya geser pada kolom struktur pelat datar yang ditambah dinding geser mengalami penurunan pada semua kolom di semua tingkat. Sedangkan dengan penambahan *perimeter beam*, momen dan gaya geser pada kolom tepi mengalami peningkatan.
 - Gaya geser sekeliling kolom turun secara drastis dengan penambahan dinding geser pada semua kolom. Sedangkan pada struktur pelat datar yang ditambahkan *pe-*

rimeter beam, gaya geser turun drastis pada kolom-kolom tepi.

Saran

Dalam perencanaan struktur yang menggunakan sistem struktur pelat datar khususnya pada wilayah gempa tinggi, kekakuan dapat ditingkatkan dengan elemen struktur berupa dinding geser atau *perimeter beam*. Namun, disarankan menambah dinding geser untuk memperoleh kekakuan struktur yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini dapat terselesaikan atas rahmat Tuhan Yang Maha Esa serta dukungan dari rekan-rekan dilingkungan Jurusan Teknik Sipil dan semua pihak yang telah memberikan kritik dan saran saat penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary*. Farmington Hills: Country Club Drive.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012*. Jakarta: BSN.
- Computer & Structures Inc. (2011). *Getting Started with SAP2000*. Berkeley: CSI.
- CPCA. (1989). *Modern Multi-Story Concrete Buildings*. Canada: Canadian Portland Cement Association (CPCA).
- Domel Jr., A. W., & Ghosh, S. K. (1990). *Concrete Floor Systems Guide To Estimating And Economizing*. Portland Cement Association.

- Fanella, D. A., & Munshi, J. A. (1998). *Design Of low-Rise Concrete Buildings for Earthquake Forces*. Usa: Portland Cement Association.
- MacGregor, J. G., & Wight, J. K. (2006). *Reinforced Concrete Mechanics and Design* (4th Edition ed.). Singapore: Prentice-Hall, Inc.
- McCormac, J. C. (2001). *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Widyawati, N. L. (2006). *Perilaku Dinamis Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Berbagai Konfigurasi Dan Posisi Dinding Geser*. Denpasar: Jurusan Teknik Sipil, Fak. Teknik UNUD.
- Wikipedia. (2013, Maret 15). *Sampoong Department Store Collapse*. Retrieved 03 27, 2013, from Wikipedia The Free Encyclopedia: <http://en.wikipedia.org>
- Wikipedia. (2009, April 1). *Skyline Towers Collapse*. Retrieved Maret 27, 2013, from Wikipedia The Free Encyclopedia: <http://en.wikipedia.org>
- Wiryadi, I G.G.(2013). *Efek Penambahan Dinding Geser atau Perimeter Beams Terhadap Perilaku Dinamis Struktur Pelat Datar*. Denpasar. Jurusan Teknik Sipil, Fak. Teknik, UNUD.