

PERBANDINGAN PERUBAHAN KINERJA STRUKTUR RANGKA STRUKTUR BETON BERTULANG DAN BAJA DENGAN DINDING PENGISI

I Ketut Sudarsana^{1*}, Putu Deskarta¹, dan I Made Santika Putra²

¹Dosen Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

²Alumni Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

*E-mail: ksudarsana@unud.ac.id

Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kinerja struktur rangka dengan dinding pengisi pada struktur beton bertulang dan struktur baja. Analisis dilakukan dengan membuat empat model struktur yaitu M1, M1I, M2 dan M2I yang berurutan merupakan struktur beton rangka terbuka (*open frame*), struktur beton rangka dinding pengisi (*infill frame*), struktur baja rangka terbuka dan struktur rangka dinding pengisi. Kinerja dari struktur didapatkan melalui analisis *non-linear static pushover*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemodelan dinding pengisi pada struktur baja lebih efektif untuk meningkatkan kekakuan dari struktur baja dan membuat struktur baja berada dalam level kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Namun pemodelan dinding pengisi pada struktur baja memberikan pengaruh yang lebih kecil terhadap kekuatan dan daktilitas struktur dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Pada struktur rangka dinding pengisi baik pada struktur baja maupun struktur beton bertulang, keruntuhan struktur ditentukan oleh kegagalan pada elemen strut.

Kata kunci: Analisis *pushover*, dinding pengisi, kinerja struktur, struktur beton bertulang, struktur baja

COMPARISON OF PERFORMANCE CHANGES IN REINFORCED CONCRETE AND STEEL FRAME STRUCTURES WITH INFILL WALL

Abstract: The research is conducted to investigate the performance changes of infill wall frame structures in reinforced concrete and steel structures. Analysis was performed on four structural models namely M1, M1I, M2 and M2I respectively for reinforced concrete (RC) open frame, RC infill frame, steel structure open frame and steel structure infill frame. Structural performances are obtained from non-linear static pushover analysis. The analysis results show that the modeling of infill wall in the steel structure is more effective to increase the lateral stiffness the structures than in reinforced concrete structure and makes better performance level of the structure. However, modeling infill wall on the steel structure gives a smaller effect on strength and ductility of the structure compared to reinforced concrete structures. In the infill wall frame structural model, the collapse is dictated by the failure of equivalent diagonal struts both for steel structures and reinforced concrete structures.

Keywords: Pushover Analysis, infill wall, structural performance, reinforced concrete, steel structure.

PENDAHULUAN

Penggunaan material struktur beton bertulang dan baja dalam konstruksi bangunan gedung telah umum dilakukan. Kedua material tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Struktur beton lebih kaku daripada struktur baja, sehingga deformasinya lebih kecil saat adanya beban lateral yang bekerja. Simpangan lateral struktur yang besar dapat mengganggu kenyamanan dari penghuni gedung tersebut dan juga perlu diperhitungkan karena dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur.

Dalam perencanaan suatu struktur gedung, struktur umumnya didesain sebagai *open frame* dengan dinding pengisi yang dianggap hanya sebagai beban. Padahal, keberadaan

dinding pengisi memiliki kecenderungan untuk berinteraksi dengan portal yang ditempatinya dan dinding memberikan kontribusi berupa kekakuan terutama apabila terdapat beban horizontal yang besar (Dewobroto, 2005). Tjahjanto dan Imran (2009) menunjukkan bahwa portal struktur beton bertulang dengan dinding pengisi memberi penurunan simpangan sebesar 13-36% dibandingkan dengan portal terbuka. Pada portal struktur baja dengan dinding pengisi, keberadaan dinding pengisi memberi penurunan simpangan sebesar 65% terhadap portal terbuka.

Pada struktur Rangka Dinding Pengisi, saat struktur mengalami tingkat pembebanan yang relatif kecil, dinding pengisi dapat berkontribusi terhadap kekakuan dan kekuatan struktur secara penuh. Pada tingkat pembebanan ini kekuatan

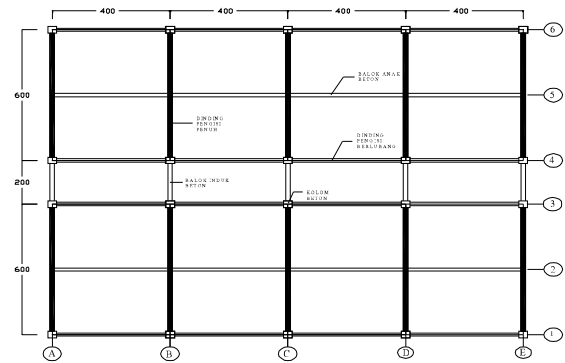
dinding pengisi masih belum terlampaui sehingga belum terjadi kegagalan yang dapat menurunkan kekakuan struktur secara keseluruhan. Namun, apabila tingkat pembebanan yang terjadi lebih besar, dengan deformasi yang terjadi mengakibatkan kekuatan dinding pengisi terlampaui, akan timbul kerusakan-kerusakan sebagai indikasi kegagalan dinding pengisi. Hal tersebut menyebabkan struktur portal mengalami degradasi kekakuan secara signifikan, sedangkan energi gempa yang diterima oleh struktur portal bersama dinding pengisi secara tiba-tiba diterima sepenuhnya oleh portal yang akhirnya menyebabkan terjadinya kegagalan pada struktur portal (Tjahjanto dan Imran, 2009). Hal ini berkaitan dengan kinerja struktur saat terjadi gempa kuat dimana keruntuhan dari elemen-elemen struktur diperhitungkan dalam analisis. Kinerja struktur yang menerima beban gempa dapat diketahui dengan melakukan evaluasi kinerja struktur dengan Analisis *Non-linear Static Pushover*. Analisis *Non-linear Static Pushover* merupakan salah satu analisis dalam *performance-based design* untuk mengetahui kinerja struktur.

Perbedaan sifat material beton bertulang dengan baja, peran dinding pengisi selama berinteraksi dengan struktur kerangka dari masing-masing material tersebut tentunya menghasilkan kinerja yang berbeda. Seberapa besar perubahan kinerja yang terjadi pada struktur rangka beton bertulang dan struktur rangka baja akibat memperhitungkan kontribusi dinding pengisi ditinjau dalam penelitian ini. Analisis kinerja struktur akibat beban gempa dilakukan dengan bantuan program SAP2000 v14.

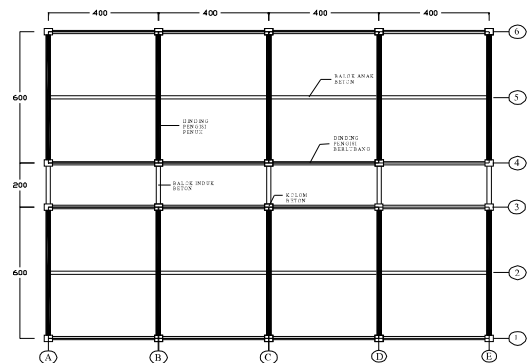
METODE ANALISIS

Gambaran Model Struktur

Struktur gedung yang ditinjau dalam analisis ini berfungsi sebagai hotel. Adapun pemisah ruangan menggunakan dinding pengisi dari material AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) dengan kuat tekan 2,97 MPa dan tebal 15 cm pada arah-X (memendek) dan portal terbuka pada arah-Y (memanjang). Adapun denah gedung dengan penempatan dinding pengisinya ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Denah gedung struktur beton bertulang dan penempatan dinding pengisinya

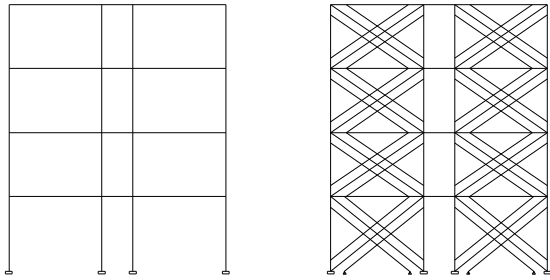


Gambar 2. Denah gedung struktur baja dan penempatan dinding pengisinya

Empat model struktur gedung dievaluasi kinerjanya. Model M1 dan M2 berurutan adalah struktur rangka terbuka (*open frame*) struktur beton bertulang dan baja yang dinding pengisinya dianggap sebagai beban saja, model M1I dan M2I berurutan adalah struktur Rangka Dinding Pengisi (*infill frame*) struktur beton bertulang dan struktur baja. Gedung tersebut memiliki 4 lantai dengan jarak antara lantai dasar dengan lantai satu yaitu 4 m, dan lantai-lantai selanjutnya dengan jarak 3,5 m. Pada model struktur beton bertulang (M1 dan M1I) dimensi kolom yang digunakan pada lantai 1-4 adalah 350x350 mm. Untuk balok induk lantai 1-3 berukuran 300x450 mm, balok induk lantai 4 berukuran 250x400 mm dan balok anak berukuran 150x250 mm. Pada model struktur baja (M2 dan M2I) dimensi kolom yang digunakan adalah IWF 300x300x15x15 mm. Untuk balok induk lantai 1-3 berukuran IWF 300x150x9x6,5 mm, balok induk lantai 4 berukuran IWF 250x125x9x6 mm dan balok anak berukuran IWF 100x50x7x5 mm.

Beban yang bekerja pada struktur dihitung berdasarkan PPIUG 1983 untuk beban gravitasi dan SNI 1726:2012 untuk beban gempa. Persyaratan dalam desain struktur mengacu pada SNI 03-2847-2002 untuk beton bertulang dan SNI 03-1729-2002 untuk struktur baja.

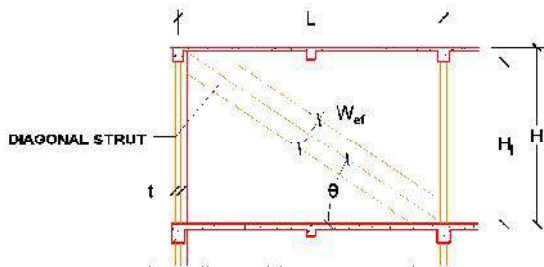
Kontribusi dinding pengisi terhadap struktur dimodel sebagai multi strut diagonal ekuivalen. Gambar 3 menunjukkan struktur sebagai rangka terbuka (M1 dan M2) dan sebagai rangka dinding pengisi (M1I dan M2I) pada arah-X.



Gambar 3. Salah satu portal Arah X dari model struktur yang ditinjau

Pemodelan Dinding Pengisi

Demir and Sivri (2002), mengusulkan lebar diagonal tekan, W_{ef} seperti terlihat pada Gambar 4 dan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2.



Gambar 4. Estimasi Lebar Strut Diagonal
Sumber: Demir and Sivri, 2002

$$W_{ef} = 0,175(\lambda_1 H)^{-0,4} \sqrt{H^2 + L^2} \quad (1)$$

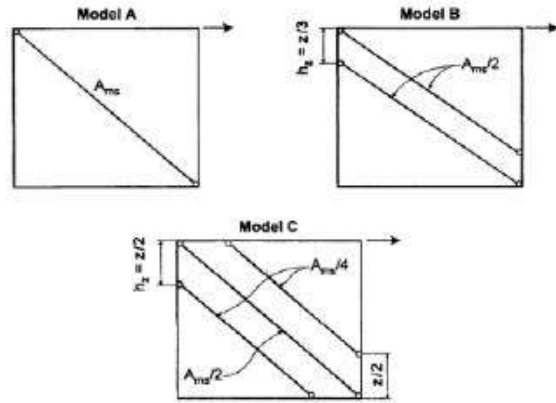
dengan

$$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{E_i \cdot t \cdot \sin 2\theta}{4E_c I_c H_i}} \quad (2)$$

Dengan H adalah tinggi kolom, H_i adalah tinggi dinding pengisi, L adalah jarak antar kolom dari as ke as, E_c adalah modulus elastisitas kolom, E_i adalah modulus elastisitas dinding pengisi, adalah sudut strut diagonal, I_c adalah momen

inersia kolom, dan t adalah tebal dinding pengisi.

Untuk multi strut diagonal, Carr and Crisafulli (2000) menggunakan lebar strut untuk satu, dua dan tiga strut seperti terlihat pada Gambar 5, berurutan untuk Model A, B dan C.



Gambar 5. Model 1, 2 dan 3 strut diagonal
Sumber: Carr and Crisafulli (2000)

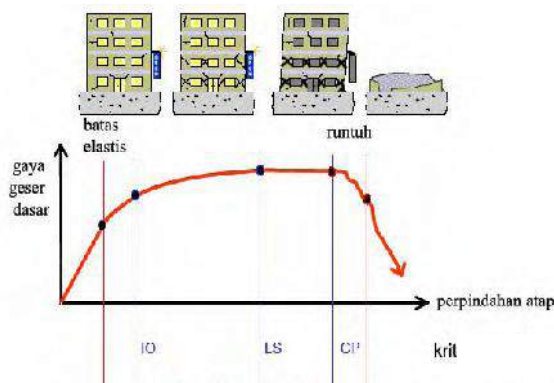
Mengikuti Persamaan 1 dan 2 maka diperoleh lebar strut untuk model struktur beton bertulang (M1I) yaitu untuk lebar strut tengah dan strut pinggir untuk lantai 1 adalah masing-masing 382 mm dan 190 mm, untuk lantai 2 dan 3 masing-masing 386 mm dan 192 mm, dan untuk lantai 4 masing-masing adalah 387 mm dan 193 mm. Dan untuk model struktur baja (M2I) diperoleh dimensi untuk lebar strut tengah dan strut pinggir untuk lantai 1 adalah masing-masing 322 mm dan 161 mm, untuk lantai 2 dan 3 adalah masing-masing 325 mm dan 162 mm, dan untuk lantai 4 adalah masing-masing 326 mm dan 163 mm. Mutu beton yang digunakan pada pelat, balok, dan kolom adalah $f_c' = 25$ MPa.

Metode Analisis

Level kinerja struktur dalam analisis *Non-linear Static Pushover* mengacu pada NEHRP & FEMA 273 yang telah menjadi acuan klasik bagi perencanaan berbasis kinerja yaitu meliputi kategori level kinerja dengan ilustrasi seperti pada Gambar 6 dan dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. *Operational (O)*, yaitu tidak ada kerusakan berarti pada struktur dan non-struktur (bangunan tetap berfungsi).
- b. *Immediate Occupancy (IO)*, yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.

- c. *Life-Safety (LS)*, yaitu terjadi kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan dan tidak menimbulkan korban jiwa. Komponen non-struktur masih ada tetapi tidak berfungsi. Dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan.
- d. *Collapse Prevention (CP)*, yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan dan kekuatan struktur berkurang banyak dan hampir mengalami keruntuhan.

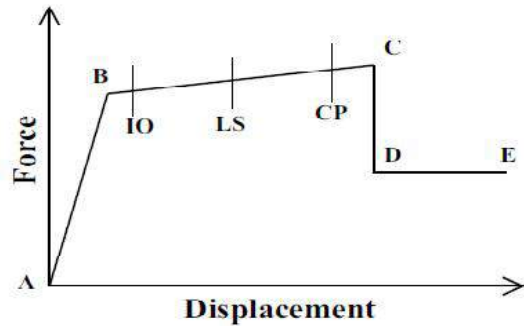


Gambar 6. Ilustrasi rekayasa gempa berbasis kinerja
Sumber: FEMA 356

Dasar dari Analisis *Non-linear Static Pushover* sangat sederhana, yaitu memberikan pola beban statik tertentu dalam arah lateral yang besarnya ditingkatkan secara *incremental* sampai struktur tersebut mencapai target perpindahan tertentu sehingga terlihat kelelahan atau sendi plastis yang terjadi pada elemen-elemen struktur. Target perpindahan adalah kemungkinan simpangan maksimum yang terjadi saat struktur menerima beban gempa rencana. Salah satu metode untuk menghitung target perpindahan adalah metode *coefficient method FEMA 356*.

Analisis *pushover* diawali dengan melakukan pemodelan sendi plastis pada elemen strukturnya. Kolom menggunakan tipe sendi *default-PMM* dengan pertimbangan bahwa elemen kolom terdapat hubungan gaya aksial dengan momen, Sedangkan untuk elemen balok menggunakan *default-V2* dan *default-M3*, dengan pertimbangan bahwa balok efektif menahan gaya geser pada sumbu lemah dan momen dalam arah sumbu kuat, sehingga diharapkan sendi plastis

terjadi pada balok. Sendi diasumsikan terletak pada masing-masing ujung pada elemen balok dan kolom (Wibowo dkk., 2010).



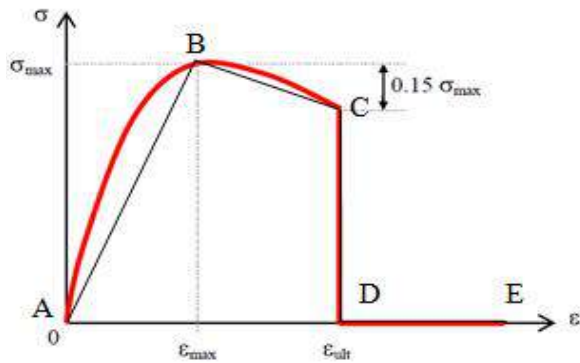
Gambar 7. Hubungan gaya dengan perpindahan pada level kinerja tertentu
Sumber: CSI 2014

Pada program SAP 2000 v14, warna untuk setiap kondisi sendi plastis adalah sebagai berikut:

- A : awal pembebanan, belum terbentuk sendi plastis.
- B : batas elastis, sendi plastis pertama terbentuk dalam warna merah muda. ●
- IO: *Immediate Occupancy*, sendi plastis terbentuk dalam warna biru tua. ●
- LS: *Life Safety*, sendi plastis terbentuk dalam warna biru muda. ●
- CP: *Collapse Prevention*, sendi plastis terbentuk dalam warna hijau. ●
- C : *Collapse*, sendi plastis terbentuk dalam warna kuning. ●
- D: *Residual point*, sendi plastis terbentuk dalam warna orange. ●
- E : Runtuh, sendi plastis terbentuk dalam warna merah. ●

Pada strut diagonal, kontribusi dinding pengisi terhadap kekakuan struktur diperhitungkan jika mengalami gaya tekan. Untuk membatasi deformasi pasca puncak, diberikan kondisi ultimit pada hubungan tegangan-regangan material yaitu tercapainya regangan pada saat tegangan mengalami penurunan sebesar 15% terhadap tegangan maksimum. Setelah mencapai regangan ultimit, element trus dianggap tidak berkontribusi terhadap kekakuan struktur. Untuk mengakomodasi asumsi tersebut, dilakukan perpanjangan kurva tegangan regangan yaitu untuk regangan yang lebih besar dari regangan

ultimit memiliki nilai tegangan nol seperti pada Gambar 8 (Tjahjanto dan Imran 2009).



Gambar 8. Hubungan tegangan-regangan pada dinding pengisi
Sumber: Tjahjanto dan Imran, 2009

Pada program SAP 2000 v.14 nilai dari point A, B, C, D, dan E dimasukkan dengan memakai properti sendi plastis dimana nilai hubungan tegangan-regangannya dimasukkan sesuai dengan tegangan dan regangan materialnya.

Hasil evaluasi kinerja struktur berupa simpangan, kurva kapasitas, skema kelelahan, level kinerja dan daktilitas struktur. Kurva kapasitas menyatakan hubungan gaya geser dasar yang bekerja pada struktur dengan perpindahan atap, skema kelelahan merupakan mekanisme terjadinya sendi plastis pada saat pembebanan lateral, level kinerja menunjukkan tingkat kinerja struktur saat mencapai titik kinerjanya, dan daktilitas yang menyatakan kemampuan struktur untuk melakukan simpangan bolak-balik sambil mempertahankan kekuatannya.

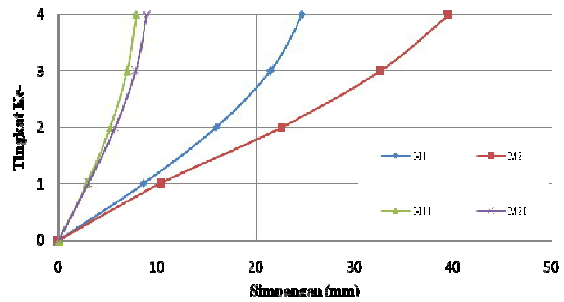
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dari keempat model menunjukkan bahwa dinding pengisi mengubah kekakuan struktur dalam menerima beban pada arah pemasangan dinding seperti pada Gambar 9a dan 9b yang menunjukkan simpangan struktur yang terjadi akibat beban lateral.

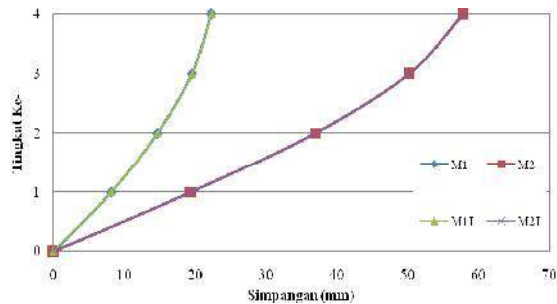
Simpangan Arah-X pada model struktur beton bertulang menunjukkan bahwa pemodelan dinding pengisi menurunkan simpangan struktur hingga 68,30%. Begitu juga pada model struktur baja, simpangan struktur menurun hingga 74,48%. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan dinding pengisi pada struktur baja lebih efektif

mengurangi simpangan struktur.

Berbeda halnya dengan simpangan arah-X, simpangan arah-Y baik pada model struktur beton bertulang (M1 dengan M1I) maupun pada model struktur baja (M2 dengan M2I) hampir tidak terjadi penurunan simpangan lateral, dikarenakan tidak diperhitungkannya pengaruh dinding pada portal arah-Y.

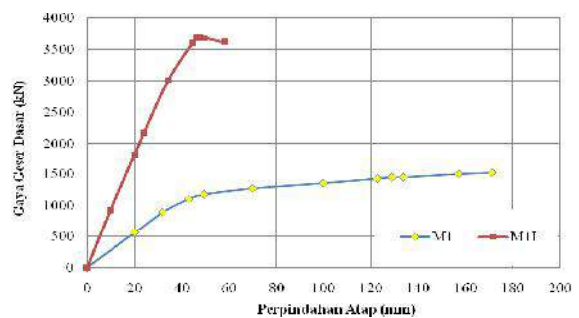


Gambar 9a. Simpangan struktur Arah-X

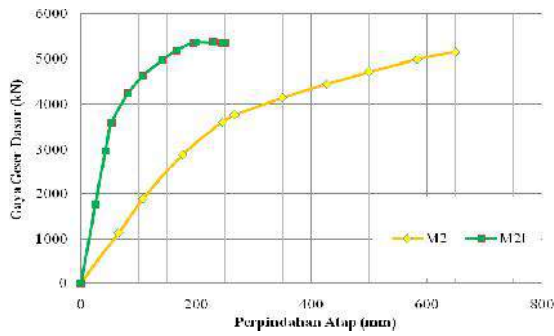


Gambar 9b. Simpangan struktur Arah-Y

Analisis *non-linear static pushover* dilakukan setelah mendefinisikan sendi plastis pada elemen-elemen struktur. Hasil dari analisis *Non-linear Pushover* berupa kurva kapasitas yaitu hubungan gaya geser dasar (V) dan perpindahan () ditampilkan pada Gambar 10a sampai dengan 10d.

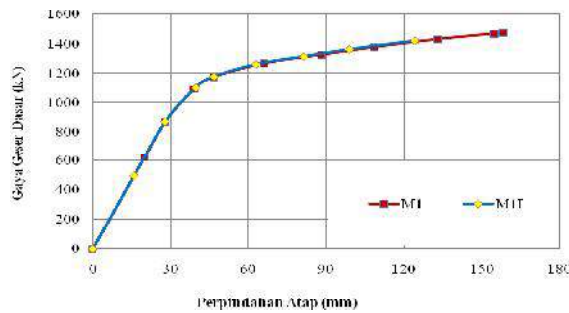


Gambar 10a. Kurva kapasitas akibat Push-X struktur beton bertulang (M1 dan M1I)

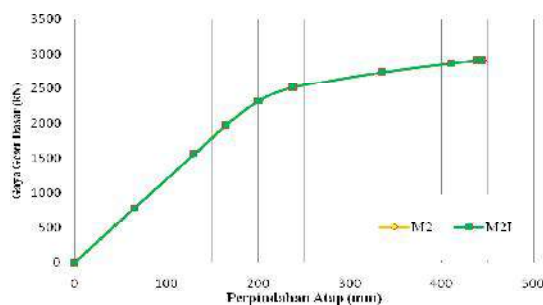


Gambar 10b. Kurva kapasitas akibat Push-X struktur baja (M2 dan M2I)

Gambar 10a menunjukkan bahwa keberadaan dinding pengisi pada pemodelan struktur beton bertulang menghasilkan perbedaan kurva pushover dari Model M1 dengan Model M1I sangat significant dimana Model M1I pada saat perpindahan targetnya (*performance point*) memiliki kemampuan 2,5 kali lebih besar dalam menerima gaya geser dasar arah-X dengan simpangan 0,44 kali lebih kecil dibandingkan dengan Model M1. Hal yang sama juga terjadi pada struktur baja seperti terlihat pada Gambar 10b dimana Model M2I pada saat perpindahan targetnya (*performance point*) mampu menerima gaya geser dasar arah-X 1,4 kali lebih besar dengan simpangan 0,41 kali lebih kecil dibandingkan dengan model M2.



Gambar 10c. Kurva kapasitas akibat Push-Y struktur beton bertulang (M1 dan M1I)



Gambar 10d. Kurva kapasitas akibat Push-Y struktur baja (M2 dan M2I)

Dari Gambar 10c dan Gambar 10d terlihat kurva *Pushover* pada kondisi elastik maupun inelastis baik pada Model M1 dengan M1I untuk struktur beton bertulang dan model M2 dengan M2I untuk struktur baja hampir berimpitan. Gaya geser dasar pada saat tercapainya titik kinerja (*performance point*) masing-masing struktur mengalami sedikit perubahan.

Evaluasi kinerja struktur dapat dilakukan dengan menentukan titik kinerja (*performance point*) terlebih dahulu. Metode *coefficient displacement FEMA 356* menyatakan titik kinerja berada pada koordinat target perpindahan dan gaya geser dasar saat mencapai target perpindahan tersebut. Berdasarkan metode koefisien perpindahan (FEMA 356) dari SAP 2000v14, maka target perpindahan pada titik kontrol t , ditentukan sebagai berikut.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g \tag{3}$$

Tabel 1. Nilai titik kinerja (*performance point*)

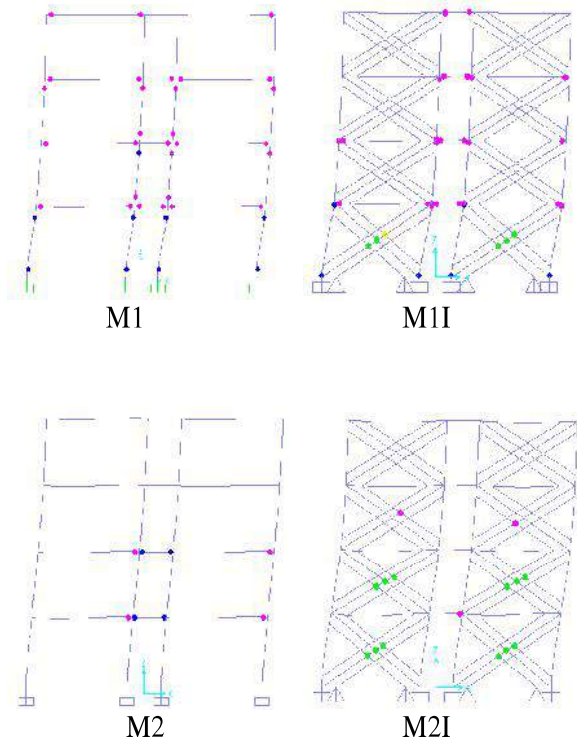
Parameter	M1		M1I	
	X	Y	X	Y
t (mm)	133,4	127,05	59,61	127,02
Vt (kN)	1455,27	1417,41	3604,27	1426,99
Parameter	M2		M2I	
	X	Y	X	Y
t (mm)	175,17	212,92	72,76	212,98
Vt (kN)	2866,74	2386,47	4038,08	2387,17

Setelah memperoleh target perpindahan, struktur akan dievaluasi pada kondisi saat target perpindahan tercapai. Tabel 2 menampilkan hasil evaluasi kinerja struktur dari masing model akibat pembebanan push-X.

Tabel 2. Hasil evaluasi kinerja struktur arah-X

Model	M1	M1I	M2	M2 I
t (mm)	133,40	59,61	175,17	72,76
Vt (kN)	1455,27	3604,27	2386,47	4038,08
Jumlah	160 B-IO	113 B-IO	17 B-IO	12 B-IO
Sendi	45 IO-LS	33 IO-LS	23 IO-LS	62 CP-C
Plastis		17 CP-C		
		13 C-D		
Level Kinerja	IO	C	IO	CP
	Elemen-elemen struktur model M1	Collapse hanya terjadi pada strut,	Elemen-elemen struktur model M2	CP hanya terjadi pada strut,
Keterangan	berada dalam level IO	elemen-elemen struktur dalam level IO	berada dalam level IO	elemen-elemen struktur dalam level O

Bagian struktur yang mengalami kelelahan ditampilkan pada Gambar 11.

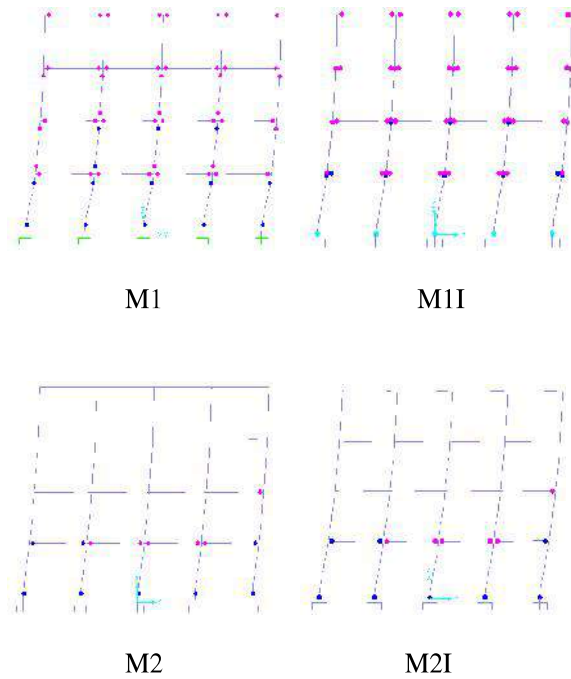


Gambar 11. Skema kelelahan portal arah-X pada target perpindahan

Tabel 3. Hasil evaluasi kinerja struktur arah-Y

Model	M1	M1I	M2	M2 I
t (mm)	127,049	127,019	212,917	212,982
Vt (KN)	1417,41	1426,989	2386,469	2387,168
Jumlah	196 B-IO	194 B-IO	30 B-IO	30 B-IO
Sendi	48 IO-LS	34 IO-LS	30 IO-LS	30 IO-LS
Plastis		21 LS-CP		
Level Kinerja	IO	LS	IO	IO
Keterangan	Elemen-elemen struktur model M1 berada dalam level IO	Elemen-elemen struktur model M1I berada dalam level LS	Elemen-elemen struktur model M2 berada dalam level IO	Elemen-elemen struktur model M2I berada dalam level IO

Bagian struktur yang mengalami kelelahan ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Skema kelelahan portal arah-Y pada target perpindahan

Daktilitas aktual struktur dapat dihitung dari hasil analisis Pushover dengan membandingkan simpangan struktur pada kondisi di ambang keruntuhan dengan simpangan struktur pada saat terjadinya leleh pertama.

Tabel 4. Daktilitas Aktual Struktur Portal Arah-X

Model	Simpangan Leleh (mm)	Simpangan Batas (mm)	μ	R
M1	31,977	171,174	5,353	8,565
M1I	23,994	68,293	2,846	4,554
M2	107,685	349,644	3,247	5,195
M2I	42,737	107,356	2,512	4,019

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemodelan dinding pengisi pada struktur beton bertulang memberikan penurunan daktilitas aktual terhadap model open frame sebesar 46,83 %. Berbeda halnya dengan model struktur baja, pemodelan dinding pengisi pada memberikan pengaruh yang lebih kecil terhadap penurunan daktilitas aktual struktur yaitu sebesar 22,64%.

Tabel 5. Daktilitas Aktual Struktur Portal Arah-Y

Model	Simpangan Leleh (mm)	Simpangan Batas (mm)	μ	R
M1	27,948	154,914	5,543	8,869
M1I	27,952	139,952	5,007	8,011
M2	164,549	439,060	2,668	4,269
M2I	164,646	438,601	2,600	4,160

Tabel 5 menunjukkan bahwa daktilitas aktual baik pada struktur beton bertulang maupun struktur baja mengalami sedikit perubahan. Pada model struktur beton bertulang terjadi penurunan sebesar 9,66% dan pada struktur baja penurunan terjadi sebesar 2,55%. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari kekakuan strut pada portal melintang terhadap portal memanjang.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dinding pengisi pada struktur baja lebih efektif meningkatkan kekakuan lateral struktur daripada struktur beton bertulang. Pemodelan dinding pengisi pada struktur beton bertulang dapat meningkatkan kekakuan hingga 3,15 kali, sedangkan pada struktur baja, kekakuan struktur meningkat hingga 3,91 kali.
2. Kurva kapasitas menunjukkan dengan dimodelnya dinding pengisi pada struktur, meningkatkan kemampuan dari struktur untuk menerima gaya geser dasar pada saat gempa rencana dengan simpangan yang mengecil. Pada model struktur beton bertulang gaya geser dasar yang mampu diterima meningkat 2,5 kali lebih besar yaitu dari 1455,270 KN (model M1) menjadi 3604,270 KN (model M1I) dengan simpangan 0,44 kali lebih kecil, yaitu dari 133,402 mm menjadi 59,610 mm dan pada model struktur baja gaya geser yang mampu diterima 1,4 kali lebih besar yaitu dari 2866,74 KN (model M2) menjadi 4038,081 KN (model M2I) dengan simpangan 0,41 kali lebih kecil yaitu dari 175,170 mm menjadi 72,762 mm.
3. Dari perbandingan hasil evaluasi kinerja struktur arah X, berdasarkan jumlah sendi plastis yang terjadi pada perpindahan targetnya, model *open frame* struktur beton bertulang (M1) dan model *open frame* struktur baja (M2) memiliki level kinerja yang sama yaitu IO (Immediate Occupancy). Ketika model *open frame*

dimodel sebagai model *infill frame*, Model M1I (*infill frame* struktur beton bertulang) berada dalam level kinerja C (collapse) dan Model M2I (*infill frame* struktur baja) berada dalam level kinerja CP (*Collapse Prevention*). Pada arah-Y kinerja struktur beton bertulang Model M1 dan M1I mengalami perubahan dari level kinerja IO menjadi LS, sedangkan pada model struktur baja M2 dan M2I tetap dalam level kinerja yang sama yaitu IO.

4. Pemodelan dinding pengisi pada Arah X pada model struktur beton bertulang memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai daktilitas aktual struktur sebesar 46,83 %, sedangkan pada struktur baja (model M1I) memberikan pengaruh penurunan yang lebih kecil terhadap nilai daktilitas aktual struktur yaitu sebesar 22,64%.

Saran

1. Dalam merencanakan suatu gedung dengan memodelkan dinding pengisi baik pada struktur beton bertulang maupun struktur baja, nilai faktor reduksi gempa (R) yang digunakan, hendaknya nilai yang lebih kecil dari 8.
2. Perlu adanya studi mengenai kinerja struktur rangka dinding pengisi berlubang karena kenyataannya pada bangunan gedung terdapat pintu dan jendela yang merupakan bukaan pada dinding pengisi.
3. Perlu dinding pengisi diperhitungkan pada kedua arah orthogonal bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung (PPIUG 1983), Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012), Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang

- untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002). Jakarta
- Carr, A.J dan Crisafulli, F.J. 2000. Proposed macro-model for the analysis of infilled frame structure. Bulletin of the new zealand society for earthquake engineering, vol. 40
- Computer and Structure Inc. 2014. Manual SAP 2000 v. 2014. New York
- Demir, F. dan Sivri, M. 2002. "Earthquake Response of Masonry Infilled Frames". ECAS 2002 International Symposium on Structural and Earthquake Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Dewobroto, W. 2005. Analisa Inelastis Portal - Dinding Pengisi dengan "Equivalent Diagonal Strut". Jurnal Teknik Sipil ITB
- FEMA 273 "Nehrp Guidelines For The Seismic Rehabilitation Of Buildings", Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FEMA 356 "Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings", Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Tjahjanto, H.H. & Imran, I. 2009. Kajian Performance Struktur Portal Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi. Seminar dan Pameran HAKI.
- Wibowo, Purwanto, E., & Yanto, D. 2010. Menentukan Level Kinerja Struktur Beton Bertulang Pasca Gempa. Media Teknik Sipil, 49-54.