

PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT DENGAN DINDING PENGISI DAN TANPA DINDING PENGISI AKIBAT GEMPA

Bryan Jeferson Tololiu

H. Manalip, R.S. Windah, S.O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email : bryant_x147@yahoo.com

ABSTRAK

Simpangan lateral yang besar pada struktur bangunan gedung bertingkat akibat gempa perlu diperhitungkan karena dapat menyebabkan keruntuhan struktur. Penambahan kekakuan lateral struktur dengan penggunaan dinding pengisi merupakan salah satu cara untuk mereduksi deformasi lateral tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respons struktur dan besarnya kontribusi dinding pengisi pada bangunan gedung bertingkat akibat beban gempa. Perhitungan simpangan dan gaya geser pada bangunan gedung bertingkat dilakukan menggunakan respons spektrum pada tanah sedang di wilayah gempa lima (Sulawesi utara) Indonesia. Analisa dilakukan terhadap dua model struktur yaitu struktur portal dengan dinding pengisi dan struktur portal tanpa dinding pengisi. Pada struktur portal dengan dinding pengisi analisa dilakukan dengan metode diagonal tekan ekuivalen. Variasi dinding pengisi yaitu seperempat batu, setengah batu dan satu batu dengan beberapa kelas dinding pengisi sebagai berikut: 25, 50, 100, 150, 200, dan 250 (PUBI 1982).

Hasil analisa menunjukkan bahwa kuat tekan dinding pengisi dan susunan batu sangat mempengaruhi kekakuan lateral struktur portal. Kuat tekan dinding yang kecil tidak akan memberikan kontribusi pada kekakuan, dinding tersebut hanya menjadi beban tambahan saja. Besarnya massa struktur mempengaruhi nilai dari gaya geser, dengan demikian gaya geser struktur portal dengan dinding pengisi lebih besar daripada struktur portal tanpa dinding pengisi.

Kata kunci: *bangunan bertingkat, dinding pengisi, gaya geser, gempa, respons struktur, simpangan lateral.*

PENDAHULUAN

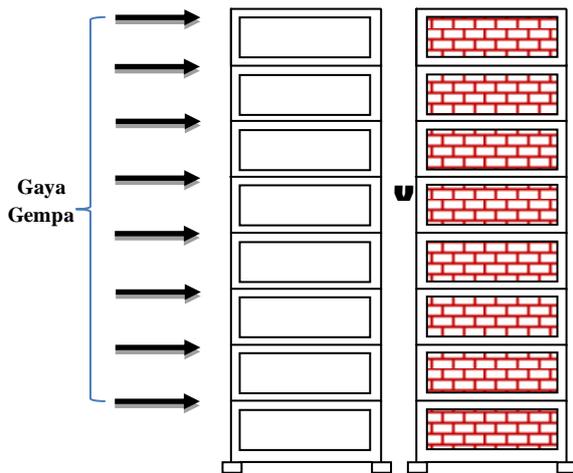
Perkembangan pembangunan pada saat ini sangat berkembang pesat. Hal ini dapat dilihat dengan adanya pembangunan gedung bertingkat tinggi disekitar kita. Akan tetapi, pembangunan gedung bertingkat memiliki banyak resiko yang harus diperhatikan, baik itu dalam perencanaan maupun dalam proses pelaksanaannya. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan adalah adanya beban gempa.

Beban gempa adalah beban yang paling dominan mempengaruhi struktur karena sifatnya yang tidak dapat diprediksi dan kekuatannya yang besar. Gempa adalah suatu guncangan tiba-tiba yang tidak dapat diprediksi yang terjadi di permukaan tanah yang berasal dari gelombang pada suatu tempat dan menyebar dari daerah tersebut ke segala arah disekitar titik pusat gempa.

Dilihat dari sumbernya maka gempa terbagi atas gempa vulkanik dan gempa tektonik. Gempa vulkanik adalah gempa lokal yang terjadi akibat letusan gunung berapi sedangkan gempa tektonik terjadi akibat gesekan antara dua lempeng. Ditinjau dari kekuatannya gempa tektonik adalah yang sangat mempengaruhi bangunan karena tidak dapat dicegah dan sulit diramalkan kapan terjadi, dimana lokasinya dan kekuatannya. Di Indonesia daerah atau wilayah gempa terdiri dari 6 (enam) wilayah gempa dengan masing-masing tingkat kerawanan terjadinya gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2002 tentang Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung.

Pada pembangunan gedung bertingkat, pasti tidak lepas dengan pemasangan dinding, baik sebagai penutup ruangan ataupun sebagai pembatas antar ruangan.

Selain itu ada keuntungan lain dari pemasangan dinding pengisi yaitu pada aspek hubungannya dengan struktur utama. Ketika terjadi gempa, dinding pengisi memberikan pengaruh yang besar terhadap kekakuan dan kekuatan struktur, sehingga perilaku keruntuhannya berbeda dibanding tanpa dinding pengisi. Tetapi dalam desain struktur biasanya para perencana tidak memperhitungkan komponen dinding pengisi sebagai komponen struktur (dianggap sebagai komponen non struktur). Bahkan keberadaan dari dinding pengisi tidak menjadi permasalahan asalkan intensitas bebannya telah dimasukkan terlebih dahulu dan dianggap sebagai beban merata. Meskipun dianggap sebagai komponen non struktur, dinding pengisi tersebut akan sangat mempengaruhi struktur nantinya jika ada beban lateral (gempa) terjadi. Perbandingan kedua model struktur dapat diasumsikan sebagai berikut pada (Gambar 1.1).



Gambar 1. Struktur Portal tanpa Dinding Pengisi dan Struktur Portal dengan Dinding Pengisi

Dalam perencanaan gedung bertingkat, untuk meredam gaya yang sangat besar akibat beban gempa maka diperlukan perencanaan struktur yang baik. Salah satu cara meredamnya dengan menambah kekakuan lateral struktur karena berhubungan dengan gaya horisontal akibat gempa. Dengan menambah kekakuan lateralnya berarti harus menambah dimensi karena berhubungan dengan inersianya atau mengganti bahan yang baik modulus elastisitasnya. Jika mengubah kedua hal tadi mungkin akan sangat merugikan bagi perencanaannya,

padahal ada satu bagian yang seringkali diabaikan oleh perencana yaitu dinding pengisi yang dapat menambah kekakuan lateralnya. Apabila kontribusi kekakuan dinding diperhitungkan, maka akan diperoleh simpangan dan gaya geser yang minimal akibat terjadinya gempa.

Dari pembahasan yang ada maka dapat diperoleh suatu rumusan masalah yaitu “Perbandingan Respon Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Dengan Dinding Pengisi Dan Tanpa Dinding Pengisi Akibat Gempa”

METODOLOGI

Metode penelitian ini adalah studi literatur, dimana diterapkan rumus yang ada pada beberapa literatur yang menjadi referensi.

Variasi dinding pengisi pada model diambil sesuai PUBI yaitu kelas 25, 50, 100, 150, 200, dan 250 yang divariasikan lagi dengan susunan satu batu, setengah batu, dan seperempat batu. Analisa perhitungan untuk menghitung simpangan dan gaya geser dilakukan dengan menggunakan respons spektrum yang diasumsikan pada tanah sedang pada wilayah gempa lima (Sulawesi utara) Indonesia. Untuk membantu perhitungan digunakan program *MS Office Excel*, *Maple v12* dan aplikasi komputer lainnya.

DINDING PENGISI

Dinding Pengisi merupakan salah satu elemen dari bangunan yang berfungsi memisahkan atau membentuk suatu ruang pada bangunan. Dinding pengisi juga sering digunakan sebagai partisi dalam atau penutup luar bangunan pada struktur portal beton bertulang maupun struktur portal baja, khususnya untuk bangunan rendah dan bertingkat sedang. Dinding pengisi dipasang apabila struktur utama selesai dikerjakan, jadi pelaksanaannya bersamaan dengan pelaksanaan *finishing* bangunan sehingga sering dikatakan sebagai komponen non-struktural.

Dinding pengisi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dinding batu bata merah, karena sangat banyak digunakan hampir di seluruh bangunan-bangunan pada wilayah negara Indonesia. Dinding tersebut banyak digunakan karena selain mudah diperoleh, harganya yang cukup murah, dan juga kekuatannya sudah banyak teruji.

Bata merah bahan utamanya yaitu dari tanah liat (*alumina*), dapat dicampur dengan bahan lain misalnya pasir, kapur (dalam bentuk bubuk), dan oksida besi untuk menambah kekuatannya. Pembuatannya yaitu mula-mula tanah liat dibuat plastis lalu dicetak dalam cetakan kayu atau baja kemudian dikeringkan dan selanjutnya dibakar dengan suhu tinggi sampai bata merah keras dan memiliki kekuatan.

Bentuk umum bata adalah balok, bersudut siku-siku, tajam dan permukaannya rata. Panjang bata umumnya dua kali lipat lebarnya dan lebarnya setengah atau tiga per empat lebar. Ukuran tersebut digunakan agar bata dapat diangkat dengan satu tangan sehingga tidak memerlukan alat bantu.

Persyaratan Batu Bata Merah

Setiap bahan bangunan memiliki standar atau persyaratan masing-masing. Syarat yang berlaku untuk bata merah menurut PUBI 1982 yaitu:

1. Bentuk standar bata adalah prisma empat persegi panjang, bersudut siku-siku dan tajam, permukaan rata dan tidak retak-retak.
2. Ukuran standar:
 - (a) modul M-5a : 190 x 90 x 65 mm
 - (b) modul M-6 : 230 x 110 x 55 mm
3. Bata merah dibagi menjadi 6 kelas kekuatan, yang diketahui dari besar kekuatan tekannya,
 - a) Kelas 25
 - b) Kelas 50
 - c) Kelas 100
 - d) Kelas 150
 - e) Kelas 200
 - f) Kelas 250

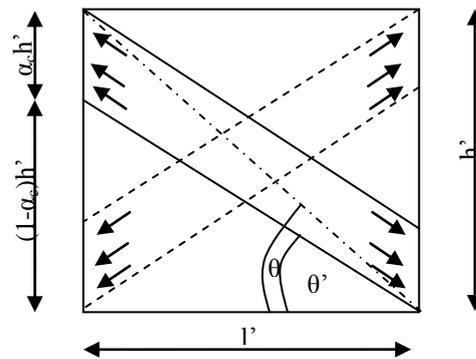
Kelas kekuatan diatas menunjukkan kuat tekan rata-rata minimum (kg/cm^2) dari 30 buah bata merah yang diuji (dalam satu kelompok bata merah diambil contoh paling sedikit 30 buah untuk diuji kuat tekannya).
4. Bata merah tidak boleh mengandung garam, yang menyebabkan pengkristalannya (berupa bercak putih) menutup lebih dari 50% permukaan batanya.

DIAGONAL TEKAN EKIVALEN

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan untuk dinding pengisi, ditinjau dari kesederhanaan dan kelengkapannya metode *Equivalent Diagonal Strut* yang

diajukan oleh Saneinejad dan Hobbs (1995) dapat digunakan, Karena metode tersebut telah memperhitungkan perilaku elastis dan plastis dari portal dengan dinding pengisi dengan memperhitungkan daktilitas yang terbatas dari material dinding pengisi. Metode ini dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan dan kekakuan portal dengan dinding pengisi.

Prinsip analisa diagonal tekan ekuivalen adalah dengan menganggap dinding pengisi sebagai portal tidak bergoyang (*braced framed*), dimana dinding pengisi akan berfungsi sebagai diagonal tekan ekuivalen. Diagonal tekan ekuivalen hanya kuat terhadap gaya tekan saja. Pengaruh beban lateral bolak-balik akibat gempa dapat diatasi dengan terbentuknya diagonal tekan pada arah lain yang juga mengalami tekan.



Gambar 2 Penopang Diagonal Bolak Balik
Sumber: Dewobroto, W., 2005

Dengan konsep perencanaan berbasis kuat batas atau beban terfaktor, selanjutnya portal berpenopang ekuivalen (*equivalent braced frame*) dapat dianalisa dengan cara manual sebagai portal berpenopang biasa (*ordinary braced frame*).

Asumsi Dasar

Untuk memperoleh kekakuan dari dinding pengisi dari diagonal tekan ekuivalen yang bersifat *lower-bound* yang konsisten dan rasional, Saneinejad dan Hobbs (1995) berdasarkan test percobaan dan penelitian analitis Mehrabi (1996) mengambil beberapa asumsi berikut sebagai dasarnya, yaitu:

1. Deformasi lateral terjadi sebanding dengan besarnya beban lateral yang ada sampai suatu batas dimana dinding pengisi secara bertahap hancur dan

kekuatannya akan drop akibat daktilitas dinding yang terbatas.

Ada tiga model kehancuran yang teridentifikasi secara jelas pada portal dengan dinding pengisi akibat pembebanan lateral yaitu:

- ✓ *Corner crushing* (CC); bagian sudut hancur, minimal salah satu ujung diagonal.
 - ✓ *Diagonal compression* (DC); dinding pengisi hancur pada bagian tengah diagonal.
 - ✓ *Shear* (S); keruntuhan geser arah horisontal pada nat sambungan dinding. Timbulnya retak diagonal sejajar arah gaya bukan indikasi kehancuran tetapi digunakan sebagai persyaratan batas untuk kondisi layan.
2. Panjang blok tegangan yang diusulkan tidak lebih dari 0,4 tinggi panel pengisi:

$$\alpha_c h \leq 0.4h' \text{ dan } \alpha_b l \leq 0.4l \quad (1)$$

dimana α prosentase panjang bidang kontak dari tinggi atau lebar panel, subskrip c adalah kolom dan b adalah balok. Notasi h atau l adalah jarak as ke as portal; sedangkan h' dan l' adalah jarak bersih panel.

3. Interaksi panel/dinding pengisi dengan portal ditunjukkan dengan besarnya gaya geser yang diperoleh dari rumus berikut:

$$F_c = \mu \cdot r^2 \cdot C_c \text{ dan } F_b = \mu \cdot C_b \quad (2)$$

dimana μ = koefisien gesek panel-portal; C = gaya normal pada bidang kontak; F = gaya geser; subkrip c adalah kolom dan b adalah balok;

$$r = h / l < 1,0 \quad (3)$$

Terjadinya sendi plastis pada bagian sudut yang dibebani umumnya terjadi pada beban puncak (*peak load*) dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$M_A = M_C = M_{PJ} \quad (4)$$

dimana M_A dan M_C = Momen pada sudut yang dibebani (titik A dan C); M_{PJ} = tahanan momen plastis paling kecil dari balok, kolom atau sambungan, disebut *joint plastic resisting moment*.

4. Karena dinding pengisi mempunyai daktilitas yang terbatas, maka deformasi portal pada beban puncak juga terbatas kecuali pada bagian sudut yang dibebani,

dengan demikian portal masih dalam kondisi elastis.

$$M_B = M_D = M_J < M_{PJ} \quad (5)$$

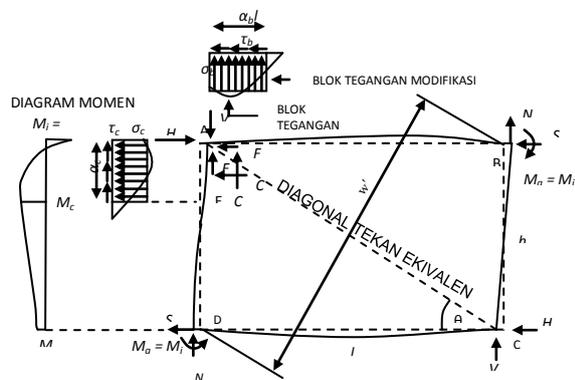
$$M_c = \beta_c \cdot M_{PC} \quad (5a)$$

$$M_b = \beta_b \cdot M_{PB} \quad (5b)$$

Dimana M_B dan M_D adalah bending momen pada sudut yang tidak dibebani (titik B dan D); M_J merujuk pada salah satu nilai tersebut; M_c dan M_b = momen elastis terbesar yang ada pada kolom (c) dan (b); dan M_{PC} dan M_{PB} sama dengan tahanan momen plastis dari kolom dan balok. Saneinejad dan Hobbs (1995) menetapkan:

$$\beta_c \leq \beta_0 = 0.2 \text{ dan } \beta_b \geq \beta_0 = 0.2 \quad (6)$$

dimana β_0 = nominal atau batas atas (*upper-bound*), nilai dari faktor reduksi β .



Gambar 3. Keseimbangan Gaya pada Portal dengan Dinding Pengisi
Sumber: Dewobroto (2005)

Perpindahan Lateral

Membandingkan dengan diagram beban-lendutan yang dihasilkan dalam analisa NLF E maka Saneinejad dan Hoob (1995) mencari hubungan empiris untuk memprediksi perpindahan lateral pada beban puncak dan hasilnya adalah:

$$\Delta_h = 5,8 \varepsilon_c h \cos \theta (\alpha_c^2 + \alpha_b^2)^{0,333} \quad (7)$$

Kekakuan (Stiffness)

Kekakuan sekan dari portal dengan dinding pengisi pada saat beban puncak didefinisikan sebagai berikut:

$$K = \frac{H}{\Delta_h} \quad (8)$$

Diagram beban-lendutan portal dengan dinding pengisi adalah berbentuk parabolik. Sedangkan kekakuan awal (*initial*) dari portal dengan dinding pengisi didekati

sebagai dua kali nilai kekakuan secant (Sainenejad dan Hoobs, 1995)

$$K_o = 2 \frac{H}{\Delta_h} \quad (9)$$

Perpindahan lateral portal dengan dinding pengisi dipengaruhi oleh adanya celah atau gap antara panel dan portal, sedangkan nilai-nilai diatas dianggap tidak ada gap (rapat), walaupun ada dianggap cukup kecil sehingga relatif diabaikan.

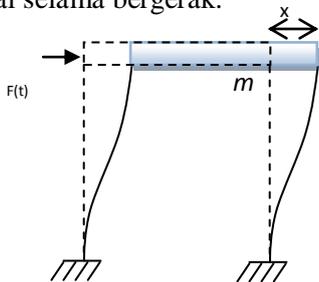
Bangunan Penahan Geser

Salah satu bentuk struktur yang praktis dengan sistem berderajat kebebasan banyak, yaitu bangunan penahan geser. Bangunan Penahan Geser dapat didefinisikan sebagai struktur dimana tidak terjadi rotasi pada penampang horisontal bidang lantai. Kondisi lenturannya mirip dengan balok kantilever yang melentur akibat gaya geser.

Untuk mencapai kondisi tersebut pada bangunan, harus mengasumsikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Massa total dari struktur terpusat pada bidang lantai.
2. Balok pada lantai, kaku tak hingga dibandingkan dengan kolom.
3. Deformasi dari struktur tak dipengaruhi gaya aksial yang terjadi pada kolom.

Anggapan pertama, mentransformasikan struktur dengan derajat kebebasan tak hingga (akibat massa yang terbagi pada struktur) menjadi struktur dengan hanya beberapa derajat kebebasan sesuai massa yang terkumpul pada bidang lantai. Anggapan kedua menyatakan bahwa hubungan antara balok dan kolom, kaku terhadap rotasi. Anggapan ketiga memungkinkan terjadi kondisi dimana balok kaku terhadap horisontal selama bergerak.



Gambar 4. Model bangunan penahan geser berderajat kebebasan tunggal

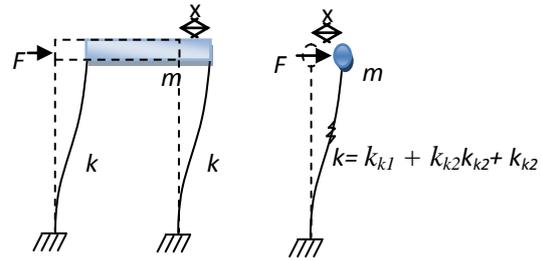
Disamping tiga asumsi tersebut, diambil juga asumsi-asumsi berikut ini:

1. Deformasi dianggap kecil
Asumsi ini mendukung anggapan bahwa tidak terjadi rotasi pada penampang

horizontal bidang lantai dan juga mendukung anggapan bahwa balok tetap horisontal selama terjadi simpangan.

2. Elemen struktur bersifat Elastis-Linier
Sifat elemen struktur yang elastis-linier mengartikan bahwa material elemen belum mengalami tegangan leleh (masih dalam keadaan elastis), dimana pertambahan tegangan selaras dengan pertambahan regangan (bentuk kurva tegangan-regangan linier). Dengan asumsi ini, maka dalam menganalisa struktur dapat diterapkan prinsip superposisi.

Pada pemodelan sebagai Bangunan Penahan Geser, struktur yang ditinjau akan diidealisasikan sebagai hubungan antara massa dan pegas. Massa struktur yang dimodelkan sebagai suatu massa tergumpal m akan berada diatas kolom tunggal yang diidealisasikan sebagai pegas k (Gambar 5). Gerakan massa akibat beban gempa $F(t)$ akan dihambat oleh pegas k , yang kemudian besarnya simpangan horisontal x diukur dari posisi massa saat diam.



Gambar 5. Idealisasi Struktur Massa dan Pegas

Pegas k adalah idealisasi dari elemen kolom dengan besar konstantanya ditunjukkan oleh jumlah kekakuan kolom-kolom tersebut ($k = k_{k1} + k_{k2}$). Cara idealisasi struktur sebagai hubungan massa dan pegas tidak dapat dipakai bila pemodelan massa struktur terbagi rata pada seluruh struktur.

Konsep Dasar Analisa Bangunan Geser

Umumnya struktur tak selalu dapat digolongkan sebagai model berderajat kebebasan tunggal (*Single Degree Of Freedom, SDOF*). Kenyataannya, suatu struktur bertingkat banyak adalah sistem berkesinambungan (*continuous*), jadi merupakan sistem berderajat kebebasan banyak (*Multi Degree Of Freedom, MDOF*).

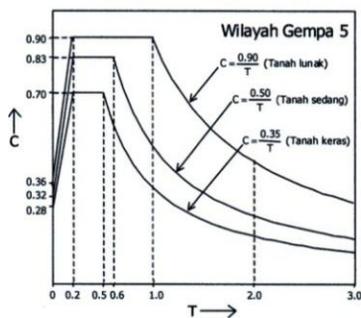
Pemodelan struktur penahan geser, ada tiga properti struktur yang sangat spesifik terkandung dalam persamaan diferensial

untuk masalah dinamik. Ketiga properti ini umumnya disebut karakteristik dinamik struktur yaitu massa, kekakuan, dan redaman.

Analisa Respons Spektrum

Setelah ragam getar suatu bangunan bertingkat banyak (MDOF) diperoleh, ragam getar tersebut akan digunakan dalam analisa gempa dengan metode respons spektrum untuk memperoleh simpangan horisontal tingkat, karena nilai-nilai yang diperoleh dalam metode respons spektrum bersifat maksimum.

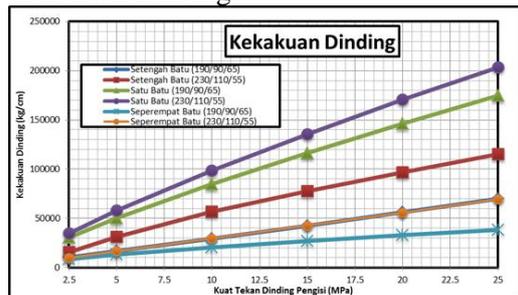
Spektrum respons adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T, lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respons-respons maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spektrum displacement, SD*), kecepatan maksimum (*spektrum velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*spektrum acceleration, SA*) massa struktur *single degree of freedom (SDOF)*, dan untuk respons spektrum pada wilayah-wilayah gempa di Indonesia dan jenis tanah yang berbeda telah tersedia dalam buku SNI 03-1726-2002. Digunakan respons spectrum di Sulawesi utara atau wilayah 5 (Gambar 6).



Gambar 6. Respon Spektrum wilayah Gempa 5 Indonesia
Sumber: SNI 03-1726-2002

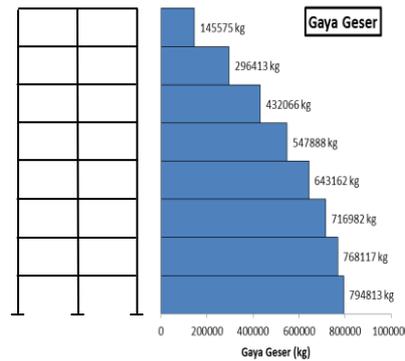
HASIL PENELITIAN

Kekakuan Dinding

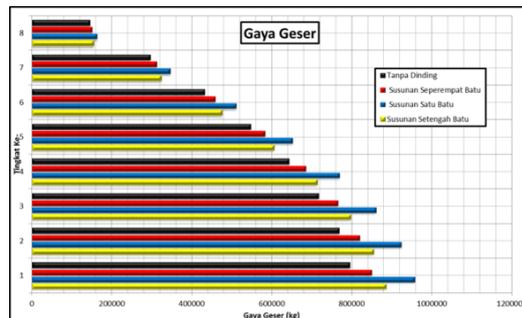


Gambar 7. Kekakuan Dinding

Gaya Geser

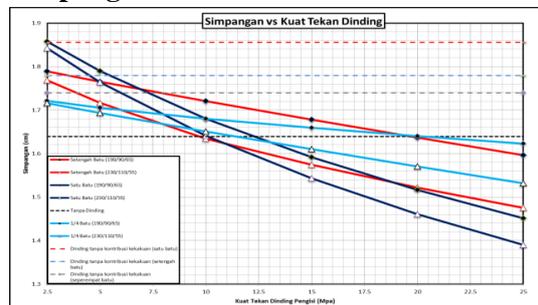


Gambar 8a. Pemodelan Gaya Geser



Gambar 8b. Gaya Geser

Simpangan



Gambar 9. Simpangan vs Kuat Tekan Dinding

KESIMPULAN

1. Kontribusi kekakuan dinding pengisi dipengaruhi oleh kuat tekan dari dinding pengisi itu sendiri. Semakin besar kuat tekan dinding pengisi maka semakin besar pula kontribusi kekakuan lateral terhadap struktur portal (Gambar 7).
2. Struktur portal dengan dinding pengisi, memiliki nilai simpangan yang variatif sesuai dengan susunan batu dan mutu dari dinding pengisi, semakin tebal susunan batu dan semakin tinggi mutu dari dinding pengisi maka semakin kecil simpangan yang terjadi, sedangkan simpangan pada portal dinding pengisi

tanpa kontribusi kekakuan memiliki nilai simpangan yang cukup besar dan nilainya hampir sama dengan nilai simpangan dinding pengisi dengan kuat tekan 2,5 MPa. Simpangan pada portal tanpa dinding pengisi berada pada bagian tengah grafik atau rata-rata hanya memotong nilai simpangan dari dinding pengisi dengan kuat tekan dinding pengisi diatas 10 MPa (Gambar 9).

3. Nilai gaya geser pada struktur portal dengan dinding pengisi lebih besar daripada nilai gaya geser pada portal tanpa dinding pengisi dengan presentasi perbedaan sebesar 16,977% sesuai grafik (Gambar 9).
4. Pada struktur portal dengan dinding pengisi yang memiliki susunan batu yang tebal dengan mutu yang rendah akan mengalami nilai simpangan struktur yang besar. Ini karena kontribusi kekakuan dari dinding pengisi belum cukup mengimbangi gaya inersia yang diakibatkan oleh beban mati dan hanya akan menjadi beban tambahan bagi struktur portal, sedangkan jika mutu dinding bertambah maka nilai simpangan struktur akan berkurang karena kontribusi kekakuan dinding sudah dapat mengimbangi gaya inersia yang diakibatkan oleh beban mati.
5. Pada susunan dinding pengisi yang tebal, terjadi perubahan nilai simpangan yang besar antara mutu yang rendah ke mutu yang lebih tinggi sedangkan pada susunan dinding pengisi yang kurang tebal nilai simpangannya tidak terjadi perubahan yang signifikan.

SARAN

1. Dalam mendesain suatu struktur bangunan bertingkat diperlukan pengetahuan tentang penggunaan dinding pengisi agar nantinya dapat bermanfaat dan bukan sebaliknya menjadi tambahan beban yang merugikan pada struktur itu sendiri.
2. Perlu diteliti lebih lanjut tentang kontribusi kekakuan struktur dinding pengisi dengan lebih banyak variasi bentuk struktur, jenis dinding, metode perhitungannya, dan lain-lain yang dapat menambah pengetahuan kita tentang penggunaan dari dinding pengisi sebagai komponen dari konstruksi bangunan gedung.
3. Pada mutu dinding diatas 5 MPa penggunaan dinding pengisi perlu diperhitungkan, karena memberikan kontribusi kekakuan lateral yang signifikan.
4. Dinding pengisi pada mutu rendah sebaiknya dipilih penambahan mutu daripada menambah ketebalan dinding. Tapi sebaliknya pada mutu 15 MPa ke atas seharusnya dipilih menambah ketebalan dinding daripada menambah mutu dinding, karena walaupun ditambah mutu dinding pengisi, nilai dari simpangan struktur tidak akan lebih kecil daripada menambah ketebalan dinding dengan mutu yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Clough R.W., Penzien J., 1988. *Dinamika Struktur, Jilid Satu*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum., 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Dewobroto W., 2005. *Analisa Inelastis Portal-Dinding Pengisi dengan Equivalent Diagonal Strut*, Jurnal Teknik Sipil ITB, Edisi Vol. 12(4), Bandung.
- Madan A., Reinhorn A. M., Mander J. B., Valles R. E., 1997. *Modeling of Masonry Infill Panels for Structural Analysis*, Journal of Structural Engineering ASCE, 123(10), 1295-1302, New York.
- Mehrabi A. B., Shing P. B., Schuller M. P., Noland J. L. 1996. *Experimental Evaluation of Masonry-Infilled RC Frames*, Journal of Structural Engineering ASCE, 122(3), 228-237.

- Moochtar R., 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Park R., Paulay T., (1975). *Reinforced Concrete Structure*, John Wiley and Sons Inc., New Zealand.
- Paz M., 1993. *Dinamika Struktur (Teori dan Perhitungan)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Saneinejad A., Hobbs B., 1995. *Inelastic Design of Infilled Frames*, Journal of Structural Engineering, ASCE, 121(4), 634-650, United Kingdom.
- Schueller W., 2001. *Struktur Bangunan Tingkat Tinggi*, Refika Aditama, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2002. SNI 03-1726 : *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional (BSN). Bandung.