

PEMODELAN STRUKTUR RUMAH SUSUN DENGAN DAN TANPA DINDING PENGISI

IGD Adi Widyastana¹, Made Sukrawa² dan I Wayan Sudarsana²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

e- mail : adiwidyastana@ymail.com

Abstrak : Rumah susun sebagai alternatif dalam pemenuhan akan kebutuhan rumah pada daerah dengan lahan terbatas memiliki dinding permanen sebagai pemisah antar rumah, sehingga dindingnya dapat diperhitungkan sebagai komponen struktur. Untuk membandingkan hasil analisis dibuat 4 Model struktur, yaitu Model I adalah struktur tanpa dinding pengisi (OF), Model II, Model IIA dan Model IIB adalah struktur dengan pemodelan dinding pengisi sebagai strut diagonal ekuivalen (SD), dimana pada Model II (SD) dimensi struktur sama dengan Model I (OF) dan pada Model IIA (SD-ER) dimensi struktur dibuat sesuai kebutuhan tulangan supaya $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, sedangkan pada Model IIB (SD-EL) dimensi struktur sama dengan Model IIA tetapi dengan arah beban gempa yang berlawanan. Kuat tekan dinding pengisi (f_m) diambil 15 Mpa dengan modulus elastisitas (E_m) sebesar 7000 Mpa. Tegangan pada dinding juga dihitung menggunakan pendekatan empiris sehingga didapat 2 macam pendekatan. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan SAP2000.versi 11 diperoleh bahwa deformasi struktur pada Model I (OF) rata – rata 56% lebih besar dibandingkan dengan deformasi struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB. Tegangan pada dinding pengisi masih dalam batas – batas kekuatan bahan dinding yakni sebesar 88% untuk tegangan geser, 90% untuk tegangan tekan dan 96% untuk tegangan tarik. Berdasarkan hasil analisis juga didapat gaya – gaya dalam yang terjadi pada struktur Model I (OF) rata – rata lebih besar yakni untuk momen 63%, gaya geser 58% dan gaya aksial 40% dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB . Selain itu diperoleh kebutuhan tulangan lentur kolom pada Model I lebih besar yakni 53% dari Model II, 19% lebih besar dari Model IIA, dan 61% lebih besar dari Model IIB. Sedangkan kebutuhan luas tulangan lentur balok pada Model I baik portal arah x maupun portal arah y rata – rata 58 % lebih besar dibandingkan balok pada Model II, Model IIA dan Model IIB.

Kata kunci : rumah susun, dinding pengisi, strut diagonal ekuivalen, FE Model (SAP 2000 Versi.11)

MODELING OF CONDOMINIUM STRUCTURE WITH AND WITHOUT INFILL WALL

Abstract: Condominium as an alternative to overcome the needs of houses in a limited area has a permanent wall to separate between houses, so that the walls can be considered as a structural component. To compare the results of the analysis 4 models structure were developed. Model I is a structure without infill wall (OF), Model II, Model IIA and IIB are infill frame where the wall is modeled as equivalent diagonal strut (SD). In Model II (SD) the dimensions of structure are made the same as these of Model I (OF) and in Model IIA (SD-ER) the dimensions of structures are made as required to satisfy reinforcement of $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, whereas in Model IIB (SD-EL) the dimensions of structures are the same as IIA model but with opposite direction of the earthquake load. The compressive strength of infill wall (f_m) is 15 MPa with a modulus of elasticity (E_m) of 7000 MPa. The stress on the infill wall is also checked using an empirical approach beside analysis result. According to analysis done using SAP2000.versi 11 it is found that the deformation of the Model I (OF) is in average 56% larger than the deformation of Model II, Model IIA and IIB. The stresses on the infill wall are still within limits that the wall stresses to strength ratio are 88% for shear stress, 90% for compressive stress and 96% for tensile stress. From analysis results also obtained that the structure of Model I (OF) produces average reaction forces 63% greater for moment, 58% for shear force and 40% for axial force compared to the structure of the Model II, IIA and IIB. Additionally reinforcement of column model I is 53% more than that of Model II, 19% more than that of Model IIA, and 61% more than that of model IIB. Flexural reinforcement for beam for Model I in both direction (x and y) are in average 58% more than that for Model II, Model IIA and IIB.

Keywords: condominium, infill wall, equivalent diagonal strut, FE Model (SAP 2000 Versi.11)

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumah susun sebagai alternatif dalam pemenuhan akan kebutuhan rumah pada daerah dengan lahan terbatas memiliki dinding permanen sebagai pemisah antar rumah, sehingga dindingnya dapat diperhitungkan sebagai komponen struktur karena

mempunyai kecenderungan untuk berinteraksi dengan portal yang ditempanya terutama bila ada beban horizontal (akibat gempa) yang besar (Dewobroto, 2005). Untuk membandingkan hasil analisis dibuat 4 Model struktur, yaitu Model I adalah struktur tanpa dinding pengisi (*Open Frame*), Model II, Model IIA dan Model IIB adalah struktur dengan pemodelan dinding pengisi

sebagai strut diagonal ekuivalen (*Strut Diagonal*), dimana pada Model II (SD) dimensi struktur sama dengan Model I (OF) dan pada Model IIA (*Strut Diagonal-Earthquake Right*) dimensi struktur dibuat sesuai kebutuhan tulangan supaya $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, sedangkan pada Model IIB (*Strut Diagonal-Earthquake Left*) dimensi struktur sama dengan Model IIA tetapi dengan arah beban gempa yang berlawanan.

TINJAUAN PUSTAKA

Dinding Pengisi

Material yang sering digunakan sebagai dinding pengisi adalah pasangan bata merah maupun pasangan batako. Pendekatan nilai modulus elastisitas (E_m) untuk pasangan dinding pengisi berdasarkan pendekatan analisa portal dengan bresing oleh Smith and Coull (1991) adalah sebesar 7000 MPa. Pada penelitian Mehrabi et al. (1994) dilakukan pengujian terhadap portal terbuka (tanpa dinding pengisi) sebagai pembandingan dengan dinding pengisi menggunakan masonri dari blok beton padat berukuran 194 x 92 x 92 mm dengan kuat tekan 15,57 MPa dan dilekatkan dengan mortar yang memiliki kuat tekan 15,98 MPa (Dewobroto, 2005). Dari hasil penelitian Mehrabi membuktikan bahwa struktur portal dengan dinding pengisi mampu menerima beban 2,6 kali lebih besar dengan lendutan 20 kali lebih kecil dibandingkan dengan portal tanpa dinding pengisi.

Dinding Pengisi Sebagai Strut Diagonal Ekuivalen

Pemodelan dinding pengisi dengan metode diagonal tekan ekuivalen dimodelkan dengan batang yang dimensinya telah ditentukan terlebih dahulu. Lebar batang tekan sebagai strut diagonal ekuivalen pada pemodelan dinotasikan sebagai W_{ef} (*Wide efektif*) seperti pada Gambar 1 (a).

Demir and Sivri (2002) memberikan pendekatan lebar strut (W_{ef}) yang digunakan dalam pemodelan dinding pengisi adalah sebagai berikut :

$$W_{ef} = 0,175(\lambda_h H)^{-0,4} \sqrt{H^2 + L^2} \quad (1.1)$$

dengan

$$\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin 2\theta}{4E_c I_c H_c}} \quad (1.2)$$

Dimana:

H = tinggi kolom

H_c = tinggi dinding pengisi

L = panjang portal

E_c = modulus elastisitas dinding pengisi

θ = sudut diagonal strut

I_c = momen inersia kolom

t = tebal dinding pengisi

Untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada dinding pengisi yang dimodel dengan strut diagonal ekuivalen dilakukan dengan menguraikan gaya aksial yang terjadi pada strut kearah vertikal serta arah horizontal dan membagi masing – masing gaya tersebut dengan luas strut (Das and Murty, 2004). Luas strut (A_e) yang disarankan oleh Das and Murty (2004) dirumuskan sebagai berikut :

$$A_e = W_e \cdot t \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

Dimana:

W_e = lebar diagonal strut

t = tebal dinding pengisi

Tegangan Pada Dinding Pengisi Dengan Pendekatan Empiris

Nilai tegangan geser secara empiris dapat dirumuskan sebagai berikut (Smith and Coull, 1991):

Tegangan geser

$$\tau_{xy} = \frac{1,43 Q}{L \cdot t} \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

Dimana :

Q = gaya horizontal struktur portal

L = panjang dinding pengisi pada struktur

t = ketebalan dinding

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh Smith and Coull (1991) tegangan tarik diagonal dapat dirumuskan:

Tegangan tarik diagonal

$$\sigma_d = \frac{0,58 Q}{L \cdot t} \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

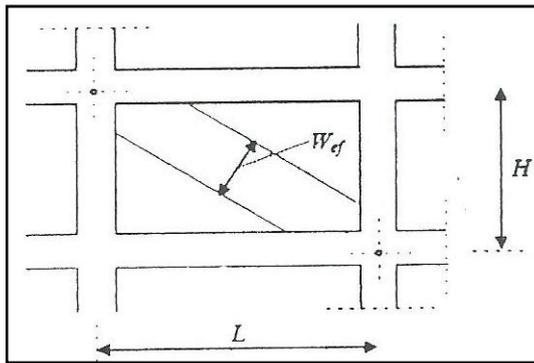
Dimana:

Q = gaya horizontal yang terjadi yang diberikan oleh struktur portal

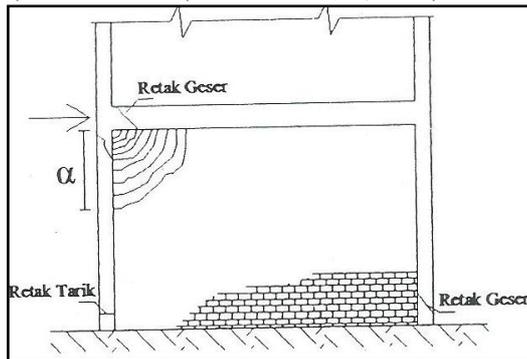
L = panjang dinding pengisi pada struktur

t = ketebalan dinding

Besarnya kuat tarik diagonal dinding pengisi belum dapat dipastikan sehingga masih dalam batas pendekatan yang tetap digunakan sebagai pedoman menganalisis tegangan tarik dinding (Smith and Coull, 1991).



a) Sumber: (Smith and Coull, 1991)



(b) Sumber: (Demir and Sivri, 2002)

Gambar 1: (a) Estimasi lebar strut diagonal; (b) Panjang interaksi dinding terhadap tekanan kolom

Tegangan tekan pada dinding pengisi secara empiris dirumuskan (Smith and Coull, 1991):

$$\sigma_y = \frac{(0,8\frac{h}{L}-0,2)Q}{L.t} \dots\dots\dots (1.6)$$

Dimana:

- Q = gaya horizontal yang terjadi yang diberikan oleh struktur portal
- L = panjang dinding pengisi pada struktur
- h = tinggi dinding pengisi pada struktur
- t = ketebalan dinding

Pendekatan panjang keruntuhan dinding yang menekan kolom portal yang dinotasikan sebagai α dapat dianalogikan sebagai teori “*beam on elastic foundation*”. Pada Gambar 1 (b) diberikan pendekatan daerah tekan pada dinding pengisi yang terjadi pada pojok atas dinding.

Panjang keruntuhan dinding pengisi yang menekan kolom oleh Smith and Coull (1991) dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\pi}{2\lambda} \text{ dengan, } \dots\dots\dots (1.7)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_m t}{4EIh}} \dots\dots\dots (1.8)$$

Dimana :

- E_m = modulus elastisitas dinding pengisi
- E = modulus elastisitas kolom
- t = tebal dinding pengisi

- h = tinggi dinding pengisi
- I = inersia kolom

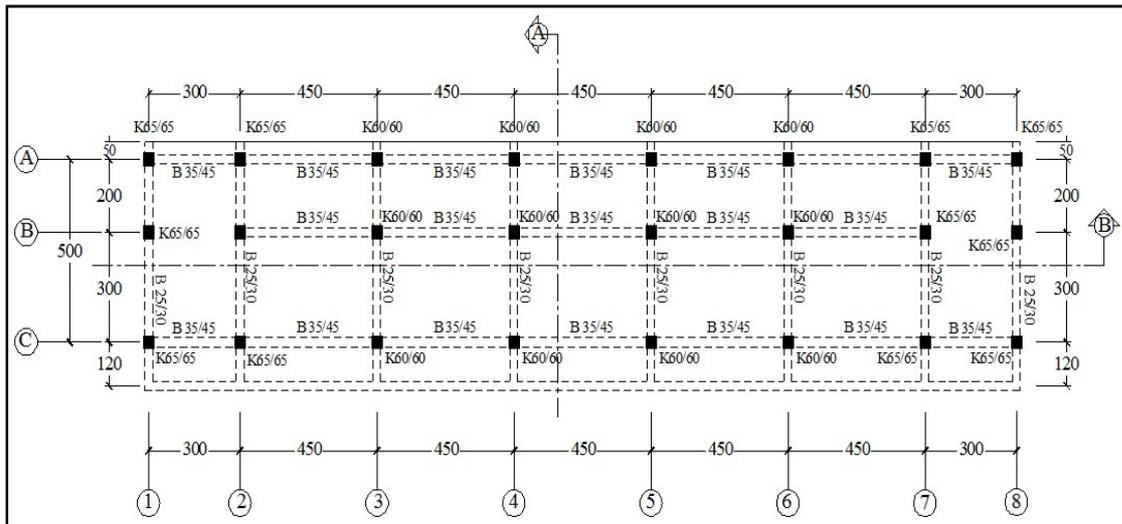
Parameter λ merupakan kekakuan dinding pengisi relatif terhadap kekakuan lentur kolom yaitu semakin besar kekakuan kolom maka nilai λ akan semakin kecil sehingga dinding pengisi yang menekan kolom akan semakin panjang.

METODE

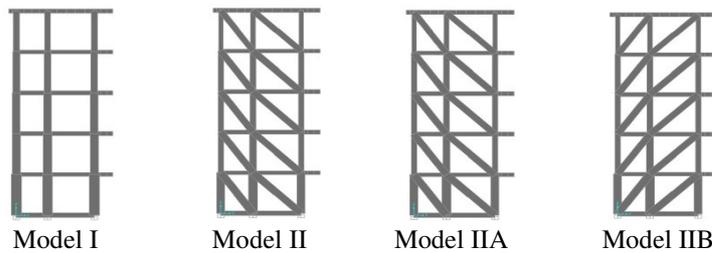
Pemodelan Struktur

Struktur yang dianalisis merupakan gedung 5 lantai dengan tinggi 3 m pada tiap lantai. Untuk pemodelan struktur dibuat 4 model, yaitu Model I adalah struktur yang dimodel tanpa dinding pengisi, Model II, Model IIA dan Model IIB adalah struktur yang dimodel dengan dinding pengisi sebagai strut diagonal ekuivalen menggunakan software SAP 2000v11. Adapun denah struktur rumah susun dan pemodelannya disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Model I merupakan struktur yang dimodel tanpa dinding pengisi, Model II merupakan struktur yang dimodel dengan dinding pengisi dengan dimensi sama dengan Model I, Model IIA merupakan struktur yang dimodel dengan dinding pengisi untuk mendapatkan rasio tulangan $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$. Sedangkan Model IIB merupakan struktur yang dimodel dengan dimensi sama dengan Model IIA, tetapi dengan pembebanan gempa kearah yang berlawanan. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pemodelan struktur adalah sebagai berikut:

1. Estimasi Dimensi
Sebelum dimodel, terlebih dahulu dilakukan estimasi dimensi dengan mengambil dimensi balok untuk arah x B 25/30 cm dan balok portal arah y B 35/40 cm dengan dimensi kolom K 65/65 cm.
2. Pemodelan Struktur dengan SAP 2000v11
Adapun langkah – langkah pemodelan struktur adalah: Menentukan geometri struktur, mendefinisikan *Element Property* dengan melakukan pendimensian terhadap balok dan



Gambar 2. Denah struktur lantai 1



Gambar 3. Pemodelan struktur dengan dan tanpa dinding pengisi

kolom menggunakan *element frame*, serta pelat dengan *element shell*, kemudian dilanjutkan dengan memasukkan karakteristik material, dimana material yang digunakan adalah beton bertulang dengan $f'c = 25$ MPa, berat jenis 2400 kg/m^3 , kuat tekan dinding pengisi (f_m) = 15 MPa dengan modulus elastisitas (E_m) = 7000 MPa. Agar antar elemen saling terhubung, maka dilakukan proses *mesh area (edit-mesh-area)* pada *element shell* dan *divide frame (edit-divide-frame)* pada *element frame*. Setelah itu dilakukan pembebanan, dimana terdapat tiga macam beban yang diperhitungkan dalam pemodelan ini, yaitu beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa (E). Beban hidup yang digunakan sebesar 200 kg/m^2 (PPIUG'1983) dan beban gempa menggunakan perhitungan beban gempa nominal statik ekuivalen. Gaya geser dasar nominal statik ekuivalen dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{C.I}{R} W_t \tag{1.9}$$

Berdasarkan grafik respon spektrum gempa rencana SNI 03-1726-2002 untuk wilayah

gempa 5 dengan jenis tanah keras, didapat respon spektrum percepatan (C) = 0,282 dengan waktu getar alami struktur gedung (T) = 1,243 detik, faktor keutamaan gedung (I) = 1,0, faktor reduksi gempa (R) = 8,5 dan berat total struktur gedung (W_t) = 1420294 kg. Kemudian untuk menentukan besarnya distribusi beban gempa nominal statik ekuivalen pada tiap lantai digunakan rumus:

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V \tag{1.10}$$

Dimana:

- W_i = berat total gedung pada lantai ke- i ,
- n = nomor lantai tingkat paling atas
- Z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i diukur dari taraf penjepitan lateral

Sehingga besarnya distribusi beban gempa pada lantai 1 = 3866 kg, lantai 2 = 7255 kg, lantai 3 = 10438 kg, lantai 4 = 13731 kg dan lantai 5 = 11770 kg. Tahap selanjutnya adalah menentukan kombinasi pembebanan dengan fasilitas *define combination*. Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah 11 kombinasi berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 11.2.

3. Kontrol Persyaratan Tulangan
Setelah di *run*, maka dilakukan kontrol terhadap angka tulangan dengan $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$. Jika tidak memenuhi, maka dilakukan estimasi dimensi ulang

Analisis terhadap hasil pemodelan dilakukan dengan membandingkan deformasi, momen dan gaya geser yang terjadi pada portal masing – masing struktur. Selain itu dilakukan analisis tegangan pada dinding dan dibandingkan dengan tegangan berdasarkan pendekatan empiris. Selain itu, juga dilakukan perbandingan terhadap kebutuhan tulangan kolom dan balok pada portal dengan dan tanpa dinding pengisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Pemodelan Struktur

Luas Tulangan

Tabel 1. Luas tulangan kolom dan balok maksimum

Tulangan	Model I		Model II		Model IIA		Model IIB	
	Lentur (mm ²)	Geser (%)						
Kolom	13671	100	6424	52	11129	41	5284	37
Balok Portal x	1000	100	380	67	394	69	378	69
Balok Portal y	1497	100	762	52	785	79	478	88

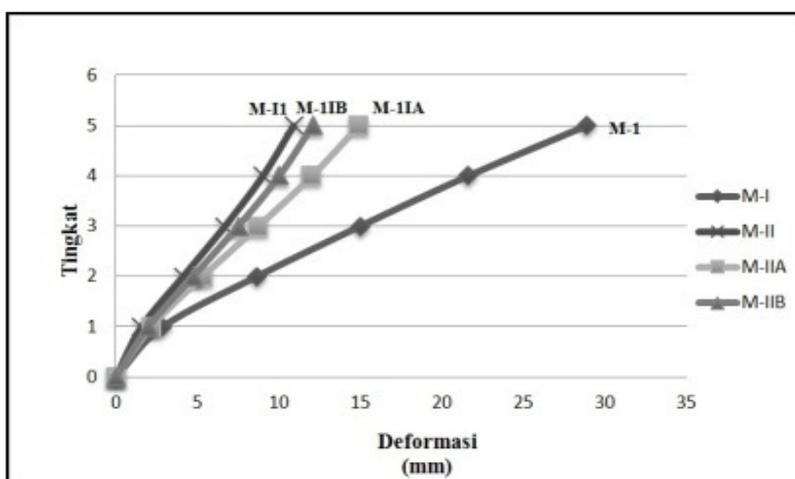
Ket. : Hasil perhitungan

Dari Tabel 1 diperoleh hasil bahwa struktur pada Model I memerlukan luas tulangan lentur kolom lebih besar 53% dari Model II, 19% dari Model IIA, dan 61% dari Model IIB, sedangkan kebutuhan luas tulangan geser pada Model I rata – rata lebih besar 56% dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB. Dimana struktur pada Model I dan Model II menggunakan dimensi kolom K650/650 mm, sedangkan Model IIA dan Model IIB menggunakan dimensi K 550/550 mm. Selain itu diperoleh juga kebutuhan luas tulangan lentur untuk balok pada Model I baik portal arah x maupun portal arah y rata – rata 58 % lebih besar dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA

dan Model IIB, sedangkan luas tulangan geser balok pada Model I rata – rata 29% lebih besar dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB.

Deformasi Struktur

Pada Gambar 4 berikut disajikan grafik perbandingan deformasi struktur pada masing – masing pemodelan akibat kombinasi pembebanan D+L+E. Deformasi struktur tanpa pemodelan dinding pengisi rata – rata 56% lebih besar dibandingkan deformasi struktur yang dimodel dengan menyertakan dinding pengisi sebagai strut diagonal ekivalen.



Gambar 4. Grafik deformasi struktur

Tegangan pada Dinding Pengisi

Pada pemodelan struktur dengan dinding pengisi, tegangan yang terjadi pada dinding perlu

diperhatikan dan dibandingkan terhadap teori yang ada. Jenis tegangan yang terjadi pada dinding

adalah tegangan geser, tegangan tarik dan tegangan tekan.

Tabel 2. Perbandingan tegangan geser dinding dengan Metode empiris

Model	Tegangan Geser Dinding Pengisi (N/mm ²)				
	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5
M II(Empiris)	1.402	1.261	1.028	0.715	0.324
M IIA(Empiris)	1.346	1.188	0.988	0.688	0.312
M II (SD)	1.433	1.959	1.746	1.362	0.826
M IIA (SD - ER)	1.759	2.328	1.946	1.453	0.855
MIIB (SD - EL)	1.425	1.998	1.804	1.443	0.953

Ket. : Hasil perhitungan

Tabel 3. Perbandingan tegangan tekan dinding dengan Metode empiris

Model	Tegangan Tekan Dinding Pengisi (N/mm ²)				
	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5
Model II (Empiris)	0.784	0.687	0.546	0.371	0.164
Model IIA(Empiris)	0.715	0.601	0.500	0.340	0.150
Model II (SD)	1.433	1.959	1.746	1.362	0.826
Model IIA (SD - ER)	1.759	2.328	1.946	1.453	0.855
Model IIB (SD - EL)	1.425	1.998	1.804	1.443	0.953

Ket. : Hasil perhitungan

Tabel 4. Tegangan tarik dinding dengan Metode empiris

Model	Tegangan Tarik Dinding Pengisi (N/mm ²)				
	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5
Model II	0.569	0.511	0.417	0.290	0.131
Model IIA	0.546	0.482	0.401	0.279	0.126

Ket. : Hasil perhitungan

Dari Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa tegangan yang terjadi pada dinding pengisi masih dalam batas – batas kekuatan bahan dinding yakni 88% untuk tegangan geser, 90% untuk tegangan tekan dan 96% untuk tegangan tarik.

Keruntuhan Tekan Pada Dinding

Pada penelitian portal dengan dinding pengisi pengaruh gaya tekan pada sudut portal memberikan efek runtuh pada dinding di sudut portal (Smith and Coull, 1991). Panjang keruntuhan dinding tersebut dinotasikan sebagai α . Dalam penelitian ini diambil perhitungan pada Model IIA di lantai 1 karena menghasilkan tegangan tekan, tarik dan geser yang lebih besar dibandingkan Model II dan Model IIB. Secara empiris panjang keruntuhan pada dinding dirumuskan sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{\pi}{2\lambda} \text{ dengan } \lambda = 4 \sqrt{\frac{E_m \cdot t}{4E.I.h}}$$

$$\lambda = 4 \sqrt{\frac{E_m \cdot t}{4E.I.h}}$$

$$= 4 \sqrt{\frac{7000 \times 200}{4 \times 23500 \times 4687500000 \times 2700}} = 0,00104$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2(0,00104)} = 1507 \text{ mm}$$

Sehingga diperoleh panjang keruntuhan maksimum pada dinding struktur Model IIA disebabkan akibat tekanan portal adalah 1,507 m.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap model struktur dengan dan tanpa dinding pengisi dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Deformasi struktur portal tanpa dinding pengisi rata – rata 56% lebih besar dibandingkan deformasi struktur portal yang dimodel dengan

menyertakan dinding pengisi sebagai strut diagonal ekuivalen.

2. Tegangan pada dinding pengisi masih dalam batas – batas kekuatan bahan dinding yakni sebesar 88% untuk tegangan geser, 90% untuk tegangan tekan, dan 96% untuk tegangan tarik.
3. Gaya – gaya dalam yang terjadi pada struktur Model I rata – rata lebih besar yakni 63% untuk momen, 58% untuk gaya geser dan 40% untuk gaya aksial dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB.
4. Kebutuhan tulangan lentur kolom struktur pada Model I lebih besar yakni 53% dari Model II, 19% lebih besar dari Model IIA, dan 61% lebih besar dari Model IIB. Dan kebutuhan luas tulangan geser pada Model I rata – rata lebih besar 56% dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB. Sedangkan kebutuhan luas tulangan lentur balok pada Model I baik portal arah x maupun portal arah y rata – rata 58 % lebih besar dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB. Dan luas tulangan geser balok pada Model I rata – rata 29% lebih besar dibandingkan struktur pada Model II, Model IIA dan Model IIB

Saran – saran

Adapun saran – saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya pedoman perencanaan sebagai suatu acuan dalam menganalisis dan merencanakan struktur portal dengan dinding pengisi.
2. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disarankan untuk memodelkan dinding pengisi dalam perencanaan gedung karena ternyata dinding pengisi lebih efektif dan efisien serta memenuhi kondisi aktualnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*.
- Computer and Structures Inc. 2007. *CSI Analysis Reference For SAP 2000, ETABS, and SAFE*. Barkeley, USA
- Das. D and Murty C.V.R. 2004. *Brick Masonry Infills in Seismic Design of RC Framed Bulidings : Part 1 – Cost Implications*. Diakses tanggal 31/12/2011.
- Dewobroto. W. 2004. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 200 Edisi Baru*, Alex Media Komputindo, Jakarta
- Dewobroto. W. 2005. *Analisa Inelastis Portal-Dinding Pengisi dengan “Ekuivalent Diagonal Strut”*. <http://www.sipil-uph.tripod.com>. Diakses tanggal 11/12/2011.
- Parwata, I Gede Agus. 2010. *Perencanaan Struktur Portal Gedung Dengan Dan Tanpa Dinding Pengisi (Kasus: Apartemen Grand Svasti Nusa Dua)*. (Tugas Akhir Yang Tidak Dipublikasikan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana)
- Purnama Yasa, Ngakan Made. 2011. *Analisis Struktur Portal dengan dan Tanpa Dinding Pengisi Akibat Beban Gempa*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.
- Sivri.M and Demir.F. 2002. *Earthquake Response of Masonry Infilled Frame*. Accessed on 06/01/2012.
- Smith, B.S and Coull, A. 1991. *Tall Buliding Structures Analysis and Design*. Wiley Inter Science Publication. USA.