

## Studi Analitikal Pengaruh Dinding terhadap Kekuatan Struktur Beton Bertulang

Miko Yolisa Putra<sup>1\*</sup> dan Jafril Tanjung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang  
Padang – 25 163, Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang  
Padang – 25 163, Indonesia

Email: [mikoyolisap@gmail.com](mailto:mikoyolisap@gmail.com)

Dikirim: 29 Desember 2019

Direvisi: 21 Januari 2020

Diterima: 27 Januari 2020

### ABSTRAK

Dinding bata pada umumnya digunakan sebagai dinding pengisi pada struktur bangunan beton bertulang di Indonesia. Dalam proses perencanaan selama ini dinding dianggap beban mati yang diperhitungkan untuk merencanakan atau mendesain suatu bangunan, dinding sendiri diperhitungkan bukan bagian dari struktur. Bahwasannya hasil yang ditemui dilapangan pasca bencana gempa bumi yang terjadi di Sumatera Barat menunjukkan bahwa dinding bata dapat memberikan kekakuan dan kekuatan pada struktur. Beberapa ahli telah melakukan pengujian untuk menganalisis pengaruh dinding terhadap kekuatan struktur beton bertulang. Untuk mempermudah dan meminimalisir biaya maka digunakan metoda analitikal berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Maidiawati, untuk memahami bagaimana efek dinding terhadap struktur portal beton bertulang terhadap beban lateral. Dalam permodelan, dinding bata dianalisis dengan model strut diagonal ekuivalen, dimana kekuatan lateral dinding bata dievaluasi berdasarkan lebar strut diagonal yang didapatkan antara dinding dan kolom, kemudian didapat tinggi kontak antara kolom dan dinding. Tinggi kontak antara kolom dan dinding dianalisis berdasarkan tegangan tekan yang terjadi pada daerah kontak antara dinding dan kolom. Dari hasil analitik yang dilakukan, diperoleh kekuatan lateral dinding bata hasil analitik,  $Q = 64,1$  kN dan didapatkan *displacement* sebesar 2.77 mm atau *drift ratio* sebesar 0.37%. Sedangkan hasil kekuatan lateral dari dinding hasil eksperimen sebesar 51,4 kN. Untuk kekuatan lateral struktur rangka beton bertulang dengan dinding diperoleh sebesar 108,4 kN dan hasil eksperimen sebesar 93.6 kN. Maka didapatkan kekuatan lateral dan perpindahan lateral hasil model analitik yang cukup mendekati hasil eksperimen. Dapat disimpulkan bahwa dinding memiliki kontribusi terhadap penambahan kekuatan lateral struktur rangka beton bertulang

**Kata kunci:** dinding bata, kekuatan lateral, model strut diagonal ekuivalen, struktur rangka beton bertulang.

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki resiko yang tinggi akan terjadi bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan karena Indonesia terletak pada pertemuan lempeng bumi yang hampir di sekelilingnya adanya jalur aktif gunung berapi seperti yang terlihat pada **Gambar 1** yang dilingkari garis hitam. Lempeng bumi yang terus bergerak dan gunung berapi yang masih aktif dikemudian waktu dapat memicunya terjadi bencana gempa bumi, baik gempa dalam skala kecil sampai skala yang besar. Pada saat gempa besar terjadi, akan dapat membawa dampak datangnya tsunami. Hal ini menyebabkan Indonesia termasuk dari bagian *Pacific Ring of Fire* (USGS).

Pasca bencana gempa yang terjadi pada September tahun 2007 tersebut telah meruntuhkan salah satu *showroom* PT Suka Fajar. Pada lokasi yang bersamaan bangunan lainnya yang menggunakan dinding yang masih pemilikan PT Suka Fajar, tidak terjadi kehancuran atau kerusakan. Secara visual, *showroom* yang mengalami kehancuran memiliki karakter bangunan pada umumnya yang tidak memiliki dinding melainkan adanya kaca-kaca sebagai mengisi antar ruang yang memisahkan antara kolom satu dengan kolom yang lainnya. Pada **Gambar 2a** dan **Gambar 2b** merupakan bangunan yang mengalami kerusakan namun tidak menyebabkan kehancuran yang dimana letaknya bersebelahan dengan *showroom* yang hancur

akibat bencana gempa, karena bangunan yang tidak terjadi kehancuran itu mempunyai dinding yang berfungsi sebagai pengisi struktur portal pada bangunan tersebut (Maidiawati dkk, 2008).



Gambar 1: Indonesia di Asia Tenggara merupakan bagian wilayah *Pacific Ring of Fire* (Sumber: earthquake.usgs.gov)



(a) Showroom Suka Fajar tanpa menggunakan dinding yang hancur pasca gempa.



(b) Bangunan Gedung Suka Fajar menggunakan dinding yang masih berdiri pasca gempa.

Gambar 2: Model Bangunan yang Menggunakan Dinding Pengisi dan Tanpa Dinding Pengisi

Walaupun telah dipahami banyak orang, bahwasannya perilaku dari suatu struktur yang memiliki dinding akan jauh berbeda kalau gempa terjadi, dibandingkan dengan perilaku yang memakai rangka saja, kekuatan dinding bata masih tidak juga diperhitungkan. Hal ini dikarenakan belum adanya peraturan yang mengatur tentang kasus ini. Pada SNI 03-2847 2002 fungsi dinding bata hanya dikatakan sebagai komponen non struktural, yang berdampak pada pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata sering tidak diperhitungkan dalam suatu perencanaan bangunan (Redha dkk, 2012).

Hal ini diungkapkan juga pada hasil pengujian laboratorium oleh Maidiawati dkk (2017), pada struktur rangka beton bertulang dengan menggunakan dinding bata penuh, dinding bata memiliki bukaan, dan dinding bata bukaan luas, pada pengujian tersebut didapatkan hasil keruntuhan pada struktur rangka dengan menggunakan dinding bata sebelum terjadinya keruntuhan struktur kolom. Hal ini menjelaskan bahwa adanya dinding pengisi baik dinding bata penuh pada suatu rangka maupun dinding bata dengan bukaan akan memberi penundaan keruntuhan yang terjadi pada suatu struktur rangka beton bertulang.

Sampai saat ini banyak penelitian yang dilakukan dalam berbagai aspek, baik dengan studi eksperimental, observasi lapangan maupun studi analitik, berkenaan dengan pengaruh dinding terhadap perilaku struktur beton bertulang seperti yang didiskusikan dengan baik oleh Agrawal (2013), Bertero dan Brokken (1983), Decanin dkk (2004), Koutromanos dkk (2003), Maidiawati dkk (2011, 2012, 2013), Meharbi dkk (2003), Murty dan Jain (2000), Pereira dkk (2011), Pujo dkk (2008), Satar (2013) dan Zovkic dkk (2012). Bagaimanapun, keberadaan dinding pengisi diantara komponen struktur beton bertulang akan mengubah perilaku transfer beban lateral pada struktur, yakni dari sistem transfer beban pada struktur rangka

batang. Adanya dinding pengisi diantara komponen struktur akan mengakibatkan meningkatnya kekakuan lateral struktur.

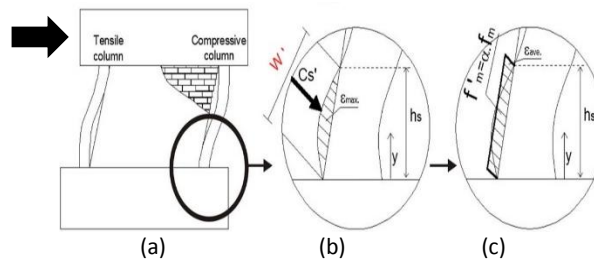
Adanya perbedaan diantara dua bangunan tersebut di lokasi yang sama menimbulkan pertanyaan, hal ini mengarah dengan adanya pengaruh dinding terhadap kekakuan dan kekuatan struktur. Selama ini dinding dianggap beban mati yang diperhitungkan untuk merencanakan atau mendesain suatu bangunan, dinding sendiri diperhitungkan bukan bagian dari struktur, tetapi dalam kasus *showroom* PT Suka Fajar yang roboh, dalam hal ini ternyata dinding memiliki peran kontribusi positif terhadap kekuatan dan kekakuan struktur saat bencana gempa terjadi.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian untuk menganalisis pengaruh dinding terhadap kekuatan struktur beton bertulang dengan cara menentukan metode analitikal pengaruh dinding terhadap kekuatan struktur beton bertulang. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian struktur rangka beton bertulang menggunakan dinding dan tanpa dinding yang merupakan model struktur dengan skala kecil dari struktur rangka yang pada umumnya digunakan pada gedung beton bertulang. Manfaat dari studi ini bertujuan untuk menjadi pertimbangan dan pemahaman oleh masyarakat dalam mendirikan suatu bangunan dengan mempertimbangkan atau memperhiungkan dinding pengisi yang mempengaruhi kekakuan pada struktur beton bertulang. Dengan demikian, bisa mengurangi dampak kerusakan infrastruktur suatu bangunan yang ada di masyarakat.

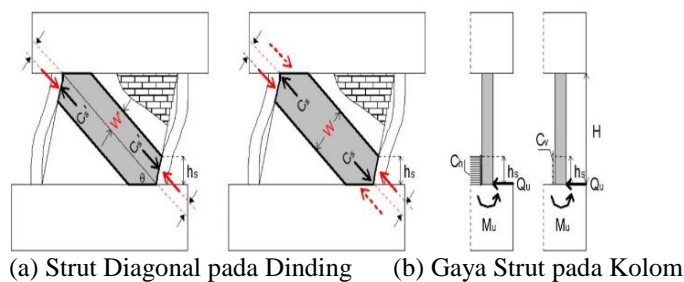
**2. METODOLOGI**

Dalam penelitian ini akan ditinjau kapasitas geser dinding dengan menggunakan metode analisis strut yang telah dikembangkan oleh Maidiawati (2013). Pada proses verifikasi data, data yang diperoleh adalah data yang didapatkan dari pengujian struktur rangka dinding yang telah diteliti sebelumnya oleh bapak Jafril Tanjung. Pada penelitian ini menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan menggunakan dinding bata dan tanpa menggunakan dinding bata. Pada hasil analisis yang telah dilakukan akan didapatkan juga grafik hubungan kekakuan lateral dan perpindahan.

Dalam studi analitik ini, dilaksanakan dalam sebuah model analisis struktur rangka dan dinding bata yang telah dilakukan oleh (Maidiawati dkk, 2013) untuk menganalisis kapasitas seismik gedung beton bertulang dengan menggunakan dinding bata. Dalam model ini, dinding bata dalam struktur rangka keberadaanya diganti oleh strut diagonal ekuivalen yang memiliki ketebalan dan material yang sama pada panel dinding seperti yang terlihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



**Gambar 3:** Transfer gaya pada dinding ke kolom  
(Sumber: Maidiawati, 2013)



**Gambar 4:** Model *Strut* Diagonal Dinding  
(Sumber: Maidiawati, 2013)

Masukkan data pengujian seperti panjang penampang kolom, lebar penampang kolom, kuat tekan beton, nilai modulus elastisitas beton, nilai inersia kolom, luas tulangan tarik pada kolom, dan nilai tegangan leleh pada tulangan. Selanjutnya, tinggi kontak ( $h_s$ ) antara dinding dan kolom Gambar 3 dilakukan dengan cara mengasumsikan nilai awal  $h_s$  terlebih dahulu (misalkan  $h_s=H/2$ ), dan mengasumsikan faktor reduksi  $\alpha$  dengan  $\alpha (=0,65)$ . Kemudian hitung nilai axial beban awal pada balok bagian atas, nilai axial akibat geser balok dan nilai axial akibat gaya tekan (strut) penyangga.

**Tabel 1:** Data Material Properties

No	Benda Uji	Kuat Tekan Beton	Mutu Baja Fy (Mpa)		Kuat Tekan Dinding Bata
		(MPa)	D10	Ø4	(MPa)
1	Dengan Dinding	49.9	462	598.3	10.9
2	Tanpa Dinding	49.9	462	598.3	

**Tabel 2:** Data Dimensi Properties

No	Benda Uji	Tinggi Kolom	Panjang Penampang Kolom	Lebar Penampang Kolom	Luas Tulangan Tarik
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )
1	Dinding	750	125	125	157
2	Tanpa Dinding	750	125	125	157

Dengan mengasumsikan momen lentur *ultimate* terjadi didasar kolom tekan (*compressive column*), maka distribusi momen sepanjang kolom,  $M(y)$ , didapatkan persamaan (1) yang mana untuk memperoleh momen *ultimate* digunakan rumus yang dikembangkan berdasarkan pada standar Jepang (*The Japan Building Disaster Prevention Association, 2005*) pada persamaan (1).

$$M_u = 0.8.at .s y .D + 0.5.N .D. (1 - \frac{N}{b.D.Fc}) \tag{1}$$

maka besarnya gaya lateral didasar kolom didapat dengan persamaan (2).

dengan:

$$Q_u = \frac{2y=0Mu}{H} + C_h h_s - \frac{Ch h_s^2}{H} + \frac{Ch h_s^3}{3H^2} \tag{2}$$

Dengan asumsi bahwa kolom menghasilkan lentur di akhir dengan kontak kolom dengan dinding, saat distribusi dari  $cM(y)$  diperoleh dengan persamaan (3).

Jika  $0 \leq y \leq h_s$

$$cM(y) = y=0Mu - Q_u y + \frac{1}{2} ch y^2 \tag{3a}$$

Jika  $h_s \leq y \leq H$

$$cM(y) = y=0Mu - Q_u y + c_h h_s y - \frac{1}{2} ch h_s^2 \tag{3b}$$

Dengan asumsi bahwa profil kelengkungan di sepanjang ketinggian kolom mirip dengan profil momen, dan untuk menentukan perpindahan lateral yang terjadi setinggi kolom  $c\delta(y)$  dengan mengintegalkan dua kali persamaan (2.3)/EI maka didapatkan persamaan (4).

Untuk  $0 \leq y \leq h_s$

$$c\delta(y) = \frac{1}{EI} (\frac{1}{24} Ch y^4 - \frac{1}{6} Q_u y^3 + \frac{1}{2} M_u y^2) \tag{4a}$$

Jika  $h_s \leq y \leq H$

$$c\delta(y) = \frac{1}{EI} \left( \left( \frac{1}{6} C_h h_s - \frac{1}{6} Q_u \right) y^3 + \left( \frac{1}{2} M_u - \frac{1}{4} C_h h_s^2 \right) y^2 + \frac{1}{6} C_h h_s^3 y - \frac{1}{24} C_h h_s^4 \right) \quad (4b)$$

Perpindahan lateral kolom di puncak  $c\delta y=h$  sama dengan perpindahan dinding  $i\delta y=h$ , maka besarnya perpindahan dinding sepanjang tingginya dinyatakan dengan persamaan (5).

$$i\delta(y) = \frac{c\delta(y=H)}{H} y \quad (5)$$

Masukkan nilai  $M_u$  dan  $Q_u$  pada kolom keadaan tarik dan kolom keadaan tekan pada persamaan (1) dan persamaan (2). Seperti yang dijelaskan pada persamaan tersebut dimana  $M_u$  merupakan momen *ultimate* (N/mm<sup>2</sup>),  $Q_u$  merupakan gaya geser *ultimate* kolom (N/mm<sup>2</sup>),  $h_s$  merupakan tinggi kontak (mm),  $y$  merupakan tinggi kolom setinggi yang ditinjau (mm),  $H$  merupakan tinggi kolom (mm),  $A_t$  merupakan luas tulangan tarik pada kolom (mm<sup>2</sup>),  $s_y$  merupakan tegangan leleh tulangan (N/mm<sup>2</sup>),  $D$  merupakan panjang penampang kolom (mm),  $N$  merupakan gaya *axial* (N/mm<sup>2</sup>),  $B$  merupakan lebar penampang kolom (mm). Langkah selanjutnya mengidentifikasi panjang kontak antara kolom dengan dinding dengan metoda newton raphson pada persamaan (4) dan persamaan (5). Dengan asumsi bahwa profil kelengkungan disepanjang ketinggian kolom mirip dengan profil momen, dan untuk menentukan perpindahan lateral yang terjadi setinggi kolom  $c\delta(y)$  dengan mengintegrasikan dua kali persamaan (3)/EI maka didapatkan persamaan (4). Kemudian pada perpindahan lateral kolom di puncak  $c\delta y=h$  sama dengan perpindahan dinding  $i\delta y=h$ , maka besarnya perpindahan dinding sepanjang tingginya dinyatakan dengan persamaan (5).

Hitung titik potong pertemuan yang terjadi antara perpindahan lateral kolom dan perpindahan lateral dinding dilakukan dengan cara persamaan (6) dapat dilakukan dengan metoda newton raphson. Kemudian tinggi kontak ( $h_s$ ) antara dinding dan kolom **Gambar 3** dilakukan dengan cara mengasumsikan nilai awal  $h_s$  terlebih dahulu (misalkan  $h_s=H/2$ ), selanjutnya hitung titik potong perpindahan lateral kolom dan dinding,  $y_i$  dihitung menggunakan cara yang dijelaskan diatas. Apabila kondisi  $y_i=h_s$  terpenuhi, maka  $h_s$  disebut sebagai tinggi kontak dinding-kolom, namun jika  $y_i \neq h_s$ , langkahnya dengan cara melakukan iterasi dengan mengurangi nilai  $h_s$  sampai terpenuhi  $y_i = h_s$  (0,05 mm). Kemudian cari nilai *displacement* dinding dan modulus elastisitas bata. Kemudian untuk mencari nilai lebar diagonal dinding yang masih berpenopang kolom ( $W$ ) diberikan dalam bentuk persamaan (7). Selanjutnya cari nilai panjang diagonal dinding, kemudian untuk kekakuan dinding telah ditentukan melalui persamaan (8). Untuk mencari nilai  $C_s$ ,  $C_s$  dianalisis berdasarkan lebar strut,  $W$  yang didapatkan berdasarkan tinggi kontak yang terjadi antara dinding dan kolom,  $h_s$  saat pembebanan lateral seperti ditunjukkan dalam **Gambar 3**. Besarnya gaya  $C_s$  diberikan dalam persamaan (9). Kemudian cari nilai pembebanan ( $Q$ ), selanjutnya cari nilai *displacement* (perpindahan). Hasil pengujian tersebut menghasilkan grafik seperti grafik hubungan kekakuan lateral dan perpindahan lateral yang bertujuan untuk memverifikasi atau mengecek hasil perhitungan dengan cara analitik.

Titik potong pertemuan yang terjadi antara perpindahan lateral kolom dan perpindahan lateral dinding dilakukan dengan cara persamaan (6), nilai ini dapat terpenuhi dengan cara iterasi dengan menggunakan metode newton raphson.

$$c\delta(y_i) = i\delta(y_i) \quad (6)$$

Lebar strut dinding dijelaskan dalam fungsi nilai  $h_s$  yang telah diberikan dalam bentuk persamaan

$$W = 2 h_s \cos \theta \quad (7)$$

Kekakuan dinding  $iK_y$  adalah nilai kekakuan saat yield telah ditentukan melalui persamaan (8) dan perpindahan dinding telah ditentukan melalui persamaan (9)

$$iK_y = E_m \cdot W \cdot t \frac{\cos^2 \theta}{d} \quad (8)$$

gaya tekan diagonal pada dinding :

$$C_s = W t f_m \quad (9)$$

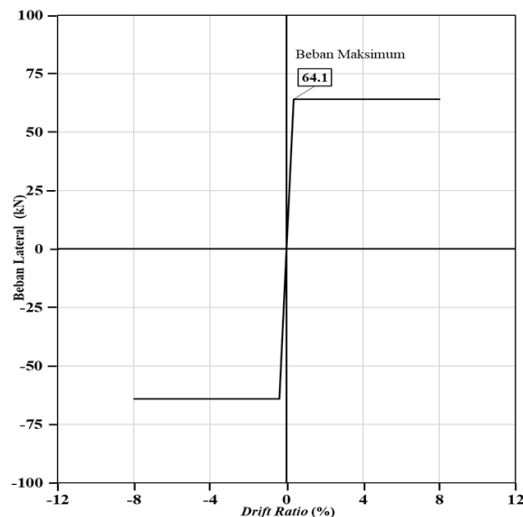
Hasil pengujian tersebut menghasilkan grafik seperti grafik hubungan kekakuan lateral dan perpindahan lateral yang bertujuan untuk memverifikasi atau mengecek hasil perhitungan dengan cara analitik, yang mana hasil analitik ini tidak akan jauh berbeda dengan hasil eksperimen.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Analitik

Dalam studi analitik ini, dilaksanakan dalam sebuah model analisis struktur rangka dan dinding bata yang telah dilakukan oleh (Maidiawati dkk, 2013) untuk menganalisis kapasitas seismik gedung beton bertulang dengan menggunakan dinding bata. Dalam model ini, dinding bata dalam struktur rangka keberadaannya diganti oleh strut diagonal ekuivalen yang memiliki ketebalan dan material yang sama pada panel dinding seperti yang terlihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.

Dari hasil analitik yang dilakukan diperoleh hasil tinggi kontak antara dinding dan kolom didapat  $h_s = 203.6$  mm, maka lebar strut diagonal dinding,  $W = 312,73$  mm, gaya tekan diagonal pada dinding,  $C_s = 83,4$  kN, kekuatan lateral dinding bata hasil analisis,  $Q = 64,09$  kN dan didapatkan displacement sebesar 2.77 mm atau *drift ratio* sebesar 0.37 %. Nilai  $Q$  tersebut dimasukkan kedalam grafik pada **Gambar 5**, untuk grafik hasil analisis menggunakan kurva bilinear.

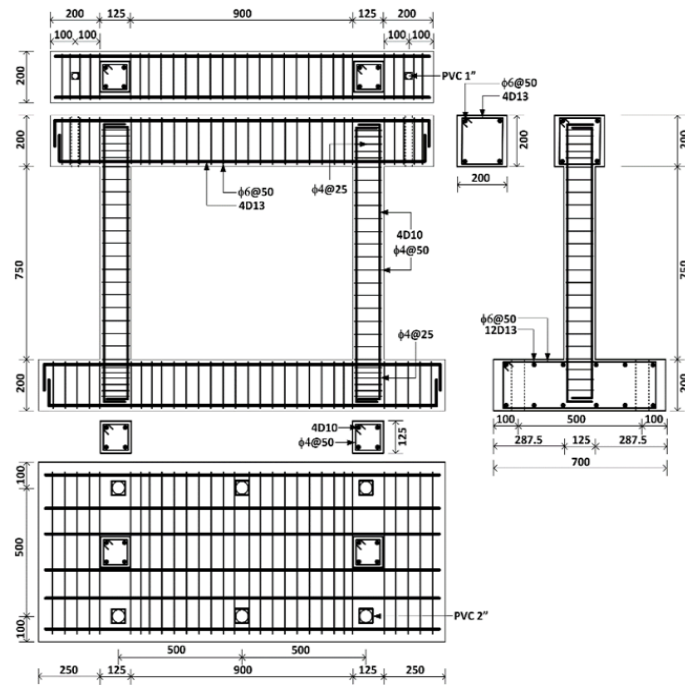


**Gambar 5:** Grafik Kapasitas Lateral Dinding Bata Dari Hasil Analisis

#### 3.2 Hasil Eksperimen

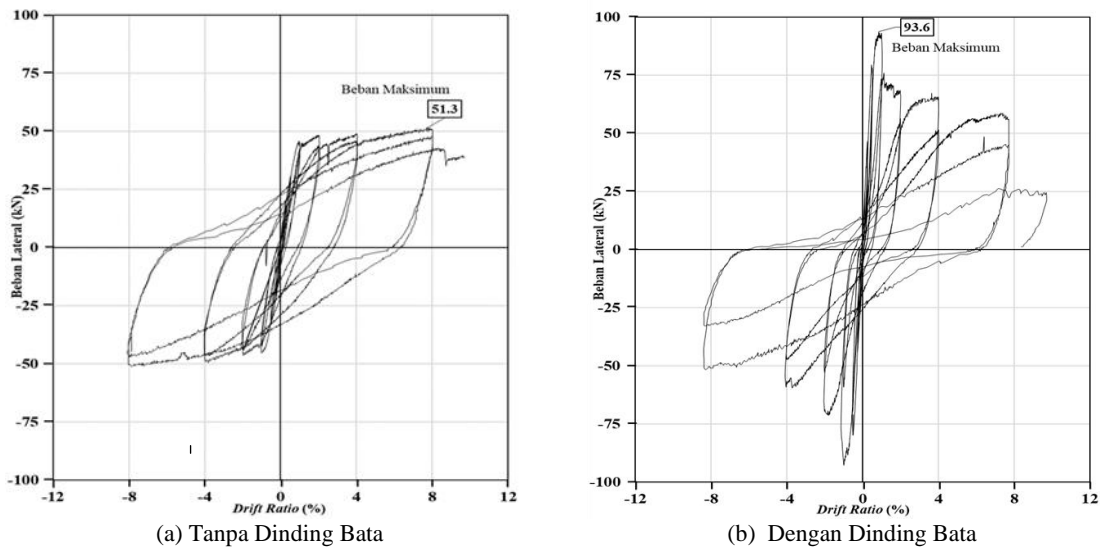
Pada pengujian ini dibuat dua buah model struktur benda uji yaitu struktur portal beton bertulang dengan dinding plesteran dan tanpa dinding. Detail penggambaran penulangan ditunjukkan pada **Gambar 6**. Mempertimbangkan bahwa dimensi alat uji hanya dapat menguji benda uji dengan memiliki ketinggian maksimum sebesar 1100 mm, maka dimensi atau ukuran semua benda uji diperkecil dengan skala 1:4 dari dimensi komponen struktur bangunan bertingkat tiga hingga empat yang pada umumnya digunakan di wilayah kota Padang dan sekitarnya (Jafri, 2016).

Dari hasil eksperimen diperlihatkan hasil pengujian berupa besarnya perpindahan lateral yang terjadi akibat pemberian beban lateral. Dalam pembahasan ini, hasil yang diperoleh dari pengujian pada struktur portal beton bertulang tanpa dinding diambil sebagai acuan. Pengamatan selama pengujian terhadap benda uji tanpa dinding, menunjukkan bahwa transfer beban lateral pada struktur benda uji mengikuti pola transfer struktur portal. Seperti yang telah direncanakan, balok atas hanya berdeformasi secara lateral sesuai dengan arah pembebanan yang telah diberikan. Dengan kekakuan balok relatif lebih besar dibandingkan dengan kolom, maka pada saat awal pembebanan kolom akan didominasi oleh momen lentur. Sementara balok didominasi oleh gaya aksial.



**Gambar 6:** Detail penulangan struktur rangka  
(Sumber: Jafril Tanjung)

Pada pengujian struktur portal beton bertulang tanpa dinding pengisi diperoleh nilai beban lateral dari setiap siklus pengujian yang telah direkam menggunakan *load cell*. Setelah itu nilai beban lateral dan perpindahan dilihat dalam grafik seperti pada **Gambar 7**. Berdasarkan grafik pada model tanpa dinding menunjukkan nilai beban lateral yang mampu ditahan oleh struktur portal beton bertulang tanpa dinding pengisi sebesar 51.3 kN dengan *drift ratio* sebesar 7.85%. Hal ini menandakan bahwa struktur portal beton bertulang tanpa dinding pengisi hanya mampu menahan beban lateral maksimum 51.3 kN, jika melebihi dari beban tersebut maka struktur tidak akan mampu bertahan dan akan mengalami keruntuhan.



**Gambar 7:** Hubungan Beban Lateral dengan *Drift Ratio* Model Dengan dan Tanpa Dinding Bata

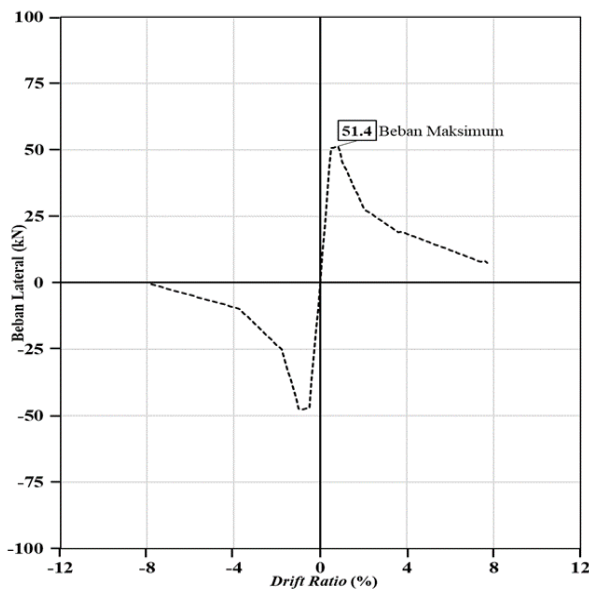
Pada pengujian struktur portal beton bertulang dengan dinding pengisi diperoleh nilai beban lateral dari setiap siklus pengujian yang telah direkam menggunakan *load cell*. Setelah itu nilai beban lateral dan perpindahan disatukan didalam grafik seperti pada **Gambar 7**. Berdasarkan grafik pada model dengan dinding menunjukkan nilai beban lateral yang mampu ditahan oleh struktur portal bertulang dengan dinding



pengisi sebesar 93.6 kN dengan *drift ratio* sebesar 0.9%. Hal ini menandakan bahwa struktur portal beton bertulang dengan dinding pengisi hanya mampu menahan beban lateral maksimum 93.6 kN, jika melebihi dari beban tersebut maka struktur tidak akan mampu bertahan dan akan mengalami keruntuhan.

Membandingkan hasil pengujian benda uji yang menggunakan dinding dan tanpa dinding, terlihat jelas bahwa adanya dinding pengisi akan menunda terjadinya keruntuhan pada struktur. Dari hasil eksperimen terhadap struktur rangka beton bertulang menggunakan dinding dan tanpa menggunakan dinding bata diperoleh hubungan antara beban lateral dan perpindahan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada **Gambar 7**. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa struktur rangka beton bertulang dengan menggunakan dinding bata memiliki kapasitas sebesar 93,6 kN. Sedangkan untuk struktur rangka beton bertulang tanpa dinding memiliki kapasitas seismik (lateral) sebesar 51,3 kN, atau dengan kata lain dinding pada struktur rangka memberikan atau menambah kapasitas seismik (lateral) sebesar 82,5% kepada struktur tersebut. Akan tetapi dengan keberadaan dinding bata pada struktur rangka juga akan mengurangi daktilitas dari struktur rangka beton bertulang, seperti yang terlihat pada **Gambar 7** bahwa struktur dengan dinding bata lebih getas dibandingkan struktur tanpa dinding bata.

Dari serangkaian pengujian eksperimental pada benda uji struktur beton bertulang dengan dinding pengisi dan struktur beton bertulang tanpa dinding pengisi didapatkan hasil kapasitas lateral dari masing-masing benda uji. Dari grafik yang didapat dari eksperimen maka ditentukan kapasitas lateral dari dinding bata yaitu dengan mengurangi kapasitas lateral struktur rangka beton bertulang dengan dinding dan struktur rangka beton bertulang tanpa dinding. Dari hasil pengurangan tersebut didapatkan kapasitas lateral dinding saja yaitu sebesar 51,4 kN. Sehingga dapat terlihat bahwa dinding dapat secara signifikan menambah kemampuan struktur rangka beton bertulang dalam memikul beban lateral yang ditunjukkan **Gambar 8**.

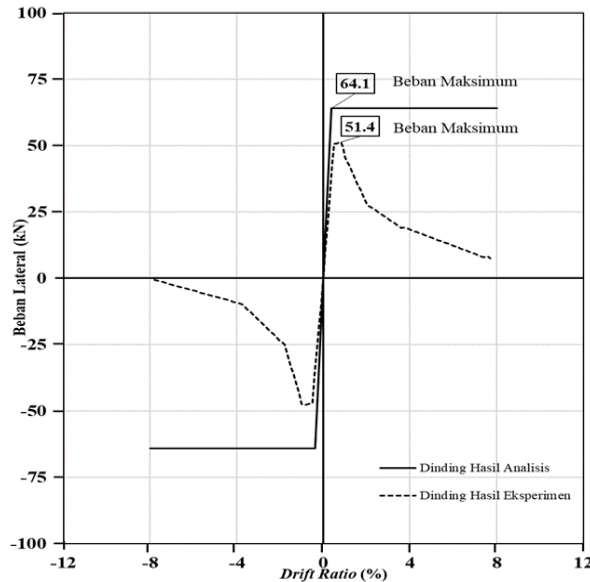


**Gambar 8:** Grafik Kapasitas Lateral Dinding Bata Dari Hasil Eksperimental Berdasarkan Data Envelope

**3.3 Hasil Pembahasan Analitik dan Eksperimen**

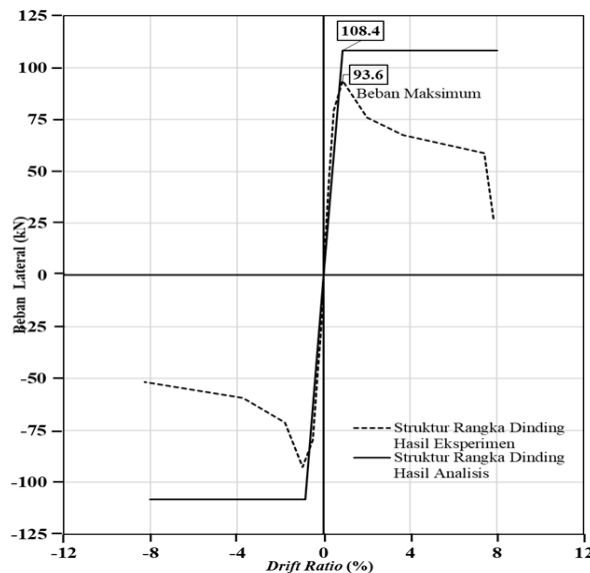
Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh hasil tinggi kontak antara dinding dan kolom didapat  $h_s = 203,6$  mm, maka lebar strut diagonal dinding,  $W = 312,73$  mm, gaya tekan diagonal pada dinding,  $C_s = 83,4$  kN, kekuatan lateral dinding bata hasil analisis,  $Q = 64,1$  kN. Kekuatan lateral hasil eksperimen,  $Q = 51,4$  kN, dari kedua nilai  $Q$  tersebut digabungkan kedalam grafik pada **Gambar 9**, untuk grafik hasil analisis menggunakan kurva bilinear. Dari hasil analitik yang telah didapatkan bahwa hasil analitik ini cukup mendekati dari hasil eksperimen. Dapat disimpulkan bahwa metoda analitikal ini bisa dipakai dalam studi kasus penelitian.





**Gambar 9:** Grafik Kapasitas Lateral Dinding Bata Dari Hasil Eksperimental dan Analisis

Dari hasil eksperimen dan hasil analitik kemudian dijadikan dalam bentuk grafik perpindahan dan beban berbentuk grafik bilinear. Selanjutnya dilakukan verifikasi dengan membandingkan hasil uji pada eksperimen yang sebelumnya. Dapat dilihat **Gambar 10** kekuatan lateral struktur rangka beton bertulang dengan dinding hasil eksperimen 93,6 kN dan hasil analitik sebesar 108,4 kN. Untuk mengetahui kekuatan lateral pada struktur rangka beton bertulang menggunakan Persamaan 10.



**Gambar 10:** Grafik Perbandingan Struktur Rangka Hasil Eksperimen Dengan Analisis

$$Q_u = \left( \frac{C_s \times \cos \theta}{2} \right) + (Q_{ut} + c_h \times H) + (Q_{uc} + c_h \times 0) \tag{10}$$

Dengan  $Q_u$  adalah Gaya geser pada kolom tarik dan  $Q_{uc}$  adalah Gaya geser pada kolom tekan

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penyajian data dan pembahasan sebelumnya maka dapat disimpulkan, kekuatan lateral dari struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata lebih besar dibandingkan dengan struktur rangka beton bertulang tanpa dinding. Serta kekuatan lateral dinding bata hasil eksperimen dengan hasil analitik

tidak jauh berbeda hasilnya. Bahwa metode analitikal ini bisa digunakan dalam studi kasus pengaruh dinding bata terhadap kekuatan struktur beton bertulang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, N., Kulkarni, P.B., Raut, P., 2013, Analysis of Masonry Infilled R.C Frame with and without Opening Including Soft Storey by using Equipvalent Diagonal Strut Method, *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 9.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-2847-2002. Jakarta: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- Bertero, V.V., and Brokken S.T., 1983, Infills in Seismic Resistant Building, *J. Struct. Eng.*, 109 (6), 1337-1361.
- Decanin, L., Mollaioli, F., Mura, A., Saragoni, R., 2004, *Seismic Performance of Masonry Infilled R/C Frames*, 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada.
- Koutromanos, I., 2011, *Numerical Analysis of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames Subjected to Seismic Loads and Experimental Evaluation of Retrofit Techniques*, PhD Dissertation, University of California.
- Leksono, Redha Sadhu, Data Iranata, dan Heppy Kristijanto. (2012). *Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271.
- Maidiawati. (2008), *Investigation And Analysis Of Buildings Damaged During The September 2007 Sumatra, Indonesia Earthquake*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering 2008; 7(2):371-378. DOI:10.31.30/jaabe.7.371
- Maidiawati, Sanada, Y., Konishi, D., and Tanjung, J., 2011, Seismic Performance of Nonstructural Brick Walls Used in Indonesian R/C Buildings, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 10(1), 203-210.
- Maidiawati, Oo, T., Sanada, Y., 2012, *A Simple Approach for Determining Contact Length between Frame and Infill of Brick Masonry Infilled R/C Frames*, Lisboa, Portugal :15<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering.
- Maidiawati, Sanada, Y., 2013, *Modeling of Brick Masonry Infill and Application to Analyses of Indonesian R/C Frame Buildings*, Sapporo, Japan: The Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural and Construction (EASC-13).
- Maidiawati, Jafril Tanjung, dan Hamdeni Medriosa. (2017). *Pengaruh Dinding Bata dengan Bukaan (Lobang) terhadap Ketahanan Lateral Struktur Rangka Beton Bertulang*. Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2017.24.25. Vol. 24 No. 2 Agustus 2017.
- Meharbi, A.B., Shing, P.B., 2003, Seismic Analysis of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames, *TMS Journal*.
- Murty, C.V., Jain, S.K., 2000., *Beneficial Influence of Masonry Infill Walls on Seismic Performance of RC Frame Buildings*, Auckland, New Zealand: 12<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering.
- Onrizal. 2018. *Ring of Fire dan Tsunami : Teknologi Alternatif dan Perlunya Edukasi bagi publik*. <https://www.mongabay.co.id/2018/10/03/ring-of-fire-dan-tsunami-teknologi-alternatif-dan-perlunya-edukasi-bagi-publik/>. Diakses pada tanggal 24 Maret 2019 pukul 17.10 WIB.
- Pereira, M.F.P, Pereira, M.F.N., Pereira, J.E.D., Lourenco, P.B., 2011, *Behavior of Masonry Infill Panels in RC Frames Subjected to In Plane and Out of Plane Loads*, 7<sup>th</sup> International Conference AMCM.
- Pujo, S., Climent, A.B., Rodriguez, M.E., Pardo, J.P.S., 2008, *Masonry Infill Walls: An Effective Alternative for Seismic Strengthening of Low-Rise Reinforced Concrete Building Structures*, Beijing, China: 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering.
- Tanjung, Jafril, Maidiawati. (2016). *Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang*. Vol. 23 No. 2 Agustus 2016.
- The Japan Building Disaster Prevention Association (2005), *English Version 1<sup>st</sup>, Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings*. Building Research Institute, Japan.
- Zovkic, J., Sigmund, V., Gulkas, I., 2012, *Cyclic Testing of a Single Bay Reinforced Concrete Frames with Various Types of Masonry Infill*, Earthquake Engng. Struct. Dyn. 2012; DOI:10.1002/eqe.2263.