

EVALUASI KAPASITAS SEISMIK BANGUNAN BETON BERTULANG EKSTING DI KOTA PADANG DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH DINDING BATA

Oleh :
Maidiawati¹⁾, Sukma Witjaya²⁾

¹⁾Dosen Teknik Sipil
²⁾Mahasiswa Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Penelitian ini memberikan hasil evaluasi kapasitas seismik bangunan beton bertulang eksisting di kota Padang. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kapasitas seismik bangunan antara tanpa dan dengan pengaruh dinding bata. Kapasitas seismik bangunan yang dinyatakan dalam hubungan indeks kekuatan lateral dan indeks daktilitas bangunan di evaluasi berdasarkan pada Standar Jepang, *The Japan Building Disaster Prevention Association, 2001*, sedangkan pengaruh dinding bata dihitung berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebelumnya. Sebagai hasilnya, kekuatan lateral bangunan dengan adanya dinding bata meningkat secara signifikan sampai rasio drift 0.8, akan tetapi pada rasio drift ini kekuatan lateral turun secara dratis saat dinding bata mengalami runtuh geser. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa dinding bata dalam struktur rangka dapat meningkatkan kapasitas seismik bangunan secara signifikan.

Kata kunci : bangunan beton bertulang, dinding bata, kapasitas seismik

1. Pendahuluan

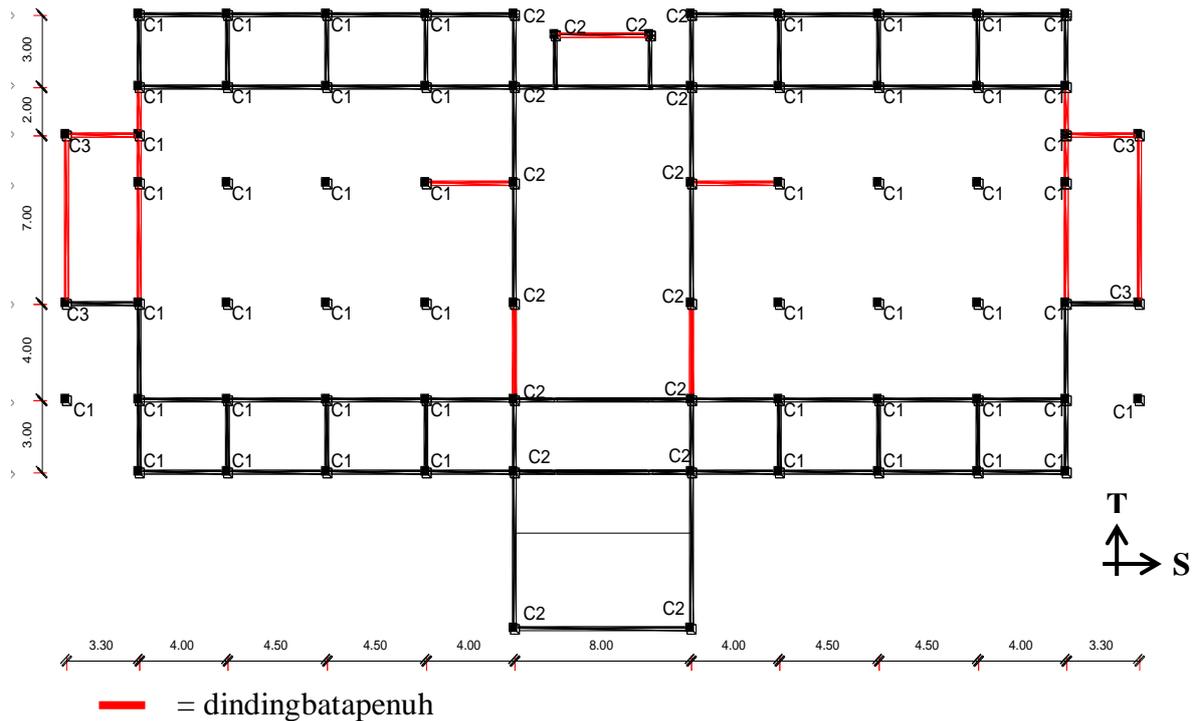
Sistem struktur rangka beton bertulang yang diisi dengan dinding bata tanpa tulangan (*RC frame with unreinforced brick masonry wall*) sangat banyak dan umum dipakai di Sumatera Barat, Indonesia. Berdasarkan peristiwa gempa yang terjadi dalam 1 (satu) dekade terakhir di Sumatera Barat, banyak bangunan beton bertulang yang rusak dan roboh, seperti kerusakan beberapa bangunan akibat gempa yang terjadi tahun 2007 dan 2009. Namun demikian beberapa bangunan rangka beton bertulang yang memiliki jumlah dinding bata yang banyak dalam struktur rangka dapat bertahan selama gempa (Maidiawati dkk, 2008) Sehingga kontribusi dinding bata terhadap kekuatan bangunan dalam menahan beban gempa menjadi topik yang menarik untuk dipelajari.

Dalam perencanaan struktur gedung beton bertulang terhadap beban siklik gempa, keberadaan dinding bata dalam struktur rangka selalu diabaikan pengaruhnya dengan menganggapnya hanya sebagai komponen tanpa penahan beban (*non-structure*). Berdasarkan pengujian struktur rangka beton bertulang tanpa dan dengan diisi dinding bata yang dilakukan oleh penulis (Maidiawati dkk, 2011), yang mendapatkan bahwa dinding pengisi bata dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur rangka beton bertulang akan tetapi mengurangi duktilitas struktur secara keseluruhan.

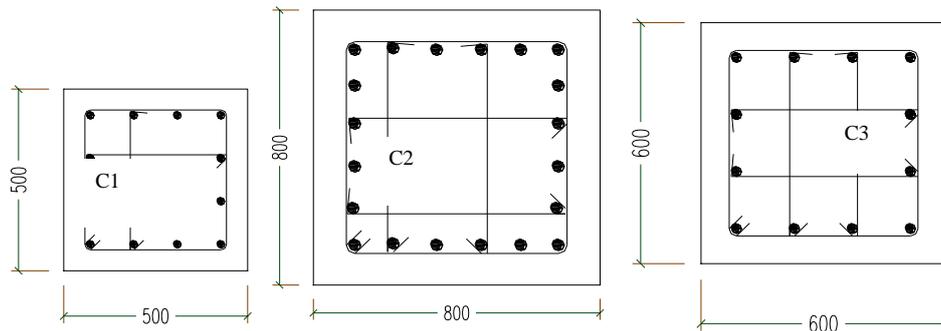
Berdasarkan hasil penelitian yang dijelaskan di atas dan pengalaman gempa yang pernah terjadi, maka kapasitas seismik bangunan beton bertulang eksisting di Padang, dimana daerah gempa resiko tinggi, sangat perlu dievaluasi dengan membandingkan antara kapasitas seismik bangunan tanpa dan dengan adanya pengaruh dinding bata.

2. Deskripsi Bangunan

Bangunan yang dievaluasi dalam penelitian adalah bangunan Dinas Peternakan Propinsi Sumatera Barat yang berlokasi di kota Padang kecamatan Padang Barat. Bangunan ini merupakan bangunan beton bertulang berlantai tiga yang dibangun setelah gempa Padang tahun 2009 dikarenakan kantor lama rusak berat akibat gempa Sumatera September 2009. Dinding bata digunakan sebagai dinding pengisi dalam beberapa struktur rangka seperti ditunjukkan dalam denah lantai 1 (satu) pada Gambar 1. Ada tiga tipe kolom pada bangunan ini yaitu C1, C2 dan C3 dengan ukuran masing-masing adalah 500x500 mm, 800x800 dan 600x600 mm. Detail penampang dan susunan tulangaditunjukkan dalam Gambar 2, dan data material struktur ditunjukkan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Denah Kolom dan Dinding



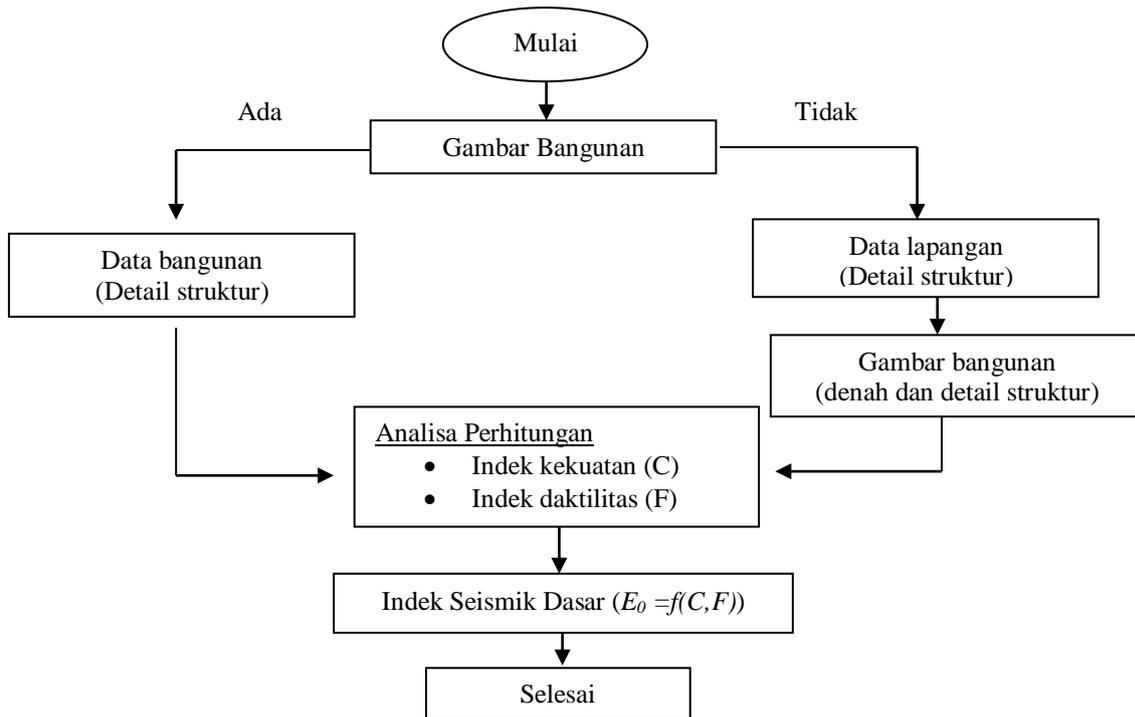
Gambar 2. Tipe dan Detail Tulangan Kolom

Tabel 1. Data Material

No.	Uraian	Kekuatan		
		C-1	C-2	C-3
	Kolom Lantai 1, 2 dan 3	C-1	C-2	C-3
1	Tulangan Utama	12 D 19	20 D 22	12 D 22
2	Tulangan sengkang	D 13 - 100	D 13 - 100	D 13 - 100
3	Kuat leleh tulang utama dan tulangan sengkang, f_y	343 (N/mm ²) & 294 (N/mm ²)		
4	Kuat tekan beton, f_c	30 (N/mm ²)		

3. Metoda Evaluasi Kapasitas Seismik Bangunan Eksisting

Kapasitas seismik bangunan dinyatakan dalam bentuk hubungan antara rasio indeks kekuatan dan indek daktilitas yang dihitung berdasarkan *The Japan Building Disaster Prevention Association* prosedur skrining kedua (JBDPA, 2001). Tahapan evaluasi kapasitas seismik bangunan eksisting ditunjukkan dalam *flowchart* Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Evaluasi Kapasitas Seismik Bangunan Beton Bertulang Eksisting

3.1. Indeks Kekuatan Kolom

Indeks kekuatan kumulatif, C merupakan jumlah indeks kekuatan dari kolom pada indeks daktilitas tertentu yang ditentukan dengan Persamaan (1) (The Japan Building Disaster Prevention Association, 2001).

$$C = \sum c_i C_i + \alpha_j \sum c_j C_j \quad (1)$$

$$c_i C_i = \frac{Q_u}{W} \quad (2)$$

Dimana $c_i C_i$: indeks kekuatan kolom yang memiliki indeks daktilitas yang sama yang dihitung dengan Persamaan (2), Q_u : $\text{Min} \{ Q_{mu}, Q_{su} \}$, M_u : momen ultimit diberikan dalam Persamaan (3), Q_{mu} : kuat lentur ultimit diberikan dalam Persamaan (4), Q_{su} : kuat geser ultimit dihitung dengan Persamaan (5), $c_j C_j$: indeks kekuatan kelompok- i anggota vertikal memiliki indeks daktilitas yang sama, α_j : faktor kekuatan efektif ditunjukkan dalam Tabel 2 (JBDPA, 2001), W : berat bangunan yang diasumsikan sebesar 12 kN/m^2 setiap luas lantai.

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y \cdot D + 0.5 \cdot N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right) \quad (3)$$

$$Q_{mu} = \frac{2M_u}{h_o} \quad (4)$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 P_t^{0.23} (18 + F_c)_t}{M / (Q \cdot d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{P_w \sigma_w} + 0.1 \sigma_o \right\} b \cdot j \quad (5)$$

Dimana a_t : luast tulangan tarik, σ_y : tegangan leleh tulangan longitudinal, b : lebar kolom, D : tebal kolom, N : gaya aksial kolom ($N = Ax12kN/m^2$), A : luas lantai yang didukung oleh masing-masing kolom, P_t : rasio tulangan tarik (%), P_w : rasio tulangan geser yang mana apabila nilai P_w bernilai lebih besar dari 0.012, maka nilai p_w yang digunakan adalah 0.012, σ_w : tegangan leleh

tulangan geser. σ_0 :tegangan aksial dari kolom. Jika nilai σ_0 bernilai lebih besar dari 8 N/mm², maka nilai σ_0 yang digunakan adalah 8 N/mm²;j: jarak antara center tulangan kearah luar selimut beton = 0,8 D.

Tabel 2. Faktor Kekuatan Efektif (α_j)

Nilai F_1 untuk gruppertama = 0.8 ($R_1 = R_{500} = 1/500$)					
	F_1		$F_1 = 0.8$		
	R_1		$R_1 = R_{500}$		
GrupKedua	Geser ($R_{su} = R_{250}$)		α_s		
	Geser ($R_{su} < R_{250}$)		α_s		
	Lentur ($R_{my} = R_{250}$)		0.65		
	Lentur ($R_{250} < R_{my} < R_{150}$)		α_m		
	Lentur ($R_{my} = R_{150}$)		0.51		
	Dindinggeserdanlentur		0.65		
Jikapadagruppertamanilai $F_1 \geq 1.0$ ($R_1 \geq R_{250} = 1/250$)					
	F_1	$F_1 = 1.0$	$1.0 < F_1 < 1.27$	$1.27 \leq F_1$	
	R_1	R_{250}	$R_{250} < R_1 < R_{150}$	$R_{150} \leq R_1$	
GrupKedua	Geser ($R_{su} = R_{250}$)		1.0	0.0	0
	Geser ($R_1 < R_{su}$)		α_s	α_s	0
	Lentur ($R_{my} < R_1$)		1.0	1.0	1.0
	Lentur ($R_1 < R_{my}$)		α_m	α_m	1.0
	Lentur ($R_{my} = R_{150}$)		0.72	α_m	1.0

Dimana:

$$\alpha_s = Q(F_1)/Q_{su} = \alpha_m Q_{mu}/Q_{su} \leq 1.0$$

$$\alpha_m = Q(F_1)/Q_{mu} = 0.3 + 0.7 \times R_1/R_{my}$$

3.2. Indeks Daktilitas Kolom

Indeks daktilitas, F merupakan indeks untuk kemampuan deformabilitas struktur kolom yang dihitung sesuai dengan spesifikasi struktural berdasarkan kekakuan, kekuatan, dimensi, bentuk keruntuhan dll (JBDPA, 2001). Berdasarkan bentuk keruntuhan kolom dibedakan atas kolom geser dan kolom lentur. Kolom geser yaitu kolom yang memiliki rasio kuat geser terhadap kuat lentur kurang dari satu ($Q_{su}/Q_{mu} < 1$), dan kolom lentur didefinisikan sebagai kolom yang memiliki rasio kuat geser dan kuat lentur besar dari satu ($Q_{su}/Q_{mu} > 1$). Besarnya indeks daktilitas untuk kolom geser diberikan dalam Persamaan (6) dan untuk kolom lentur ditentukan dengan Persamaan (7) untuk kasus $R_{mn} < R_y$ dan dengan Persamaan (8) untuk kasus $R_{mn} \geq R_y$ (The Japan Building Disaster Prevention Association, 2001)

$$F = 1 + 0.27 \frac{R_{su} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad (6)$$

$$F = 1 + 0.27 \frac{R_{mu} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad (7)$$

$$F = \sqrt{\frac{2R_{mu} / R_y - 1}{0.75(1 + 0.05R_{mu} / R_y)}} \leq 3.2 \quad (8)$$

Dimana :

$$R_{su} = cQ_{su} / cQ_{mu} - 0.3 \cdot R_{my} \geq R_{250} \text{ untuk } c\alpha \cdot cQ_{mu} < cQ_{su}$$

$$R_{su} = R_{250} \text{ untuk } c\alpha \cdot cQ_{mu} \geq cQ_{su}$$

$$R_{my} = (h_o/H_o) \cdot cR_{my} \geq R_{250}, \text{ dimana } h_o/H_o \leq 1.0$$

$$cR_{my} = cR_{150} \text{ untuk } h_o/D \geq 3.0$$

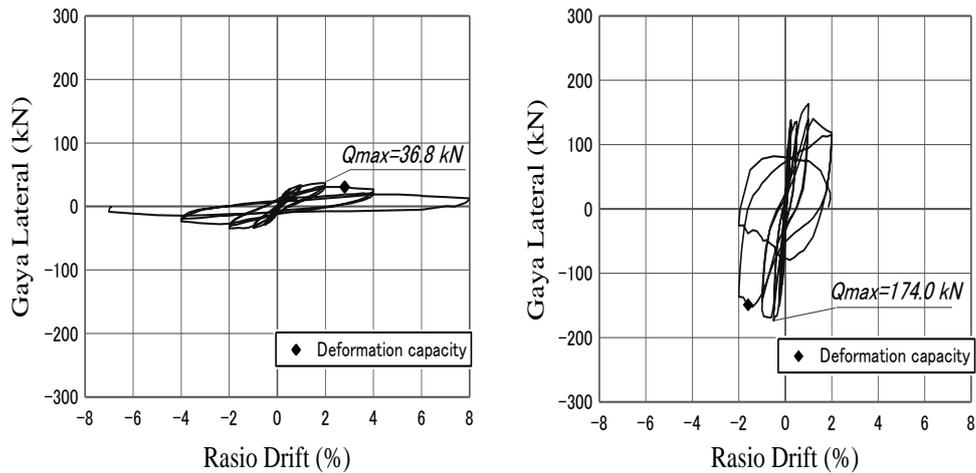
- cR_{my} = cR_{250} untuk $h_0/D \leq 2.0$
- cR_{my} = Nilai interpolasi dari $2.0 < h_0/D < 3.0$
- R_y = deformasi leleh yang secara prinsip diambil $R_y = 1/150$
- R_{mu} = $(h_0/H_0) \cdot cR_{mu} \geq R_{250}$
- cR_{mu} = $cR_{my} + cR_{mp} \leq cR_{30}$
- cR_{mp} = $10 (cQ_{su} / cQ_{mu} - q) \cdot cR_{my} \geq 0$
- q = 1.0 untuk $S \leq 100$ mm, s : jarak tulangan sengkang.
- q = 1,1 untuk $S > 100$ mm
- h_0 = Tinggi bersih dari kolom
- H_0 = Tinggi kolom yang dibatasi dari balok kolom atas dan plat lantai
- D = Tebal kolom
- cR_{150} = Nilai standar sudut deformasi kolom (diukur dari tinggi bersih kolom) yang bernilai 1/150
- cR_{250} = Nilai standar sudut deformasi kolom (diukur dari tinggi bersih kolom) yang bernilai 1/250
- R_{250} = Nilai standar dari sudut yang dibentuk saat terjadi deformasi tiap lantai
- cR_{my} = Nilai Yield drift angle dari kolom

Nilai cR_{mu} dan cR_{my} tidak harus tidak lebih besar cR_{max} yaitu nilai batas atas drift angle kolom lentur yang diambil sebagai nilai $\min\{cR_{max(n)}, cR_{max(s)}, cR_{max(t)}, cR_{max(b)}, cR_{max(h)}\}$, dapat ditentukan sebagai berikut :

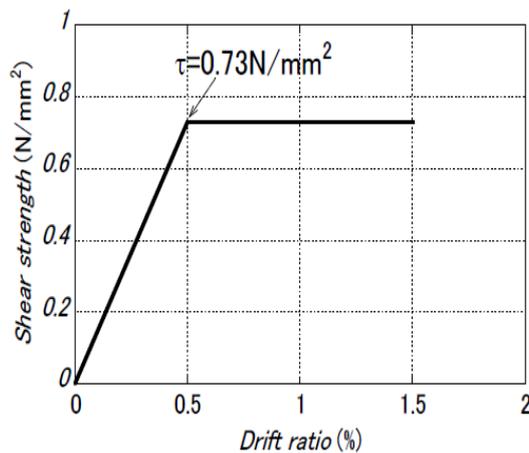
- a $cR_{max(n)}$ adalah batas atas drift angle kolom lentur yang ditentukan oleh gaya aksial
 - $cR_{max(n)} = R_{250}$ untuk $\eta > \eta_H$
 - $cR_{max(n)} = cR_{30} (cR_{250}) / (cR_{30}) \eta' \leq cR_{30}$ untuk lainnya
 Dimana :
 - $\eta = (\eta - \eta_L) (\eta_H - \eta_L)$
 - $\eta = N_s / (b \cdot D \cdot F_c)$
 - $\eta_L = 0,25$ dan $\eta_H = 0,5$ untuk $S \leq 100$ mm
 - $\eta_L = 0,2$ dan $\eta_H = 0,4$ untuk $S > 100$ mm
- b $cR_{max(s)}$ adalah batas atas drift angle kolom lentur yang ditentukan oleh gaya geser
 - $cR_{max(s)} = cR_{250}$ untuk $c\tau_u / F_c > 0,2$ dimana $c\tau_u$ = tegangan geser kolom yang diambil nilai $\min\{cQ_{mu} / (b \cdot j), cQ_{su} / (b \cdot j)\}$
 - $cR_{max(s)} = cR_{30}$ untuk yang lainnya.
- c $cR_{max(t)}$ adalah batas atas drift angle kolom lentur yang ditentukan berdasarkan rasio tulangan tarik.
 - $cR_{max(t)} = cR_{250}$ untuk $P_t > 1\%$
 - $cR_{max(t)} = cR_{30}$ untuk yang lainnya
- d $cR_{max(b)}$ adalah batas atas drift angle kolom lentur yang ditentukan berdasarkan jarak tulangan sengkang.
 - $cR_{max(b)} = cR_{50}$ untuk $S/db > 8$
 - $cR_{max(b)} = cR_{30}$ untuk kasus lainnya
- e $cR_{max(h)}$ adalah batas atas drift angle kolom lentur yang ditentukan berdasarkan tinggi bersih kolom
 - $cR_{max(h)} = cR_{250}$ untuk $h_0 / D \leq 2$
 - $cR_{max(h)} = cR_{30}$ untuk lainnya

3.3. Indeks Kekuatan dan Daktilitas Dinding Bata

Berdasarkan pengujian struktur rangka beton bertulang dengan dan tanpa diisi dengan dinding bata oleh Maidiawati dkk (Maidiawati dkk. 2012), didapatkan bahwa dinding bata dapat meningkatkan kekuatan lateral dan kekakuan struktur rangka namun menurunkan kemampuan duktilitas struktur seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Hasil tes mendapatkan besar tegangan geser dinding bata adalah sebesar 0,73 N/mm² seperti di tunjukan pada Gambar 5. Sedangkan daktilitas dinding bata, dengan asumsi bahwa dinding bata adalah elemen dengan material bersipat rapuh (*brittle*), maka berdasarkan standar Jepang dinding bata dikelompokkan pada elemen vertikal dengan daktilitas 0.8 (JBDEPA, 2001).



a) Struktur rangka tanpa dinding b) Struktur rangka dengan dinding
 Gambar 4. Hubungan Gaya Lateral dan Rasio Drift Struktur Rangka Beton Bertulang Tanpa dan Dinding Bata



Gambar 5. Tegangan Geser Dinding Bata

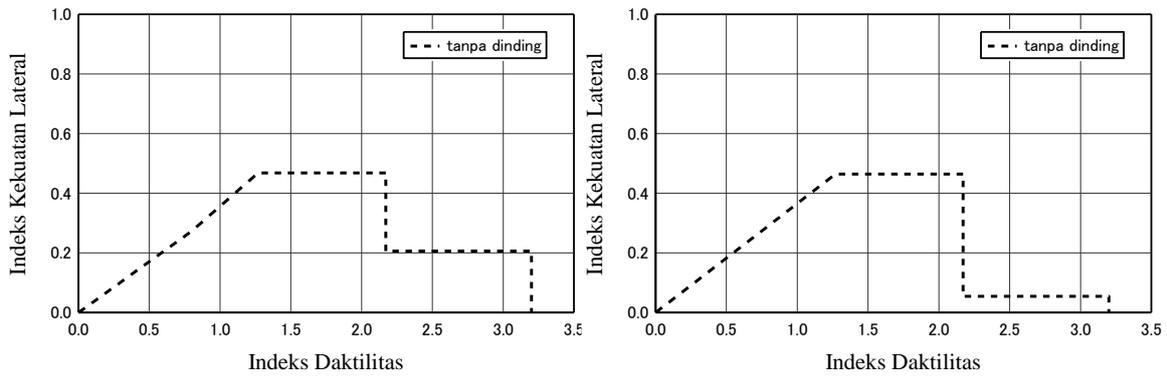
Dinding bata yang diperhitungkan dalam analisis ini adalah dinding penuh, sedangkan dinding dengan ada bukaan tidak memberikan kontribusi yang signifikan pada struktur rangka berdasarkan pada Referensi (Choi H, 2005). Sedangkan dinding dengan tinggi sebagian hanya diperhitungkan untuk tinggi bersih kolom.

4. Kapasitas Seismik Bangunan

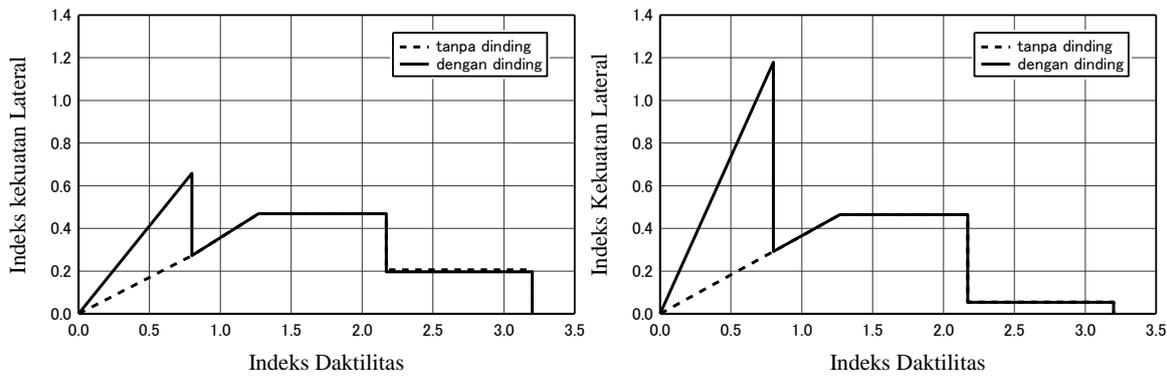
Kapasitas seismik bangunan kantor Peternakan Kota Padang dievaluasi dengan dinyatakan dalam bentuk hubungan indeks kekuatan dan indek daktilitas yang dihitung untuk dua arah, arah utara-selatan (U-S) dan arah Timur-Barat (T-B). Untuk kasus tanpa pengaruh dinding bata, kapasitas seismik bangunan ditunjukkan dalam Gambar 6. Garfik ini memberikan bahwa kekuatan bangunan tanpa pengaruh dinding bata memiliki indeks kekuatan lateral yang sama yaitu sebesar 0.46 untuk ke dua arah. Bangunan ini memiliki daktilitas yang cukup besar dimana kekuatan dapat bertahan sampai rasio drift lebih dari 2,0%.

Perbandingan kapasitas seismik bangunan dengan dan tanpa memperhitungkan pengaruh dinding bata ditunjukkan dalam Gambar 7. Dari gambar ini dapat dilihat dengan adanya dinding bata dalam struktur rangka dapat meningkatkan ketahanan lateral secara signifikan sampai rasio drift 0.8. Kekuatan lateral bangunan dalam T-B meningkat jauh lebih besar dibandingkan dalam arah U-S dikarenakan dalam arah tersebut jumlah dinding bata lebih banyak. Hasil evaluasi ini menunjukkan

bahwa dinding bata dalam struktur rangka dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan lateral bangunan secara keseluruhan



a) Arah Utara-Selatan (U-S) b) Arah Timur-Barat (T-B)
 Gambar 6. Hubungan Indeks Kekuatan dan Indeks Daktilitas Bangunan Tanpa Pengaruh Dinding Bata



a) Arah Utara-Selatan (U-S) b) Arah Timur-Barat (T-B)
 Gambar 7. Hubungan indeks kekuatan dan indeks daktilitas bangunan dengan dan tanpa pengaruh dinding bata

5. Kesimpulan

Berdasarkan evaluasi kapasitas bangunan gedung Kantor Peternakan Kota Padang dengan membandingkan tanpa dan dengan memperhitungkan pengaruh dinding bata, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kapasitas seismik bangunan tanpa memperhitungkan pengaruh dinding bata memiliki indeks kekuatan lateral dan daktilitas yang sama pada arah Timur-Barat dan arah Utara-Selatan.
2. Dinding bata dalam struktur rangka meningkatkan kekuatan lateral bangunan secara signifikan sampai dengan indeks daktilitas sebesar 0.8. Kekuatan lateral bangunan dengan adanya pengaruh dinding pada arah Utara-Selatan jauh lebih besar dari pada kekuatannya pada arah Timur-Barat dikarenakan jumlah dinding dalam arah Utara-Selatan jauh lebih banyak dari pada arah Timur-Barat.
3. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa keberadaan dinding bata pada bangunan beton bertulang berpengaruh terhadap kapasitas seismik bangunan secara signifikan.

Daftar Pustaka

- Choi H, Nakano Y, and Sanada Y. 2005. *Seismic Performance and Crack Pattern of Concrete Block Infilled Frames*. Bulletin of ERS; 38.
- Maidiawati and Yasushi Sanada 2008. *Investigation and Analisis of Buildings Damaged During The September 2007 Sumatera, Indonesia Earthquake*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 7,(2)371-378.

Maidiawati, Sanada Y, Yoshiko, Tanjung J. 2011. *Seismic Performance of Non Structural Brick Walls Used In Indonesian R/C Building*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering.10,(1), 203-210

The Japan Building Disaster Prevention Association. 2005. *Standart for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building*.