

Analisis Simpangan Pada Portal Terbuka Dan Portal Tertutup Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang

Desnalia¹⁾, Leonardus Setia Budi Wibowo²⁾, Didik Purwanto³⁾, Norman Ray⁴⁾

¹⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika
Jl, Sutorejo Prima Utara II No.1, Kalisari, Kec. Mulyorejo, Kota SBY, Jawa Timur 60112
Email: desnal562@gmail.com

²⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika
Jl, Sutorejo Prima Utara II No.1, Kalisari, Kec. Mulyorejo, Kota SBY, Jawa Timur 60112
Email: leonarduswibowo@widyakartika.ac.id

³⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika
Jl, Sutorejo Prima Utara II No.1, Kalisari, Kec. Mulyorejo, Kota SBY, Jawa Timur 60112
Email: didikitats@gmail.com

⁴⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika
Jl, Sutorejo Prima Utara II No.1, Kalisari, Kec. Mulyorejo, Kota SBY, Jawa Timur 60112
Email: gasman_f14@yahoo.com

Abstract

In designing structures such as portals, planning generally does not take into account filler components such as bricks as structural components, only considered non-structural components / flat sharing loads. In fact, the infill wall is composed of bricks with mortars which have a certain strength and rigidity. As a result, when an earthquake occurs, the most damage is to buildings with brick infill walls. In this study, two types of high-level building floors were made, namely 5 floors and 10 floors with 2 structural models of each level, namely the open and closed portal structure models that function as hotels using soft soil types in the Padang area, so the total structure model 2 structural models will be analyzed. The thickness of the wall is assumed to be an arrangement of half-brick walls with three barriers and four barriers. In the analysis of the brick wall structure is modeled as a diagonal compressed bracing equivalent to a brick wall (full brick) and then compared to a brick wall which is considered a flat sharing dead load (open portal). To analyze the behavior of this multi-story building structure, a Non-Linear (Pushover) static analysis will be carried out with the SAP 2000 assistance program. The results of the study showed the influence of strength and stiffness of the brick wall for the 5-way portal x was obtained by 71%, for the Y direction by 65%, while the 10-floor portal for x direction obtained the value of the brick wall stiffness by 58%, Y direction by 48%, and for portal 15 floors obtained strength and stiffness value of X direction by 52%, and for Y direction by 41%. The results of the study also showed that the structure of a closed portal with a brick wall has a better structural behavior compared to an open frame portal structure, this is indicated in the deviation value, a closed portal structure has a smaller value than an open portal structure. From the comparison of closed portal structures with brick walls, it can be concluded that the value of the rigidity of a structure is influenced by the span length and thickness of the brick wall. The bigger and thicker the dimensions of the brick wall, the greater the strength and stiffness values affect a reinforced concrete structure. This can be seen in the results of the ATC-40 pushover curve value, the value of the X direction brick wall with a span length of 5 m is greater than the value of the Y direction brick wall with a span length of 4 m.

Keywords: Pushover Analysis; Brick Walls; Reinforced Concrete

Abstrak

Dalam mendesain suatu struktur seperti portal, para perencanaan umumnya tidak memperhitungkan komponen dinding pengisi seperti batu bata sebagai komponen struktural, hanya dianggap sebagai komponen non struktural/beban berbagi rata. Pada kenyataannya, dinding pengisi tersusun atas batu bata dengan mortar yang memiliki kekuatan dan kekakuan tertentu. Akibatnya pada saat terjadi gempa, kerusakan terbanyak yang terjadi adalah pada bangunan dengan dinding pengisi batu bata. Dalam studi ini dibuat 2 jenis tinggi tingkat lantai bangunan yaitu 5 lantai dan 10 lantai dengan 2 model struktur setiap tingkatnya yaitu dengan model struktur portal terbuka dan tertutup yang berfungsi sebagai hotel dengan menggunakan jenis tanah lunak di daerah Padang, jadi total model struktur yang akan dianalisis adalah sejumlah 4 model. Ketebalan dinding di asumsikan sebagai susunan dinding setengah bata dengan tiga pembatas dan empat pembatas. Pada analisis struktur dinding bata dimodelkan sebagai *bracing* tekan diagonal setara dengan dinding bata (bata penuh) lalu akan dibandingkan dengan dinding bata yang dianggap sebagai beban mati berbagi rata (portal terbuka). Untuk menganalisis perilaku struktur gedung bertingkat ini akan dilakukan analisis statik Non-Linier (*Pushover*) dengan program bantu SAP 2000. Hasil studi menunjukkan besar pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata untuk portal 5 lantai arah x diperoleh sebesar 71%, untuk arah Y sebesar 65%, sedangkan portal 10 lantai arah x diperoleh nilai kekakuan dinding batanya sebesar 58%, arah Y 48%, dan untuk portal 15 lantai diperoleh nilai kekuatan dan kekakuan arah X sebesar 52%, dan untuk arah Y sebesar 41%. Hasil studi juga menunjukkan bahwa stuktur portal tertutup dengan dinding pengisi batu bata memiliki perilaku stuktur yang lebih baik dibandingkan dengan stuktur portal rangka terbuka, hal ini ditunjukkan pada nilai simpangan, stuktur portal tertutup mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan stuktur portal terbuka. Dari hasil perbandingan stuktur portal tertutup dengan dinding bata, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kekakuan suatu struktur dipengaruhi oleh panjang bentang dan tebal dinding bata. Semakin besar dan tebal sebuah dimensi dinding bata semakin, maka semakin besar pula nilai kekuatan dan kekakuannya mempengaruhi sebuah struktur beton bertulang. Hal ini dapat dilihat pada hasil nilai kurva *pushover* ATC-40, nilai dinding bata arah X dengan panjang bentang 5 m lebih besar dibandingkan dengan nilai dinding bata arah Y dengan panjang bentang 4 m.

Kata kunci: *Pushover analysis*; Dinding Bata; Beton Bertulang.

PENDAHULUAN

Dalam mendesain suatu struktur seperti portal, para perencana umumnya tidak memperhitungkan komponen dinding pengisi seperti batu bata sebagai komponen struktural (dianggap sebagai komponen *non structural*/beban terbagi rata). Pada kenyataannya, dinding pengisi tersusun atas batu bata dengan mortar yang memiliki kekuatan dan kekakuan tertentu. Menurut Leksono dkk (2012), dinding pengisi batu bata ini juga memiliki kecenderungan untuk berinteraksi bersama portal yang ditempatinya, terutama bila terkena gaya lateral (akibat gempa) yang cukup besar.

Meskipun telah dipahami oleh banyak orang bahwa perilaku suatu rangka dengan dinding akan sangat berbeda kalau digoncang gempa dibandingkan dengan perilaku rangka saja (Boen, 2007), kekuatan dinding bata masih saja diabaikan. Hal ini dikarenakan masih belum ada peraturan yang mengatur tentang hal ini. Namun perilaku portal dengan dinding bata terhadap pembebanan lateral telah lama diselidiki.

Dalam penelitian ini akan dianalisis pengaruh dinding bata pada suatu struktur gedung bertingkat terhadap simpangan yang terjadi. Pada portal tertutup, dinding bata dianggap sebagai struktur tekan dan akan dimodelkan dengan batang diagonal, lalu dibandingkan dengan dinding bata yang hanya dianggap sebagai beban mati terbagi rata (portal terbuka). Analisis struktur menggunakan program bantu SAP2000.

METODE PENELITIAN

Data perencanaan

Beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

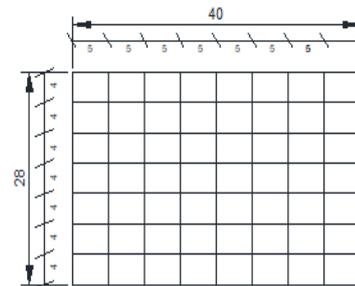
1. Lokasi bangunan : Padang, Sumatra barat.
2. Fungsi bangunan : Hotel
3. Struktur bangunan : Portal Terbuka dan Portal Tertutup (dinding pengisi)
4. Jumlah lantai : 5 lantai dan 10 lantai
5. Tinggi total bangunan :
 5 lantai = 17,5 m
 10 lantai = 35 m
6. Mutu baja tulangan (f_y) : 400 MPa (ulir)
7. Mutu beton (f_c') : 35 MPa
8. Kondisi tanah : Tanah lunak
9. Lebar bangunan : 40 m
10. Panjang bangunan : 28 m
11. Tinggi bangunan per lantai : 3,1 m

Dimensi struktur yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada tabel 1.

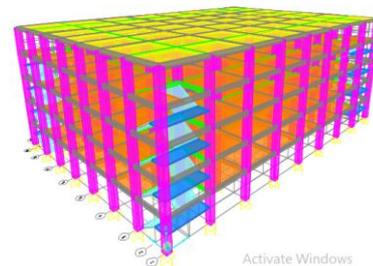
Tabel 1. Dimensi Struktur

Elemen struktur	5 lantai	10 lantai
Balok Induk	210 x 420 mm	300 x 500 mm 210 x 420 mm
Kolom	600 x 600 mm	600 x 600 mm
Pelat Lantai	120 mm	120 mm
Pelat Atap	100 mm	100 mm

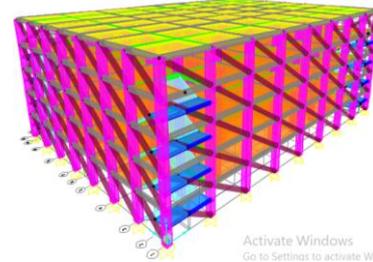
Denah struktur bangunan dapat dilihat pada gambar 1 dan pemodelan struktur pada software bantu SAP2000 dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 1. Denah Struktur

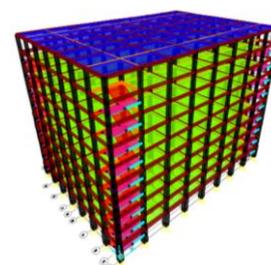


a. Portal Terbuka

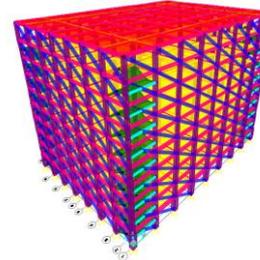


b. Portal tertutup

Gambar 2. Pemodelan 3 dimensi struktur 5 lantai



a. Portal Terbuka



b. Portal tertutup

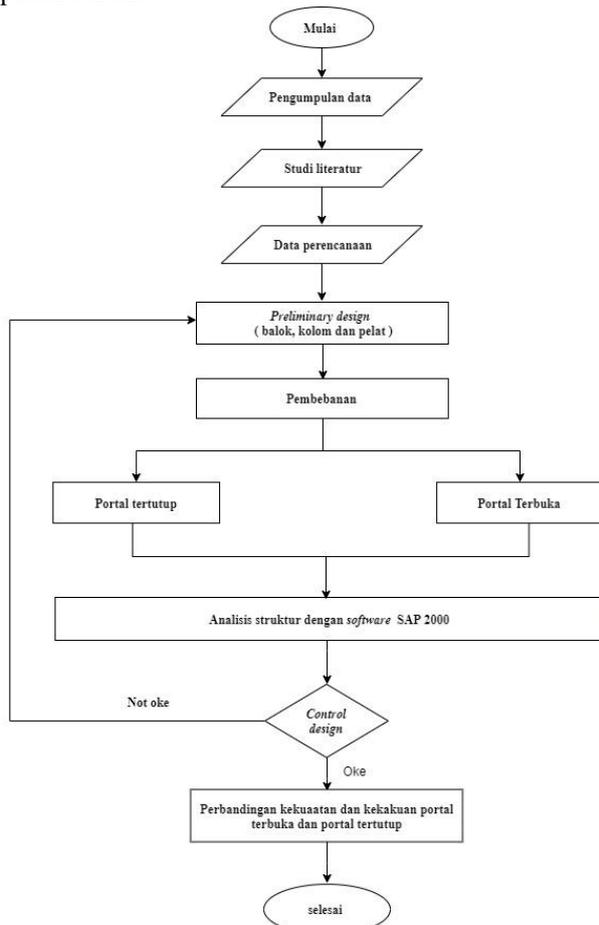
Gambar 3. Pemodelan 3 dimensi struktur 10 lantai

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis struktur yaitu:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D ± 1,0E + 0,5L
- 0,9D ± 1,0E

Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Penelitian berikut menjelaskan metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary design dinding bata

Pada perencanaan desain struktur ini, dinding bata dimodelkan sebagai *bracing diagonal* tekan dengan bentuk bulat solid. Material yang digunakan dalam analisis menggunakan nilai dari penelitian dari Dewy (2012), antara lain sebagai berikut:

- Berat jenis beton = 22.72 kN/m³ (setengah bata)
 Mutu beton (f_c') = 7 MPa (dinding bata)
 Modulus elastisitas (E) = 2237 (Essy dalam yohanes, 2010)
 v (*passion ratio*) = 0.15 (Chen 2003)

Menentukan dimensi *bracing*

Dinding bata direncanakan menggunakan dinding dengan susunan setengah bata, dengan bentang (Wb) 5 m dan 4 m. Perhitungan dimensi *bracing* dianalisis berdasarkan penelitian dari Chen (2003).

Dinding bata dengan 4 pembatas

Dinding bata arah X

$$\lambda = \left(\frac{5}{4} + \frac{3}{2}v\right)\frac{Wb}{Hb} + \left(2 + \frac{7}{4}V\right)\frac{Hb}{Wb} + \left(2 + \frac{3}{2}V\right)\frac{Hb^3}{Wb^3}$$

syarat dinding bata (mm) yaitu $0.5 \leq \left(\frac{Hb}{Wb}\right) \leq 2.0$

$$\text{Dinding bata} = \left(\frac{Hb}{Wb}\right) = \left(\frac{3100}{5000}\right) = 0.62 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

$$\lambda = \left(\frac{5}{4} + \frac{3}{2} \cdot 0.15\right)\frac{5000}{3100} + \left(2 + \frac{7}{4} \cdot 0.15\right)\frac{3100}{5000} + \left(2 + \frac{3}{2} \cdot 0.15\right)\frac{3100^3}{5000^3}$$

$$\lambda = 4.312$$

$$\emptyset = \tan^{-1}\left(\frac{Hb}{Wb}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3100}{5000}\right) = 31.799$$

$$L_d = \sqrt{Wb^2 + Hb^2} = \sqrt{5000^2 + 3100^2} = 5883.027 \text{ mm}$$

Dinding dengan susunan setengah bata

T_b = ketebalan dinding bata (mm)

T_b = 110 mm (Leksono dkk)

$$A_d = \frac{L_d T_b}{\lambda \cos^2 \emptyset} = \frac{5883.027 \times 110}{4.312 \cos^2 31.799} = 207767.2945 \text{ mm}^2 = 0.2078 \text{ m}^2$$

Maka,

$$A_d = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$0.2078 = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d = 0.52 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh diameter *bracing* tekan untuk dinding pasangan bata arah X dengan 4 pembatas sebesar **0.52 m**

Dinding bata arah Y

$$\lambda = \left(\frac{5}{4} + \frac{3}{2}v\right)\frac{Wb}{Hb} + \left(2 + \frac{7}{4}V\right)\frac{Hb}{Wb} + \left(2 + \frac{3}{2}V\right)\frac{Hb^3}{Wb^3}$$

syarat dinding bata (mm) yaitu $0.5 \leq \left(\frac{Hb}{Wb}\right) \leq 2.0$

$$\text{Dinding bata} = \left(\frac{Hb}{Wb}\right) = \left(\frac{3100}{4000}\right) = 0.775 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

$$\lambda = \left(\frac{5}{4} + \frac{3}{2} \cdot 0.15\right)\frac{4000}{3100} + \left(2 + \frac{7}{4} \cdot 0.15\right)\frac{3100}{4000} + \left(2 + \frac{3}{2} \cdot 0.15\right)\frac{3100^3}{4000^3}$$

$$\lambda = 4.693$$

$$\emptyset = \tan^{-1}\left(\frac{Hb}{Wb}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3100}{4000}\right) = 37.776$$

$$L_d = \sqrt{Wb^2 + Hb^2} = \sqrt{4000^2 + 3100^2} = 5060.6324 \text{ mm}$$

Dinding dengan susunan setengah bata

T_b = ketebalan dinding bata (mm)

T_b = 110 mm (Leksono dkk)

$$A_d = \frac{L_d T_b}{\lambda \cos^2 \emptyset} = \frac{5060.6324 \times 110}{4.693 \cos^2 37.776} = 189878.3618 \text{ mm}^2 = 0.1899 \text{ m}^2$$

Maka,

$$A_d = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$0.1899 = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d = 0.49 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh diameter *bracing* tekan untuk dinding pasangan bata arah Y dengan 4 pembatas sebesar **0.49 m**

Kekuatan dan deformasi dinding bata

Tabel 2 : Gaya aksial bracing

Keterangan	Nilai (kg)	Nilai (N)
dinding bata arah X	17330.16	173301.6
dinding bata arah Y	14290.21	142902.1

Nilai dinding bata diatas diperoleh dari gaya aksial bracing portal tertutup pada SAP 2000.

Dinding bata arah X

$$\text{Setengah bata : } \tan \theta = \frac{2(h+gh)}{l+gv} = \frac{2(50+65)}{230+35} = 0.87$$

$$\tan \theta = \frac{Hb}{Wb} = \frac{3100}{4000} = 0.62 \text{ mm}$$

$$H_1 = Wb \tan \theta = 4000 \times 0.62 = 3100 \text{ mm}$$

$$H_2 = 0.5 Wb \tan \theta < Hb \\ = 1550 \text{ mm} < 3100 \text{ mm}$$

$$\tau_f = 0.0025 (f_{mc})^{0.885} + (0.654 + 0.00515 f_{mc}) \frac{N}{Ad} \\ = 0.0025 (10)^{0.885} + (0.654 + 0.00515$$

$$(10) \frac{173301.6 \text{ N}}{207800 \text{ mm}} = 0.6075$$

$$f_{mbt} = 0.232 (f_{mc})^{0.338} = 0.232 (10)^{0.338} = 0.51 \text{ MPa}$$

$$f_{bt} = 0.22 f_{bc} = 0.22 \times 7 = 1.54 \text{ MPa}$$

Dinding batu bata dengan 4 pembatas

$$V_n = Tb (Wb \cdot \tau_f + H2 \cdot \alpha \cdot f_{mbt})$$

$$V_n = 110 (5000 \times 0.6075 + 3100 \cdot 0.45 \cdot 0.51) \\ = 372921.11 \text{ N}$$

$$V_r = \tau_f \cdot Wb \cdot Tb \\ = 0.0422 \times 5000 \times 110 \\ = 334157.3 \text{ N}$$

Dinding bata dengan 3 pembatas

$$V_n = Tb (Wb \cdot \tau_f + H2 \cdot \alpha \cdot f_{mbt}) \\ = 372921.11 \text{ N}$$

$$V_r = \tau_f \cdot Wb \cdot Tb \\ = 334157.3 \text{ N}$$

Pemodelan Dinding bata arah Y

$$\text{Setengah bata : } \tan \theta = \frac{2(h+gh)}{l+gv} = \frac{2(50+65)}{230+35} = 0.87$$

$$\tan \theta = \frac{Hb}{Wb} = \frac{3100}{5000} = 0.775 \text{ mm}$$

$$H_1 = Wb \tan \theta = 5000 \times 0.62 = 3100 \text{ mm}$$

$$H_2 = 0.5 Wb \tan \theta < Hb \\ = 1550 \text{ mm} < 3100 \text{ mm}$$

$$\tau_f = 0.0025 (f_{mc})^{0.885} + (0.654 + 0.00515 f_{mc}) \frac{N}{Ad} \\ = 0.0025 (10)^{0.885} + (0.654 + 0.00515$$

$$(10) \frac{142902.1 \text{ N}}{189900 \text{ mm}} = 0.5501$$

$$f_{mbt} = 0.232 (f_{mc})^{0.338} = 0.232 (10)^{0.338} = 0.51 \text{ MPa}$$

$$f_{bt} = 0.22 f_{bc} = 0.22 \times 7 = 1.54 \text{ MPa}$$

Dinding bata arah Y

Dinding batu bata dengan 4 pembatas

$$V_n = Tb (Wb \cdot \tau_f + H2 \cdot \alpha \cdot f_{mbt}) \\ = 280799.5373 \text{ N}$$

$$V_r = \tau_f \cdot Wb \cdot Tb \\ = 242035.9 \text{ N}$$

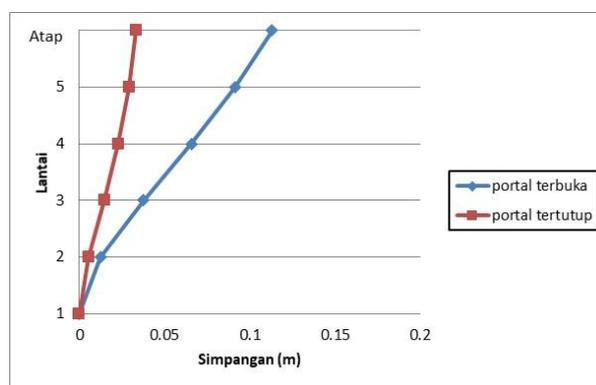
Dinding bata dengan 3 pembatas

$$V_n = Tb (Wb \cdot \tau_f + H2 \cdot \alpha \cdot f_{mbt}) \\ = 280799.5373 \text{ N}$$

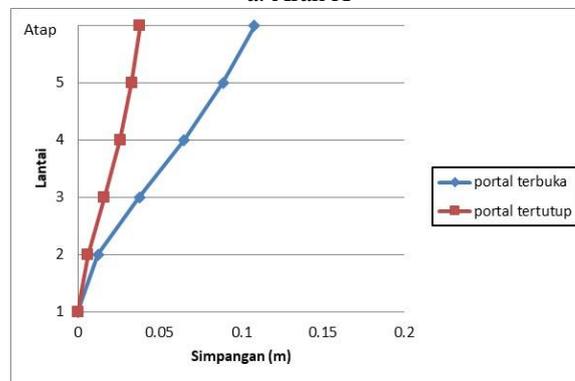
$$V_r = \tau_f \cdot Wb \cdot Tb \\ = 242035.9 \text{ N}$$

Bangunan Beton Bertulang 5 lantai

a. Perpindahan Lateral dan Drift Ratio 5 lantai



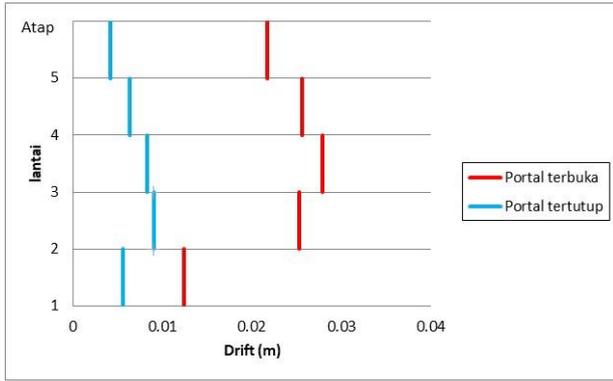
a. Arah X



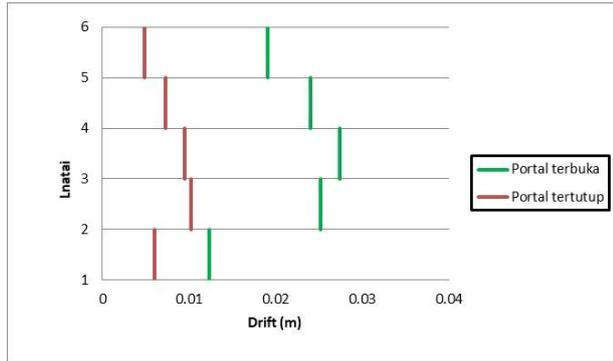
b. Arah Y

Gambar 5. Perpindahan Lateral Bangunan 5 Lantai

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai portal terbuka mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai portal tertutup baik arah X maupun arah Y, artinya stuktur portal tertutup dengan dinding pengisi batu bata memiliki perilaku stuktur yang lebih baik dibandingkan dengan stuktur portal rangka terbuka.



a. Arah X



b. Arah Y

Gambar 6. *Drift Ratio* Bangunan 5 lantai

Sama halnya dengan nilai perpindahan lateral, pada gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai portal terbuka mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai portal tertutup.

b. Level Kinerja Stuktur Berdasarkan ATC 40

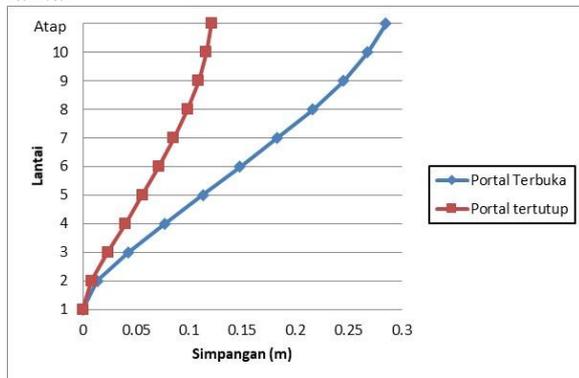
Tabel 3. Level kinerja struktur 5 lantai

Tipe Gedung	Nilai Performance Point		Tinggi Gedung (m)	Drift Aktual		Kategori	
	X	Y		X	Y	X	Y
Portal Terbuka	0.076	0.068	15.5	0.0049	0.0044	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>
Portal Tertutup	0.045	0.05		0.0029	0.0032	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>

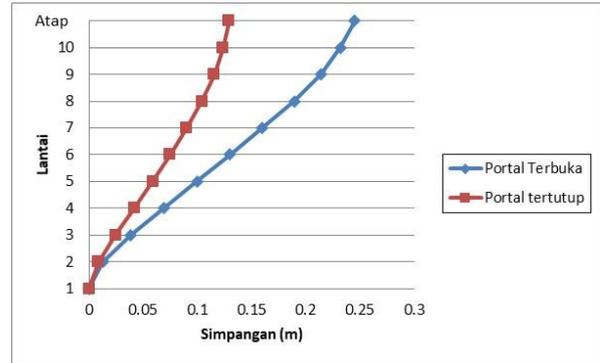
Pada tabel 3 hasil studi kasus pada bangunan gedung 5 lantai berdasarkan ATC 40 bahwa gedung berada dalam tingkat kinerja *Immediate Occupancy*.

Bangunan Beton Bertulang 10 lantai

a. Perpindahan Lateral dan Drift Ratio bangunan 10 lantai



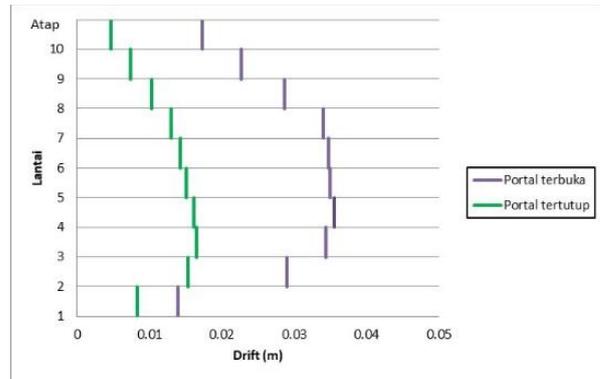
a. Arah X



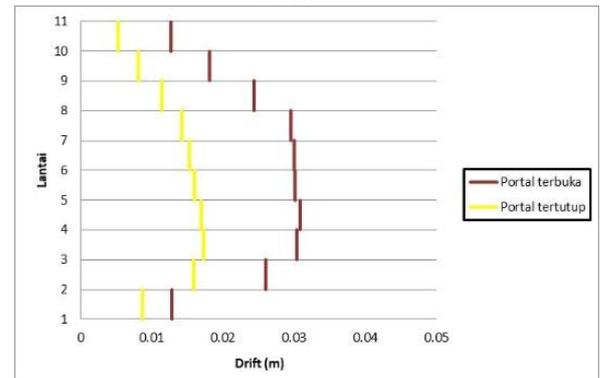
b. Arah Y

Gambar 7. Perpindahan Lateral Bangunan 10 Lantai

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai portal terbuka mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai portal tertutup baik arah X maupun arah Y, artinya struktur portal tertutup dengan dinding pengisi batu bata memiliki perilaku struktur yang lebih baik dibandingkan dengan struktur portal rangka terbuka.



a. Arah X



b. Arah Y

Gambar 8. *Drift Ratio* Bangunan 10 lantai

Sama halnya dengan nilai perpindahan lateral, pada gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai portal terbuka mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai portal tertutup. Pada gambar 7 juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi suatu bangunan, maka nilai *drift ratio* yang diperoleh struktur semakin besar.

b. Level Kinerja Stuktur Berdasarkan ATC 40

Tabel 4. Level kinerja struktur 10 lantai

Tipe Gedung	Nilai Performance Point		Tinggi Gedung (m)	Drift Aktual		Kategori	
	X	Y		X	Y	X	Y
	Portal Terbuka	0.106		0.098	31	0.0034	0.0032
Portal Tertutup	0.074	0.077	0.0024	0.0025		Immediate Occupancy	Immediate Occupancy

Jadi, hasil studi kasus pada bangunan gedung 10 lantai berdasarkan ATC 40 bahwa gedung berada dalam tingkat kinerja *Immediate Occupancy*.

Nilai Perpindahan pada Atap

Dari hasil analisis, didapatkan nilai perpindahan pada atap seperti ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata

Tingkat lantai	Portal Terbuka		Portal Tertutup	
	Arah X (m)	Arah Y (m)	Arah X (m)	Arah Y (m)
5 lantai	0.0205	0.0197	0.0061	0.0069
10 lantai	0.0519	0.045	0.0220	0.0235

Analisis dengan menggunakan portal tertutup pada bangunan 5 lantai bisa mereduksi perpindahan atap sebesar 70.5% pada arah X dan sebesar 64.9% pada arah Y. Untuk bangunan 10 lantai, portal tertutup mampu mereduksi perpindahan atap sebesar 57.6% pada arah X dan 47.3% pada arah Y. Berdasarkan prosentase perbandingan bangunan 5 lantai dan 10 lantai yang menggunakan portal terbuka dan portal tertutup, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi suatu bangunan, maka pengaruh stuktur portal tertutup dengan dinding pengisi batu bata semakin kecil.

KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan analisis pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa besar pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata untuk portal 5 lantai arah x diperoleh sebesar 71%, untuk arah Y sebesar 65%, sedangkan portal 10 lantai arah x diperoleh nilai kekakuan dinding batanya sebesar 58%, arah Y 48%, dan untuk portal 15 lantai diperoleh nilai kekuatan dan kekakuan arah X sebesar 52%, dan untuk arah Y sebesar 41%. Hasil studi menunjukkan bahwa stuktur portal tertutup dengan dinding pengisi batu bata memiliki perilaku stuktur yang lebih baik dibandingkan dengan stuktur portal rangka terbuka, hal ini ditunjukkan pada nilai simpangan, stuktur portal tertutup mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan stuktur portal terbuka.

Semakin tinggi suatu bangunan, maka pengaruh stuktur portal tertutup dengan dinding pengisi batu bata semakin kecil pula.

Dari hasil perbandingan stuktur portal tertutup dengan dinding bata, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kekakuan suatu stuktur dipengaruhi oleh panjang bentang dan tebal dinding bata. Semakin besar dan tebal sebuah dimensi dinding bata semakin, maka semakin besar pula nilai kekuatan dan kekakuannya mempengaruhi sebuah stuktur beton bertulang. Hal ini dapat dilihat pada hasil nilai kurva *pushover* ATC-40, nilai dinding bata arah X dengan panjang bentang 5 m lebih besar dibandingkan dengan nilai dinding bata arah Y dengan panjang bentang 4 m. Selain dapat dilihat dari hasil nilai kurva *pushover* ATC-40, nilai kekuatan dan kekakuannya juga dapat dilihat dari kondisi keruntuhan saat *performance point*, dinding bata arah Y dengan panjang bentang 4 m lebih cepat mengalami pelepasan dibandingkan dengan dinding bata arah X dengan panjang bentang 5 m.

Semua hasil kinerja stuktur pada saat *performance point* baik stuktur portal terbuka dan stuktur portal tertutup tidak ada yang melebihi *range Immediate Occupancy – life safety*.

Semua bangunan masuk pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy*.

DAFTAR PUSTAKA

- ATC 40, 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Redwood City, California, USA.
- Boen, T. 2007. *Engineering Non-Engineered Buildings, from NonEngineered to 3D Non-Linear Analysis*, Performance Based Design Seminar dan Pameran HAKI.
- BSN. 2012. SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk stuktur bangunan gedung dan non gedung, Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2013. SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan stuktur lain, Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2013. SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, Badan Standardisasi Nasional.
- Dewi, Rany Rakitta. Studi pengaruh perilaku model panel dinding bata pengisi pada stuktur beton bertulang[internet].[diunduh 2016 mei 17]; tersedia pada <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-17657-Paper-954296.pdf>
- Frapanti, Sri 2016. Analisa portal yang mempengaruhi kekakuan dinding bata pada bangunan betingkat dengan pushover.(agust 2016)[internet]. [Diunduh 2019 oktober 09]; tersedia pada <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/66513>
- Lumantarna, Benjamin. 2008 . *Perkembangan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa . 40 th Teknik Sipil* Untar, Construction and Global Warming Issues. Jakarta, 17 Oktober.

PPIUG: 1983 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.

Shadu, Redha dkk.2012.Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata pada Bangunan Bertingkat (sept 2012)[internet].[diunduh 2019 mei 06]; Vol. 1, No. 1, (Sept.2012) ISSN: 2301-9271. Tersedia pada :<http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/1024/400>.

Wang, Chu-Kia. 1994. *Analisa stuktur lanjutan*. Bandung: Chu-kia wang dkk.