



## **STUDI PERHITUNGAN KEKAKUAN PORTAL DINDING BATA PADA BANGUNAN BERTINGKAT DARI BEBERAPA NEGARA DENGAN PUSHOVER**

**Sri Frapanti**

Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMSU, Medan

Surel : *sriprafanti89448@gmail.com*

Diterima : 13 April 2018; Disetujui : 28 Mei 2018

### **ABSTRAK**

Penerapan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam bidang pembangunan konstruksi teknik sipil mengalami perkembangan yang pesat dengan berkembangnya zaman sehingga menuntut kita untuk lebih kreatif terutama dalam hal perancangan struktur. Di Indonesia, tantangan yang dihadapi dalam konstruksi gedung bertingkat adalah adanya resiko akibat gempa. Salah satu metode untuk menganalisis beban gempa adalah analisis *pushover*. Analisis *pushover* merupakan prosedur analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa. Penelitian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kekakuan dan kekuatan dinding dengan melakukan eksperimen kuat tekan dari beberapa tipe batu bata yang diambil benda uji batu bata dari Lubuk Pakam dan dibandingkan dengan beberapa negara. Struktur bangunan dimodelkan sebagai portal 2 dimensi yang terdiri dari 2 variasi model dengan 1 bentang dan 3 bentang yaitu Portal terbuka, Portal ber dinding, dengan menggunakan analisa *Pushover* dan bantuan Program ETABS. Hasil analisis dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kontribusi dinding pengisi yang terbuat dari dinding bata mempengaruhi kekakuan lateral struktur bangunan.

**Kata Kunci** : Portal Terbuka, Portal Berdinding, Tipe Batu Bata, Analisis *Pushover*, Kekakuan Elastis Dan Pasca Elastis

### **ABSTRACT**

*Developed rapidly with the development of the era that requires us to be more creative especially in terms of structural design. In Indonesia, the challenge faced in the construction of high-rise buildings is the risk due to the earthquake. One method to analyze earthquake loads is pushover analysis. Pushover analysis is an analytical procedure to determine the collapse behavior of a building against earthquake. The research was conducted to find out how big the effect of stiffness and strength of the wall by doing a compressive strength experiment of some brick type taken by brick test object from Lubuk Pakam and compared with some countries. The structure of the building is modeled as a 2-dimensional portal consisting of 2 variations of the model with 1 span and 3 spans of open portal, walled portal. using Pushover analysis and ETABS Program assistance. The results of the analysis in this study indicate that the contribution of wall filler made of brick walls affect the lateral stiffness of the building structure.*

**Keywords:** *Open Portal, Walled Portal, Brick Type, Pushover Analysis, Elastic Stiffness And Post Elastic.*

## 1. Pendahuluan

Dinding pengisi tersebut dipasang apabila struktur utama dikerjakan, jadi pelaksanaannya bersamaan dengan pelaksanaan finishing bangunan. Oleh sebab itu, dalam perencanaannya dianggap sebagai komponen non-struktur, bahkan keberadaannya tidak menjadi permasalahan dalam pemodelan struktur asalkan intensitas beban yang timbul sudah diantisipasi terlebih dahulu (misal, dianggap beban merata). Meskipun dikategorikan sebagai komponen non-struktur tetapi mempunyai kecenderungan berinteraksi dengan portal yang ditempatinya terutama bila ada beban horizontal (akibat gempa) yang besar.

Dalam beberapa kasus gempa, dapat diamati mekanisme keruntuhan *soft-story* tersebut menyebabkan pengaruh yang sangat berbahaya. Gempa memberikan beban lateral pada bangunan yang akan diterima oleh balok-kolom. Keruntuhan *soft-story* diakibatkan karena konfigurasi dinding pengisi yang berbeda antara lantai satu dengan lantai-lantai di atasnya. Bangunan yang mengalami keruntuhan seperti ini umumnya memiliki partisi dinding pengisi yang relatif lebih sedikit pada lantai satu dibandingkan dengan lantai-lantai di atasnya, misalnya pada bangunan dengan lobi atau aula pada lantai satu.

Tujuan untuk melakukan uji laboratorium terhadap beberapa batu bata dengan uji kuat tekan dan modulus elastisitas serta membandingkan dengan modulus elastisitas standar SNI dan modulus elastisitas batu bata dari negara lain sehingga dapat mengetahui seberapa besar pengaruh kekakuan dinding bata, simpangan target, gaya geser dasar dari beberapa tipe bata yang diuji dan batu bata dari negara lain berdasarkan hasil kurva kapasitas *pushover* serta membandingkan kinerja di setiap pemodelan antara portal ber dinding dan portal terbuka

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1 Konsep Perencanaan Portal

Portal yang merupakan permodelan suatu struktur terbagi dua yaitu portal terbuka dan portal isi. Dalam portal isi, dinding pengisi pada umumnya digunakan sebagai partisi atau penutup luar pada struktur portal beton bertulang. Pemasangannya akan dikerjakan setelah struktur utama selesai dikerjakan dan dianggap sebagai komponen non-struktur pada dasarnya, dinding pengisi merupakan komponen non-struktur yang dianggap tidak memberikan sumbangan yang berarti terhadap

kekakuan dan kekuatan struktur, tetapi pada kenyataannya dinding pengisi memberikan pengaruh besar terhadap keruntuhan gedung sehingga perilakunya berbeda dengan portal terbuka. (Diptes Das dan CVR Murty, 2004)

### 2.2 Bangunan *Soft Story*

Salah satu definisi bangunan gedung tidak beraturan adalah adanya suatu tingkat yang lemah, yang kekakuannya jauh lebih kecil dari pada tingkat-tingkat yang lain (*soft storey*). Didalam SNI 03-2002, TCPKGUBG-2002 atau RSNI 03-1726 (2010) dijelaskan tentang bangunan gedung reguler itu adalah gedung yang sistem strukturnya memiliki kekakuan lateral yang beraturan tanpa adanya tingkat lunak (*soft storey*). Yang dimaksud dengan struktur tingkat lunak adalah suatu tingkat yang mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya.

### 2.3 Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Indonesia yang diantara 4 lempeng benua merupakan salah satu negara di kawasan rawan gempa. Akibat gempa yang sering terjadi mengakibatkan struktur bangunan yang ada mengalami pergerakan secara vertikal maupun secara lateral. Sehingga dalam perencanaan perhitungan struktur bangunannya harus menggunakan faktor keamanan yang cukup aman untuk menahan gaya vertikal dari pada gaya gempa lateral. Gaya gempa lateral langsung bekerja pada bagian-bagian struktur yang tidak kuat sehingga menyebabkan keruntuhan elemen struktur.

### 2.4 Persyaratan Yang Standar Untuk Batu Bata

- 1) Batu bata merah dibuat dari tanah liat yang dicetak, kemudian dibakar. Tidak semua tanah liat bisa digunakan. Hanya yang terdiri dari kandungan pasir tertentu.
- 2) Umumnya memiliki ukuran: panjang 17-23 cm, lebar 7-11 cm, tebal 3-5 cm.
- 3) Berat rata-rata 3 kg/biji (tergantung merek dan daerah asal pembuatannya).
- 4) Bahan baku yang dibutuhkan untuk pasangan dinding bata merah adalah semen dan pasir ayakan. Untuk dinding kedap air diperlukan campuran 1:2 atau 1:3 (artinya, 1 takaran semen dipadu dengan 3 takaran pasir yang sudah di ayak). Untuk dinding yang tidak harus kedap air, dapat digunakan perbandingan 1:4 hingga 1:6.

## **Studi Perhitungan Kekakuan Portal Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat Dari Beberapa Negara Dengan Pushover**

- 5) Kelebihan dinding bata merah: Kedap air sehingga jarang terjadi rembesan pada tembok akibat air hujan, Keretakan relatif jarang terjadi, Kuat dan tahan lama, Penggunaan rangka beton pengakunya lebih luas, antara 9-12 m<sup>2</sup>.
- 6) Kekurangan dinding bata merah: Waktu pemasangan lebih lama dibandingkan batako dan bahan dinding lainnya, Biaya lebih tinggi jika dibandingkan dengan batako.
- 7) Standar kuat tekan batu bata yang disyaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah sebesar 10,40 MPa. Mutu bata merah dapat diklasifikasikan menjadi 3 tingkat, yaitu:
  - a. Tingkat I mempunyai kuat tekan rata-rata > 100 kg/cm .
  - b. Tingkat II mempunyai kuat tekan antara 80 – 100 kg/cm .
  - c. Tingkat III mempunyai kuat tekan antara 60 – 80 kg/cm .

### **2.5 Nilai Modulus Elastisitas Batu Bata yang Standart dari Negara Lain**

Dari informasi Jurnal penelitian “*Properties of Brick Masonry for FE modelling*” (Narayanan, Sirajudin) (2013), *American Journal of Enngineering Research (AJER)* , untuk nilai Modulus Elastisitas (E) Batu bata diperoleh yaitu:

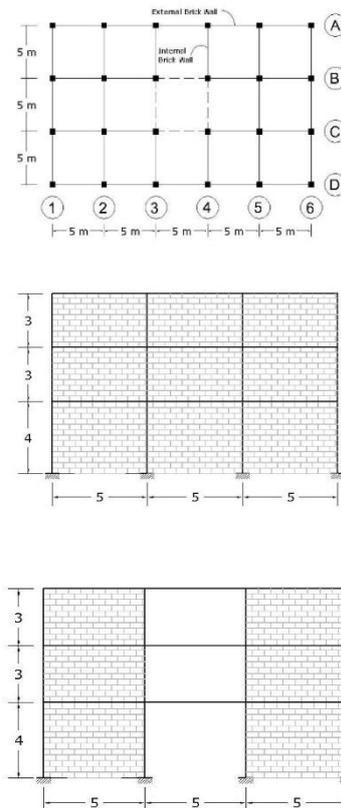
Tabel 1. Nilai Modulus Elastisitas Batu Bata Dari 3 Negara

No.	Nama Negara	Nilai Modulus Elastisitas Batu Bata (Mpa)
1	Australia	7000 – 12000
2	Eropa	3500 – 34000
3	India	300 -16000

### **2.6 Diagonal Tekan Ekivalen (*Equivalent Diagonal Strut*) Berdasarkan *Diftesh Das* dan CVR Murty (2004)**

Pada bentuk pemodelan yang dianalisa dalam jurnal ini yaitu memiliki denah 3 bentang dengan lebar bentang 5 m, jumlah lantai terdiri dari 3 lantai untuk lantai 1 tinggi lantainya 4 m dan lantai 2,3 dengan tinggi lantai 3 m. Ada 6 grid untuk grid 1, grid 2, grid 4, grid 6 adalah bentuk model portal berdinding (*fully infilled frame*) dan untuk grid 3 dan grid 4 adalah bentuk model portal terbuka (*open frame*), seperti yang ada dalam gambar denah dan tampak pada pemodelan portal

berdinding dan portal terbuka seperti dalam Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Denah dan Tampak pada Pemodelan Portal Berdinding dan Terbuka *Diftesh Das* dan CVR Murty (2004)

### **2.7 Konsep Dasar Metoda Analisa *Pushover***

Metoda analisa statik tidak linear (*pushover analysis*) adalah metoda tidak linier yang sangat populer digunakan dalam perencanaan atau penilaian bangunan yang terletak di daerah rawan gempa. Seperti yang dijelaskan oleh Kunnath (2005), ide yang mendasari metoda ini adalah untuk menjelaskan keadaan beban gempa yang bekerja pada rangka struktur. Respon rangka struktur terhadap berbagai beban dinamis adalah sebuah kombinasi ragam getar dinamis dari sistem yang bergetar. Sehingga metode ini juga didasarkan kepada konsep dasar analisa ragam getar pada struktur. Penjelasan teori yang mendasari analisa statik tidak linear berikut ini adalah berdasarkan McGiure dkk. (1999)

### **3. Metodologi**

Dalam penelitian ini Analisa yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang baik adalah Analisa *Pushover*. Metode yang digunakan

adalah metode pendekatan numerik, yaitu menggunakan bantuan program numerik (ETABS). Tujuan analisa *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya.

### 3.1 Analisa Pengujian Propertis Batu Bata

Dalam studi ini digunakan bata merah sebagai material dinding pengisi. Karakteristik dinding bata yang akan digunakan dalam studi ini didasarkan pada karakteristik dinding bata hasil pengujian laboratorium dengan standart SNI 03-4164-2008 tentang cara uji modulus elastisitas batu bata dengan tekanan sumbu tunggal, benda uji batu bata menggunakan 10 sampel batu bata dari daerah Bakaran Batu, Deli Serdang, Sumatera Utara.

Langkah-langkah pengujian untuk uji kuat tekan batu bata sebagai berikut:

- 1) Pengukuran batu bata dengan jangka sorong untuk mengukur panjang dan lebar batu bata untuk memperoleh luasan ukuran batu bata.
- 2) Batu bata diletakkan didalam alat uji kuat tekan.
- 3) Plat baja diatur secara perlahan hingga menyentuh permukaan ujung bata uji secara merata.
- 4) Jarum penunjuk pada manometer pengukuran tekanan diatur dan dilakukan pembacaan awal.
- 5) Tekanan ditingkatkan sampai kondisi benda uji retak sampai pecah.
- 6) Hasil pembacaan manometer pada saat terjadi retakan bata uji dicatat dan dibuat sketsa bidang retak bata uji setelah mengalami retakan sampai pecah



Gambar2 Pengukuran Batu Bata Dengan Jangka Sorong



Gambar 3. Alat Uji Manometer Untuk Uji Kuat Tekan

Hasil dari uji laboratorium tentang Data pengukuran Batu bata dalam Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat dalam dibawah ini.

Tabel 2. Menunjukkan Rata-Rata Propertis Fisik Bata Merah Yang Digunakan

Propertis	Bata Merah	Satuan
Panjang	195.23	Mm
Tinggi	52.28	Mm
Tebal	95.29	Mm
Berat Jenis	1373.55	kg/m <sup>3</sup>

Dari Hasil Pengujian Eksperimen Kuat tekan Batu Bata diperoleh seperti di dalam Tabel 2.

Tabel 3 Hasil Uji Kuat Tekan Batu Bata

No. Benda Uji	Ukuran Batu Bata			Beban Yang Diterima (Kn)
	P (cm)	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	
TIPE 1				
1	19.6	9.7	190.12	580
2	19.7	9.7	191.09	590
3	19.7	9.5	187.15	575
TIPE 2				
4	19.6	9.5	186.2	460
5	19.4	9.6	186.24	378
6	19.5	9.6	187.2	377
7	19.3	9.5	183.35	368
TIPE 3				
8	19.4	9.5	184.3	355
9	19.6	9.6	188.16	350
10	19.6	9.7	190.12	350

## **Studi Perhitungan Kekakuan Portal Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat Dari Beberapa Negara Dengan Pushover**

### **3.2 Tahapan Penelitian**

Beberapa tahapan dilaksanakan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari penelitian. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan tahapan-tahapan yaitu :

- 1) Tahap pertama : Kegiatan yang dilakukan adalah memodelkan struktur dengan pemodelan sendiri dan menentukan data-data teknis yang digunakan dalam analisis.
- 2) Tahap kedua: Tahap ini dilakukan perhitungan pembebanan struktur terdiri dari beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa. Beban gravitasi didapat berdasarkan PPIUG 1987, sedangkan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002. Karakteristik dinding bata yang akan digunakan dalam studi ini didasarkan pada karakteristik dinding bata dari hasil pengujian laboratorium yang dilakukan penulis. Berdasarkan eksperimen diperoleh data sebagai berikut:
  - a. Parameter individu bata:
    - 1) Kuat tekan unit tipe 1 bata 3,07 Mpa
    - 2) Kuat tekan unit tipe 2 bata 2,13 Mpa
    - 3) Kuat tekan unit tipe 3 bata 1,88 Mp
  - b. Patameter dinding pengisi (pasangan bata):
    - 1) Kuat tekan rata-rata pasangan bata ( $f'_m$ ) 1,65 Mpa
    - 2) Modulus elastisitas dinding pengisi tipe 1 bata 1556,75 Mpa
    - 3) Modulus elastisitas dinding pengisi tipe 2 bata 1140,97 Mpa
    - 4) Modulus elastisitas dinding pengisi tipe 1 bata 1024,54 Mpa
- 3) Tahap ketiga : Tahap ini dilakukan untuk menentukan beban horizontal akibat gempa diperlukan waktu getar bangunan. Berdasarkan SNI 03-1726-2002 Pasal 5.6, pembatasan maksimum waktu getar alami fundamental :  $T < \zeta n$ ; dimana  $n$  = jumlah tingkat dan  $\zeta = 0.17$  untuk zona 3.
- 4) Tahap keempat : Tahap ini dilakukan untuk menentukan terjadinya sendi plastis pada balok, kolom dan dinding bata. Pada model ini kerusakan struktur dianggap masih dapat dibatasi (PR) pada kondisi rotasi leleh  $\theta_y$ , kondisi rusak berat (RB) berada di  $0.75 \theta_u$ , kondisi hampir

rubuh (HR) berada di  $\theta_u$ , dan rubuh total berada di  $3 \theta_u$ .

- 5) Tahap kelima : Pada tahap ini melakukan prosedur perhitungan analisa *pushover* telah dijelaskan pada bab 2. Penelitian ini menggunakan program computer ETABS sebagai alat perhitungan numerik yang disarankan untuk menganalisa struktur yang dimodelkan.
- 6) Tahap keenam : Pada tahap ini didapat hasil keluaran analisa *pushover* yaitu kurva kapasitas yang menunjukkan hubungan gaya geser dasar terhadap simpangan, yang memperlihatkan perubahan perilaku struktur dari linier menjadi nonlinier, berupa penurunan kekakuan yang diindikasikan dengan penurunan kemiringan kurva terbentuknya sendi plastis pada kolom dan balok. Selanjutnya diatas kurva *pushover* dapat digambarkan secara kualitatif kondisi kerusakan yang terjadi pada level kinerja yang ditetapkan agar mempunyai bayangan seberapa besar kerusakan itu terjadi.

### **4 Hasil dan Pembahasan**

Pada penelitian ini pemodelan struktur yang dimaksud adalah pemodelan struktur gedung beton bertulang 3 dimensi sebagai perbandingan dengan gedung yang sudah ada (aktual) dan dengan model desain berdasarkan SNI 2012, kedua struktur gedung dengan efek *soft storey*.

Setelah selesai dilakukan *run analysis*, maka tahap selanjutnya mengontrol dari hasil analisis, yaitu periode getar alami, gaya geser (*base shear*) dan perpindahan. Setelah didapatkan hasil analisis linear struktur bangunan gedung masih aman, maka dilanjutkan analisis *pushover*. Analisa beban statik non-linear akan dilaksanakan mengikuti petunjuk FEMA 356 dan menggunakan program ETABS.

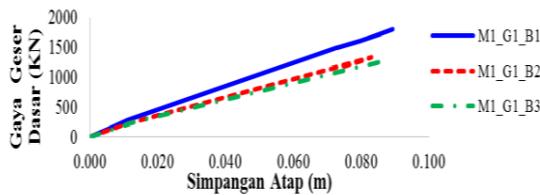
#### **4.1 Analisa Statik Non Linier Pushover**

Analisis *pushover* dilakukan untuk melihat seberapa besar kapasitas dan kekakuan, simpangan target, gaya geser dasar. Ada 2 model yang akan dibandingkan pada studi ini dengan 3 tipe batu bata yang ada di Lubuk Pakam dan batu bata dari Negara lain yaitu Australia, Eropa dan India. Tipe analisis *pushover* yang digunakan dalam studi ini adalah kontrol *displacement* dimana struktur didorong sampai mencapai *displacement* yang

diinginkan dan atau sampai struktur yang ditinjau runtuh. Selanjutnya hasil analisis *pushover* untuk masing-masing model dapat dilihat urainnya di bawah ini.

**4.1.1 Portal Berdinding**

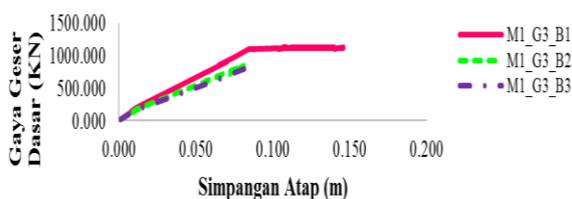
Dari Gambar 4 menunjukkan dan membandingkan bahwa dari ketiga model Portal Berdinding pada Grid 1 untuk beberapa tipe batu bata, Portal Berdinding, dari Gambar 4 menunjukkan nilai gaya geser dasar dan simpangan atapyang memiliki kapasitas terbesar dalam menerima beban gempa atau gaya lateral ada pada batu bata tipe 1 (M1-G1-B1).



Gambar 4. Perbandingan Kurva Kapasitas Pada Grid 1 Dengan Gabungan Beberapa Tipe Batu Bata (Tipe 1, 2, 3)

**4.1.2 Portal Terbuka Pada Dinding Bentang Tengah (Open Frame)**

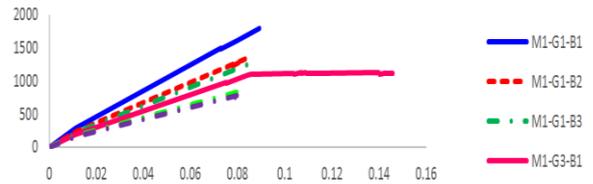
Berikut ini akan diuraikan beberapa kurva kapasitas dari hubungan antara struktur berdinding penuh dari beberapa tipe batu bata yaitu tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Kapasitas pada Grid 3 dengan Gabungan Beberapa Tipe Batu Bata (Tipe 1, 2, 3)

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa dari ketiga model portal terbuka pada Grid 3 (G3) untuk beberapa tipe batu bata yang memiliki kapasitas terbesar dalam menerima beban gempa atau gaya lateral ada pada portal terbuka batu bata tipe 1 (M1-G1-B1). Perbandingan kurva kapasitas untuk portal

berdinding dibandingkan dengan portal terbuka seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 6. Perbandingan Kurva Kapasitas untuk Portal Berdinding dengan Portal Terbuka pada Batu Bata untuk Tipe 1,2,3

**4.2 Perbandingan Batu Bata Dengan Analisa Pushover dari Beberapa Negara**

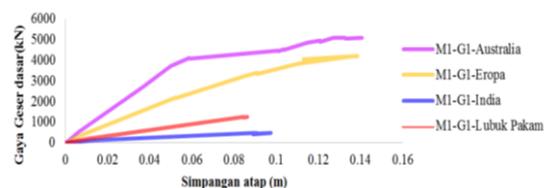
Dari nilai Modulus Elastisitas (E) Batu bata diperoleh yaitu:

- Eropa adalah 3500 – 34000 Mpa
- Australia adalah 7000 – 12000 Mpa
- India adalah 300 – 16000 Mpa

Dalam penulisan ini diambil nilai modulus elastisitas terendah jadi:

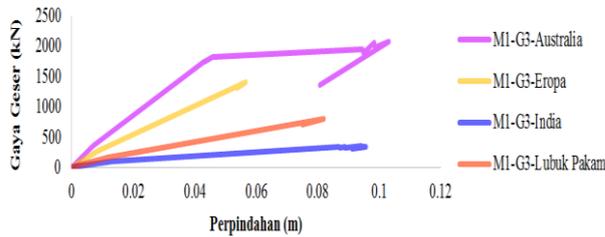
- Eropa adalah 3500 Mpa
- Australia adalah 7000 Mpa
- India adalah 300 Mpa
- Lubuk Pakam adalah 1024.54 Mpa ( batu bata tipe 3 )

Sifat komponen batu bata yang penting dalam analisis struktur batu. Pekerjaan ini meneliti literatur tentang kemampuan sifat dari batu bata dari beberapa negara seperti negara Australia, Eropa dan India untuk mendapatkan persamaan dari nilai-nilai kekuatan yang tersedia. Batu bata merah (*masonry*) salah satu bahan bangunan tertua, batu bata menggunakan mortar telah terbukti sebagai teknik *succsesful* karena kesederhanaan dan daya tahan konstruksi. Struktur tersebut sangat lemah dalam lentur dan geser akibat beban lateral. Kerusakan akibat gempa dan meningkat. Penguatan struktur batu bata sangat penting jadi dalam penulisan ini dianalisis dengan kurva *pushover* dan membandingkan dengan penelitian yang dilakukan penulis dan bisa dilihat dalam Gambar 7 dibawah ini.



**Studi Perhitungan Kekakuan Portal Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat  
Dari Beberapa Negara Dengan Pushover**

Gambar 7. Kurva Kapasitas pada batu bata dari 4 Negara yaitu (Australia, Eropa, India dan Indonesia khususnya Lubuk Pakam) pada Grid 1 portal berdinding penuh (M1-G1).



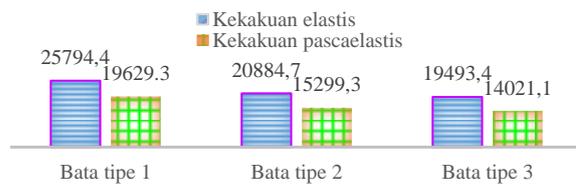
Gambar 8. Kurva *Pushover* pada Batu Bata dari 4 Negara yaitu ( Australia, Eropa, India dan Indonesia Khususnya Lubuk Pakam ) pada Grid 3( portal terbuka)

Pada gambar 8 kurva *pushover* ini dapat dilihat bahwa *Pushover* pada Negara Australia lebih tinggi dibandingkan Negara Eropa dan India, dan untuk Indonesia khususnya data batu bata di Lubuk Pakam lebih tinggi nilai *pushover* dibandingkan batu bata dari India untuk modulus elastisitas terendah.

**4.4 Kekakuan**

**4.4.1 Kekakuan Portal Berdinding Batu Bata Pada Tipe 1,2,3**

Berikut ini grafik perbandingan kekakuan elastis, kekakuan pasca elastis. Kekakuan elastis dihitung berdasarkan gaya geser dasar yang menyebabkan leleh pertama pada elemen struktur dengan perpindahan atap saat terjadi leleh pertama pada elemen struktur.



Gambar 9. Kekakuan Elastis dan Kekakuan Pasca Elastis pada Portal berdinding (grid 1)

**4.4.2 Kekakuan Portal Terbuka Untuk Batu Bata Pada Tipe 1,2,3**

Pada Gambar 10 memperlihatkan perbandingan kekakuan elastic dan kekakuan pasca elastic untuk batu bata tipe 1, tipe 2 dan tipe 3. Berikut ini grafik perbandingan kekakuan elastis, kekakuan pasca elastis.

Kekakuan elastis dihitung berdasarkan gaya geser dasar yang menyebabkan leleh pertama pada elemen struktur dengan perpindahan atap saat terjadi leleh pertama pada elemen struktur pada Gambar 10.

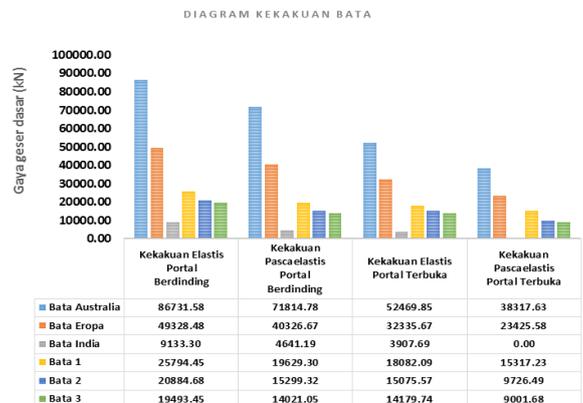


Gambar 10. Kekakuan Elastis dan Kekakuan Pasca Elastis pada Portal Terbuka (Grid 3)

Berdasarkan Gambar 10 dapat dianalisis bahwa:

Pada Portal berdinding batu bata pada tipe 1 memiliki kekakuan elastis lebih besar dibandingkan pada batu bata tipe 2 dan batu bata tipe 3.

Dalam Gambar 11 menunjukkan hasil nilai perbandingan kekakuan elastis dan kekakuan pasca elastis pada portal berdinding dan portal terbuka dengan beberapa tipe batu bata dapat diambil kesimpulan:Struktur portal berdinding memiliki kekakuan elastis lebih besar dibandingkan rangka terbuka.Struktur portal berdinding memiliki kekakuan pasca elastis lebih besar dibandingkan pada portal terbuka (*open frame*) seperti pada Gambar 11. Persentase terbesar perbedaan kekakuan pasca elastis struktur lebih besar terhadap portal berdinding.

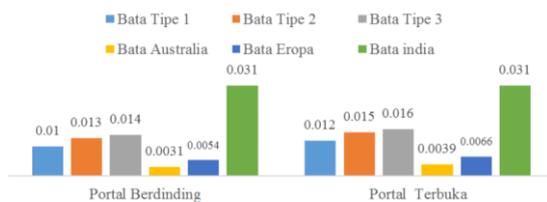


Gambar 11 Diagram Perbandingan Kekakuan Bata dari Kekakuan Pasca Elastis pada Portal Berdinding dan Portal Terbuka dengan Beberapa Tipe Batu Bata yang Diuji dan

Bata dari Negara Australia, Eropa dan India.

#### 4.5 Simpangan Target

Simpangan target atau titik kinerja merupakan nilai yang diperoleh dari hasil kurva *pushover* yang dipengaruhi akibat adanya pembebanan yang bekerja secara lateral. Secara keseluruhan pada gempa zona 3 (sedang) model portal berdinding ( *fully infilled wall frame* ), nilai simpangan target lebih kecil dari model portal terbuka ( *open frame* ). Hal ini menunjukkan bahwa portal terbuka ( *open frame* ) dapat berdeformasi lebih baik dari pada struktur dengan dinding bata maupun struktur dengan tingkat lunak, seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Perbandingan Simpangan Target dengan Beberapa Pemodelan

#### 4.6 Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar ( *Base Force* ) pada portal dengan dinding ( *fully infilled wall frame* ) batu bata mampu menerima gaya geser dasar ( *Base Force* ) lebih baik daripada portal terbuka ( *open frame* ). Hal ini ditunjukkan dengan besarnya nilai gaya geser dasar ( *Base Force* ) pada portal berdinding ( *fully infilled wall frame* ), seperti terlihat pada Gambar 13.

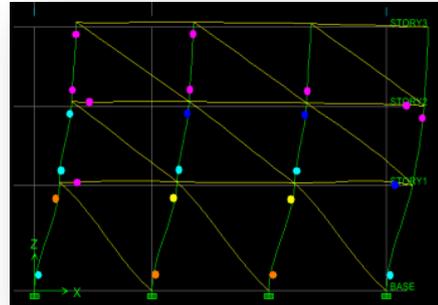


Gambar 13. Perbandingan Gaya Geser Dasar Target dengan Beberapa Pemodelan.

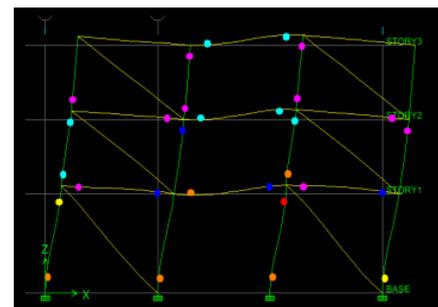
Dari hasil Gambar 13 dapat dilihat persentase perubahan gaya geser dasar antara model portal berdinding dan portal terbuka dengan dinding bata beberapa tipe.

#### 4.7 Deformasi Dari *Pushover* Pada Program Etabs

Bentuk perpindahan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15 untuk portal berdinding dan terbuka. Tanda bulat berwarna memberitahukan bahwa elemen sudah mengalami leleh.



Gambar 14. Batas - Batas Deformasi Pada *Pushover* pada Portal Berdinding



Gambar 15. Batas - Batas Deformasi *Pushover* Portal dengan Bentang Tengah Terbuka

Dari gambar 14 dan gambar 15 menunjukkan warna-warna pada batas-batas deformasi *pushover*, pada gambar 14 terlihat untuk deformasi pada portal berdinding masih pada batas warna kuning maksudnya dalam kondisi aman yang berarti belum hancur, sementara pada gambar 15 terlihat gerakan deformasi sudah berada pada batas warna oranye dan merah maksudnya dalam kondisi sudah lemah mengalami leleh.

### 5 Simpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan sesuai dengan permasalahan yang telah dikemukakan terhadap model Portal dinding penuh, portal terbuka, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil uji laboratorium diperoleh nilai kuat tekan batu bata tipe 1 yaitu 3,07 Mpa, memiliki nilai besar daripada batu bata tipe

**Studi Perhitungan Kekakuan Portal Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat  
Dari Beberapa Negara Dengan Pushover**

- 2 yaitu 2,13 Mpa dan batu bata tipe 3 yaitu 1,88 Mpa dan nilai modulus elastisitas batu bata tipe 1 yaitu 1556,75 Mpa, memiliki lebih besar daripada batu bata tipe 2 yaitu 1140,97 Mpa dan batu bata tipe 2 lebih besar daripada batu bata 3 yaitu 1024,54 Mpa. Untuk standar modulus elastisitas berdasarkan SNI bahwa batu bata adalah 2237 Mpa maka pada penelitian batu bata dari Lubuk Pakam ini belum memenuhi standar SNI.
- 2) Hasil studi menunjukkan bahwa kekakuan dinding batu bata.
    - a. Kekakuan elastis.

Dari hasil analisis kekakuan elastis maka dapat disimpulkan nilai kekakuan elastis yang lebih besar adalah pada model portal berdinding dibandingkan dengan portal terbuka dan batu bata tipe 1 lebih besar dari tipe 2 dan tipe 3 tetapi terbesar adalah bata Australia.
    - b. Kekakuan pasca elastis.

Dari hasil analisis kekakuan pasca elastis maka dapat disimpulkan nilai kekakuan elastis yang lebih besar adalah pada model portal berdinding dibandingkan dengan portal terbuka dan batu bata tipe 1 lebih besar dari tipe 2 dan tipe 3 tetapi terbesar adalah bata Australia.
  - 3) Dari hasil analisis perbandingan pada simpangan target untuk portal berdinding persentase perubahan simpangan target sama besarnya terjadi pada semua model struktur mencapai 4 % lebih besar dan lebih kecil terhadap portal berdinding, dibandingkan dengan portal terbuka, persentase perubahan simpangan target terbesar terjadi pada dinding bata tipe 1.
  - 4) Dari hasil analisis perbandingan pada gaya geser dasar untuk portal berdinding persentase perubahan gaya geser dasar terbesar terjadi pada portal berdinding bata untuk tipe 1.
  - 5) Dari hasil kurva *pushover* bahwa *pushover* pada Negara Australia lebih tinggi dibandingkan Negara Eropa dan India dan untuk Indonesia khususnya data batu bata di Lubuk Pakam lebih tinggi nilai *pushover* dibandingkan dari India.

**Daftar Pustaka**

- Antonius dan Widhianto, A. (2013). *Soft Storey pada Respon Dinamik Struktur Gedung Beton Bertulang Tingkat Tinggi* (199S). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- ATC-40 (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Report SSC 96-01, California Seismic Safety Commission, Penerbit: Applied Technology Council, Redwood City.
- ATC-58 (1997). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Report SSC 96-01, California Seismic Safety Commission, Penerbit: Applied Technology Council, Redwood City.
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-1729-2002.)
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung tentang cara uji modulus elastisitas batu bata dengan sumbu tunggal* (SNI 03-4164-2008.)
- BSSC, FEMA 222, (1995). *NEHRP Recommended provision for seismic regulations for new building*. Washington, D.C.
- Chopra, A. (2001). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Penerbit: Prentice Hall, New York.
- Dewobroto, W. (2005). *Analisa Inelastis Portal-Dinding Pengisi dengan "Equivalent Diagonal Strut"*. Jurnal Teknik Sipil, Vo: 12.
- Diptesh Das, C.V.R Murty, (2000). *Brick masonry infills in seismic design of RC frame buildings*, Civil Engineering IIT Kanpur, India, Part 2.
- Islam Saiful, (2011). *Non Linear time domain analysis of base isolated multi story building under site specific bi-directional seismic loading*. Automation in construction
- Mehrabi, A.B., Shing, P.B., Schuller, M.P., Noland, J.L. (1996). *Experimental evaluation of masonry-infilled RC frames*. Journal of Structural Engineering, ASCE, 122(3), 228-237.
- McGuire, W., Ziemian, R. D., & Gallagher, R. H. (1999), *Matrix structural analysis*, with MASTAN2, Penerbit: John Wiley & Sons, New York.
- Muhammad H.Jinya, V.R. Patel, (2014), *Analysis of RC frame with and without masonry infill wall with different stiffness with outer central openg*, International Journal of

Research in Enngineering and  
Technology.

- Narayanan SP, Sirajuddin M, (2013) *Properties of Brick Masonry for FE modelling*, American Journal of Engineering Research (AJER)
- Park, Y. J., Ang, A. H-S., and Wen, Y.K. (1987), *Damage-Limiting Aseismic Design of Buildings, Earthquake Spectra*, 3(1), hal.: 1-26.
- Paulay, T. dan Priestley, M.J.N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Penerbit: ohn Wiley and Sons, New York.
- Saneinejad, A. dan Hobbs, B. (1995). *Inelastic design of infilled frames*. Journal of Structural Engineering, ASCE, 121(4), 634-650.
- Wisnumurti, Sri Murni Dewi, (2014) *Strength reduction factor (R) and displacement amplification factor (Cd) of confined masonry wall with local brick in Indonesia*, Civil Engineering, Universitas Brawijaya Malang, Indonesia, Procedia 95, 172-177.