

## STIFFNESS DINDING BATU BATA MENINGKATKAN KEKUATAN STRUKTUR

Marwahyudi Marwahyudi

Researcher Gfy Unicon Research Group,

Universitas Sahid Surakarta-Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo, INDONESIA

E-mail: [yudhie\\_dsg@yahoo.co.id](mailto:yudhie_dsg@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

*Stiffness* atau kekakuan didefinisikan besar gaya yang menggerakkan benda sejauh simpangan tertentu. Pada struktur gedung nilai kuat tekan, simpangan sangat mempengaruhi kekuatan gedung. Nilai kuat tekan beton bisa dihitung dilaboraturim dan untuk nilai simpangan dapat dihitung dengan aplikasi software. Pada perencana gedung dalam merencana gedung kebanyakan tidak mempertimbangkan nilai kekuatan yang disumbangkan oleh dinding batu bata. Berdasarkan observasi dilapangan terkait gedung yang terpapar gempa, banyak sekali dinding mengalami kerusakan. Kondisi ini menggambarkan bahwa dinding mendapatkan gaya sehingga mengalami kerusakan. Kerusakan yang ada dapat terlihat maupun belum terlihat oleh penglihatan. Beberapa kerusakan dilapangan menarik untuk dianalisis terkait kerusakannya. Analisis tersebut menggunakan metode matematika matrik. Metode ini untuk mengetahui seberapa kemampuan menahan gaya lateral. Kemampuan dinding menahan gaya lateral sangat diperlukan dalam kekuatan struktur. Sehingga kemampuan dinding menahangaya lateral akan mempengaruhi kekuatan struktur. Kemampuan dinding batu bata menahan gaya lateral dinyatakan sebagai nilai *stiffness*.

**Kata kunci:** kekuatan struktur; gaya lateral *Stiffness*.

### ABSTRACT

*Stiffness is defined as the amount of force that moves an object as far as a certain deviation. In the building structure of the milai compressive strength, the deviation greatly affects the strength of the building. Concrete compressive strength values can be calculated in teams and for the deviation values can be calculated with a software application. In building planners in building planning most do not consider the value of the strength contributed by the brick wall. Based on field observations related to buildings exposed to the earthquake, a lot of walls were damaged. This condition illustrates that the walls get the force that is damaged. Damage can be seen or not seen by vision. Some of the damage in the field is interesting to analyze related to the damage. The analysis uses mathematical mathematical methods. This method is to find out how the ability to withstand lateral forces. The ability of the wall to resist lateral forces is very much needed in the strength of the structure. So that the ability of the lateral retaining wall will affect the strength of the structure. The ability of a brick wall to resist lateral forces is expressed as a stiffness value.*

**Keywords:** structural strength; lateral *Stiffness* force.

<b>Received:</b> 14-02-2020	<b>Revised:</b> 13-03-2020	<b>Accepted:</b> 14-05-2020	<b>Available online:</b> 23-05-2020
--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--

### PENDAHULUAN

Kerusakan gedung tersebut diakibatkan oleh faktor ketidakmampuan memikul gaya yang terjadi (Chopra, 2012). Perencanaan dan pelaksanaan pembangunan gedung harus memenuhi persyaratan yang berlaku di Indonesia yaitu Standar Nasional Indonesia tentang perancangan bangunan tahan gempa (SNI, 2012). Pembangunan gedung yang memenuhi persyaratan akan lebih aman saat terpapar gaya insidental (SNI, 2012). Gedung yang memenuhi persyaratan SNI kerusakannya lebih sedikit dibandingkan gedung yang tidak memenuhi SNI terlihat pada gambar 2 dan 3. Sesuai penjelasan diatas maka gedung harus direncanakan agar mampu memikul semua gaya yang bekerja.

Selain itu gedung harus direncanakan untuk dapat memikul gaya-gaya luar (*external forces*) yang akan diterima oleh struktur gedung tersebut sepanjang umur layannya. Gaya-gaya yang dipikul oleh struktur gedung dapat berupa kombinasi antara beban mati, beban hidup maupun beban insidental misalnya beban gempa. Gaya-gaya yang bekerja pada struktur gedung ini akan menyebabkan timbulnya gaya dalam (*internal forces*) maupun deformasi pada struktur. Besarnya gaya dalam maupun deformasi yang terjadi pada struktur harus dibatasi agar struktur memenuhi persyaratan keamanan (*safety*) dan kenyamanan (*serviceability*). Apabila gaya gaya luar yang dipikul melebihi kapasitas gaya yang dimiliki

struktur maka gedung mengalami kerusakan. Gambar rumah yang tidak mampu memikul paparan gaya lateral akibat gempa yang melebihi kapasitas struktur yang dimiliki.

Agar beberapa kejadian diatas tidak mengakibatkan kerugian material, non material bahkan sampai meninggal dunia maka, perlu dianalisis tentang kinerja gedung (Paulay, 1990). Analisis kinerja ini difokuskan pada daerah yang paling banyak mengalami kerusakan, yaitu pada dinding batu bata. Kekuatan dinding batu bata dapat ditingkatkan dengan cara memilih mutu material penyusun yang baik dan mendesain dinding batu bata (Chopra, 2012).

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa sampel penelitian yang diuji dilaboratorium. Sampel sampel yang ada sebagai bahan validasi hasil perhitungan penelitian dengan menggunakan matetamika matrik. Pada pembuatan benda uji tanpa plester dan menggunakan batu bata biasa dan menggunakan batu bata inovatif yang sesuai dengan SNI 03-4164-1996, SNI 03-4165-1996 dan SNI 03-4166-1996.. Batu bata tersebut di uji tegaangannya dengan ukuran yang sesuai dengan penelitian sebelumnya (El-dakhkhni, 2017; Francisco J. Crisafulli, 1997; Marwahyudi, 2014; Priestley & Paulay, 1992). Setelah mendapatkan semua parameter yang diperlukan maka dilakukan uji kekuatan struktur dengan metode analisa *pushover* (Conference & Engineering, 2004; Correia, Almeida, & Pinho, 2008; Giordano, Guadagnuolo, & Faella, 2008) Kekuatan benda uji perlu di hitung dan dianalisis untuk dibandingkan dengan peraturan yang ada.

Perhitungan tersebut menggunakan alat di laboratorium dan cara menghitungnya dengan mengambil beberapa sampel kemudian di tekan dengan menggunakan alat *Compression Test Machine*. Pengukuran kekuatan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah pembuatan benda uji selesai (A.W Hendry and FM Khalaf, 2001; Binda, 2008; Chopra, 2012; Priestley & Paulay, 1992) Menurut SNI 03-4164-1996 tahun 2002 (SNI 03-4166-1996, 1996), Kuat tekan pemasangan dinding adalah gaya tekan yang bekerja pada pemasangan dinding persatuan luas penampang dinding yang tertekan. Nilai kuat tekan pasangan dinding batu bata dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{tk} = \left[ \frac{P_n + W}{B \times b} \right] \quad (1)$$

Nilai gaya geser dalam pada elemen *struts* bisa dicari dengan kekakuan satu *struts* (Francisco J. Crisafulli, 1997).

$$k_s = \gamma_s \frac{A_{ms} E_m}{d_m} \cos^2 \theta \quad (2)$$

Menentukan nilai kekakuan menggunakan formula matrik. Kekakuan dipengaruhi oleh elemen portal dan elemen dinding batu bata. Elemen portal menggunakan matrik kekakuan beam dan elemen dinding batu bata menggunakan elemen matrik struts. Kedua matrik tersebut mempunyai ordo yang berbeda, maka ordo matrik harus disamakan agar bisa dioperasikan. Berikut ini matrik beam dan struts dengan ordo yang sudah disamakan.

Matrik Elemen Beam					
$AE/L$	0	0	$-AE/L$	0	0
0	$12EI/L^3$	$6EI/L^2$	0	$-12EI/L^3$	$6EI/L^2$
0	$6EI/L^2$	$4EI/L$	0	$-6EI/L$	$2EI/L$
$-AE/L$	0	0	$AE/L$	0	0
0	$-12EI/L^3$	$-6EI/L^2$	0	$12EI/L^3$	$-6EI/L^2$
0	$6EI/L^2$	$2EI/L$	0	$-6EI/L$	$4EI/L$

Matrik Elemen Struts					
$AE/L$	0	0	$-AE/L$	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
$-AE/L$	0	0	$AE/L$	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

**Gambar 1.** Matrik beam dan struts

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah dilakukan analisis matematika analitik matrik yang dijalankan sesuai metode dan dengan memperhatikan parameter. Kemudian hasil dari perhitungan analitik matrik dibandingkan dengan nilai kekakuan dari crissafulli. Perhitungan ini menghasilkan nilai batas perilaku batas elastis. Nilai batas elastis ini sudah menggambarkan bahwa semakin tinggi kekakuan akan meningkatkan nilai batas elastis. Meningkatnya nilai batas elastis akan meningkatkan kuat tekan.



**Gambar 2.** Uji *Comprestion*



**Gambar 3.** Uji *Comprestion*

**Tabel 1.** Hasil Nilai kekakuan pada beberapa dinding batu bata

Batu bata	Kekuatan (N)	Kekakuan Crisafulli (N)
A	131876,35	3862,784
B	90623,40	1850.176
C	85932,48	1820,748

Gambaran kerusakan akibat gempa dibawah ini menunjukkan bahwa dinding batu bata bagian yang terbesar terparap gempa pada gambar 4.

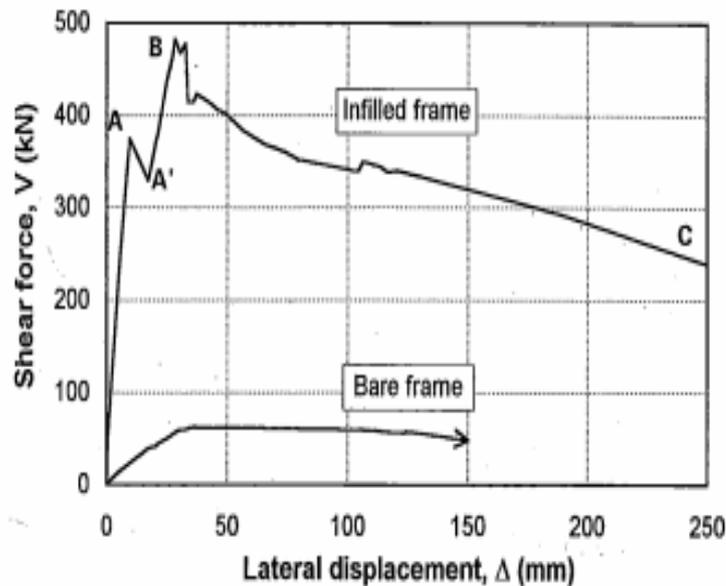


**Gambar 4.** Gambar Gempa Pidi Aceh Sumber: BNPB.go.id



**Gambar 5.** Gambar Gempa Pidi Aceh Sumber: BNPB.go.id

Berdasarkan gambar kerusakan dinding yang diakibatkan gempa bumi di Pidi Aceh pada 9 Desember 2016 diatas dapat digambarkan arah retak dinding membentuk “garis diagonal kiri atas ke kanan bawah” “garis diagonal kanan atas ke kiri bawah”, arah retakan vertikal terjadi pada pasangan keramik dinding dan pada daerah “kusen terjadi retakan arah kombinasi ” (Cetisli, 2015; Farooquddin, 2000; Kumar, 2017; Marwahyudi, 2019; Sindagi, 2014). Beberapa gambar diatas menunjukkan ketidakmampuan gedung dalam memikul gaya luar. Sehingga gedung tersebut mengalami kerusakan yang signifikan Prilaku dinding batu bata saat memikul gaya lateral digambarkan oleh Dawe and Seah (Dawe and Seah, 1989).



Gambar 6. Kurva Kapasitas Dawe and Seah

Kapasitas struktur gedung (*frame building*) dalam memikul gaya-gaya luar dapat diidentifikasi dari perilaku (respon) struktur tersebut saat menerima gaya luar seperti ditunjukkan pada gambar 6. Pada gambar ini terdapat dua kurva yaitu bagian atas kurva dinding portal beton dengan diisi pasangan batu bata dan bagian bawah dinding portal beton tanpa diisi pasangan batu bata. Keduanya sama sama pada kondisi struktur saat menerima gaya lateral yang bekerja pada puncak. Perilaku struktur yang dinyatakan dalam hubungan antara besarnya gaya lateral dan deformasi (simpangan puncak) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Kurva atas dinding portal beton dengan diisi pasangan batu bata, pada awalnya struktur berperilaku *linear-elastic* ditandai dengan nilai simpangan yang proporsional terhadap besarnya gaya lateral yang bekerja. Perilaku linier terjadi sampai pada gaya lateral telah mencapai batas leleh (*yield*) di titik A kemudian terjadilah penurunan gaya lateral di titik A'. Paska leleh yang dimulai dari titik A' terjadilah kondisi non-linier atau plastis. Kondisi ini dimulai dari batas leleh (*yield*) yang gaya lateral bertambah sampai batas maksimal (*Tensile*) kemudian gaya lateral menurun sampai pada keruntuhan struktur di titik C. Hal ini ditandai dengan nilai simpangan semakin membesar yang tidak proporsional terhadap besarnya gaya lateral.
- 2) Kurva bawah dinding portal beton tanpa diisi pasangan batu bata, pada awalnya struktur berperilaku *linear-elastic* ditandai dengan nilai simpangan yang proporsional terhadap besarnya gaya lateral yang bekerja. Perilaku linier terjadi sampai pada gaya lateral telah mencapai batas maksimal (*Tensile*). Paska batas maksimal (*Tensile*) terjadilah kondisi non-linier atau plastis. Kondisi ini dimulai dari batas maksimal (*Tensile*) yang gaya lateral menurun sampai pada keruntuhan struktur. Hal ini ditandai dengan nilai simpangan semakin membesar yang tidak proporsional terhadap besarnya gaya lateral.

Berdasarkan hasil perhitungan didukung dengan gambar kerusakan dilapangan dan literatur kurva diatas dapat dipahami bahwa portal beton yang berisi pasangan batu bata meningkatkan kekakuan. Meningkatnya kekakuan menambah kekuatan menahan gaya lateral dibandingkan dengan portal beton tanpa pasangan batu bata.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis matematika analitik matrik yang dijalankan sesuai metode dengan mengolah hasil parameter yang didapatkan dari hasil uji laboratorium didapatkan hasil. Arah retakan mulai dari yang terparap kemudian menuju daerah yang lemah. Daerah yang lemah terletak pada sambungan mortar dengan batu bata. Portal berisi batu bata akan lebih kaku dibandingkan portal tanpa batu bata. Semakin tinggi nilai kekakuan maka akan menghasilkan kekuatan tinggi. Kekakuan 3862,784N mempunyai

kekuatan 131876,35N. Kekakuan 1850,176N mempunyai kekuatan 90632,40N. Kekakuan 1820,748N mempunyai kekuatan 85932,48 N. Selanjutnya perlu diantisipasi agar retak pada dinding tidak mengakibatkan keruntuhan dinding. Perlu penelitian terkait materi penyusun batu bata, mortar perekat yang efektif, desain batu bata yang efektif mengantisipasi gaya insidental. Perlu analisis mendalam terkait metode analisis dinding batu bata.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A.W Hendry and FM Khalaf. (2001). *Masonry Wall Construction*.
- Binda, L. (2008). *Learning from Failure Long-term Behaviour of Heavy Masonry Structures*.
- Cetisli, F. (2015). Effect of openings on infilled frame stiffness, 67, 787–798. <https://doi.org/10.14256/JCE.1155.2014>
- Chopra, A. (2012). *DYNAMICS OF STRUCTURES*. (W. J. Hall, Ed.). USA: Pearson Education, Inc.
- Conference, W., & Engineering, E. (2004). PUSHOVER ANALYSIS OF A 19 STORY CONCRETE SHEAR WALL, (133).
- Correia, A. A., Almeida, J. P., & Pinho, R. (2008). Force-Based Versus Displacement-Based Formulations In The Cyclic Nonlinear Analysis of RC Frames. *The 14th World Conference ...*. Retrieved from <ftp://jetty.ecn.purdue.edu/spujol/Andres/files/14-0164.PDF>
- Dawe and Seah; (1989). Out-of-plane resistance of concrete masonry infilled panels.
- El-dakhkhni, W. (2017). Three-Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames, 9445(February 2003). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2003\)129](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129)
- Farooquddin, S. (2000). LATERAL STIFFNESS OF INFILLED FRAME WITH DOOR & WINDOW OPENINGS FOR VARYING MODULUS OF, 7–9.
- Francisco J. Crisafulli. (1997). *thesis\_fulltext\_masonry.pdf*. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury.
- Giordano, A., Guadagnuolo, M., & Faella, G. (2008). PUSHOVER ANALYSIS OF PLAN IRREGULAR MASONRY BUILDINGS.
- Kumar, S. R. S. (2017). Cyclic Testing of Hollow Inter-locking Block Masonry.
- Marwahyudi. (2014). The Tensile Strength of Hooked Brick. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 18(7), 323–327. Retrieved from <http://ijettjournal.org/volume-18/number-7/IJETT-V18P266.pdf>
- Marwahyudi. 2019. TEGANGAN GESER BATU BATA BERKONSTRUKSI PADA DINDING RUMAH RAWAN GEMPA. *Astonjadro*, 80–86. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v8i2.2725>
- Paulay, T. (1990). SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE AND MASONRY BUILDINGS.
- Paz, M. (2006). 2.Mario Paz\_ William Leigh-Structural Dynamics\_ Theory and Computation -Springer (2006).pdf.
- Priestley, M. J. N., & Paulay, T. (1992). *Seismic Design Of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. *Administrative Science Quarterly* (Vol. 56). <https://doi.org/10.1080/1369801X.2015.1079499>
- Sindagi, B. (2014). EFFECT OF MODULUS OF MASONRY ON INITIAL LATERAL STIFFNESS OF INFILLED FRAMES WITH OPENINGS, 218–224.

SNI. (2012). Gempa rencana dalam perancangan struktur gedung ini ditetapkan sebagai gempa yang kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen . 2 . 2 . 2 . Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan gedung (pp. 6–39).

SNI O3-4166-1996. (1996). Geser Dinding Pasangan Bata Merah Di Laboratorium, 2, 4166.