

Studi Pengaruh Tinggi Terhadap Kekakuan Dinding Pasangan Bata Menggunakan Variasi Arah Beban Horizontal dan Vertikal

Study of High Effect to Masonry Wall Stiffness Using Variation of Horizontal and Vertical Load Direction

Dzaki Fauzan Rusdin, Fadillawaty Saleh, Fanny Monika, Hakas Prayuda
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Dinding merupakan struktur yang penting untuk melindungi bagian dalam dari suatu rumah atau bangunan. Dinding juga berfungsi untuk memikul dan meneruskan beban dari atap. Keruntuhan dinding bisa menjadi kegagalan struktur yang dapat memakan korban jiwa. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis dalam bentuk pemodelan terhadap dinding yang akan dibangun untuk meninjau kerusakan yang bisa terjadi. Ada 3 jenis dinding yang dimodelkan yaitu dinding dengan lebar 3 meter, 3,5 meter dan 4 meter dengan variasi tinggi dan arah beban. Pemodelan dilakukan menggunakan *software* STERA FEM. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pola kerusakan dinding dan untuk mengetahui pengaruh tinggi terhadap kekakuan dinding. Hasil dari pemodelan menunjukkan bahwa untuk arah beban vertikal atau X, semakin lebar dan semakin tinggi dinding maka nilai deformasi yang terjadi semakin kecil. Untuk arah beban horizontal atau Y, semakin lebar dinding maka nilai deformasi yang terjadi semakin kecil, sedangkan semakin tinggi dinding maka nilai deformasi yang terjadi semakin besar.

Kata kunci: arah beban, dinding bata, deformasi, kekakuan, dan STERA FEM.

Abstract. *Wall is an important structure to protect the inside of a house or building. The wall also functions to carry and forward loads from the roof. Wall collapse can be a structural failure that can make people die. Therefore, it is necessary to do an analysis in the form of modelling to the wall that will be built to review the damage that can be occur. There are 3 types of the wall, that is 3 meter, 3,5 meter and 4 meter of width wall with variaton of high and load direction. The walls are modelled using software STERA FEM. This research was conducted to see the pattern of wall damage and to determine the high effect on wall stiffness. The result from this research shows that for vertical or X load direction, the wider and higher the wall, the deformation value will be smaller. For horizontal or Y load direction, the wider the wall, the deformation value will be smaller while the higher the wall, deformation value will be bigger.*

Key words : load direction, masonry wall, deformation, stiffnes, and STERA FEM.

1. Pendahuluan

Konstruksi bangunan seperti rumah, kantor atau hotel semuanya memiliki struktur yang sudah direncanakan dan diperhitungkan seperti pondasi, kolom atau balok. Namun bagian non struktural seperti dinding biasanya dianggap sebagai beban. Padahal dinding merupakan bagian penting dari struktur namun rapuh untuk runtuh. Dinding merupakan suatu struktur yang yang penting untuk melindungi bagian dalam rumah atau bangunan. Dinding juga menjadi bagian yang penting untuk menyokong beban yang ada di atasnya seperti atap. Pada rumah sederhana, apabila dinding runtuh, maka konstruksi yang ada di atasnya akan ikut runtuh. Kegagalan struktur karena

keruntuhan dinding dapat memakan korban jiwa.

Penelitian yang berkaitan dengan analisis dinding telah banyak dilakukan. Nadege, dkk. (2017) melakukan eksperimen tentang perilaku *in-plane* siklik pada dinding bata dengan perkuatan material komposit. Hasilnya menunjukkan kegagalan geser pada dinding dengan perkuatan CTRC dan GTRC. Kariou, dkk. (2018) melakukan penelitian tentang respon *out-of-plane* dari dinding bata dengan perkuatan *textile-reinforced mortar* (TRM). Hasilnya menunjukkan kegagalan dinding *single* dan *double wythe*. Gattesco dan Boem, (2017) melakukan penelitian tentang perilaku *out-of-plane* pada dinding bata yang diperkuat dengan teknik pelapisan mortar menggunakan

perkuatan GFRP. Hasilnya menunjukkan kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba yang dimulai pada bagian depan dinding diikuti ke arah horizontal. Frapanti, (2018) melakukan penelitian tentang perhitungan kekakuan portal dinding bata pada bangunan bertingkat dengan analisis *pushover*. Hasilnya menunjukkan bahwa kontribusi dinding pengisi yang terbuat dari dinding bata mempengaruhi kekakuan lateral struktur bangunan. Alsayed, dkk. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh ledakan terhadap dinding pengisi bata yang diperkuat dengan GFRP. Hasilnya menunjukkan bahwa laminasi menggunakan GFRP menambah kapasitas kelenturan *out-of-plane* dinding pengisi URM untuk menahan beban ledakan. Zhang, dkk. (2018) melakukan penelitian tentang model numerik perkuatan FRP dinding bata dengan beban gempa *in-plane*. Penelitian menggunakan *software* ABAQUS. Hasilnya menunjukkan bahwa model dinding dengan perkuatan FRP menghasilkan pola kerusakan yang lebih luas dan terdistribusi. Perbandingan antara hasil eksperimen dan hasil numerik menunjukkan kesesuaian antara degradasi kekakuan dan kekuatan puncak. Lin, dkk. (2016) melakukan penelitian tentang uji *out-of-plane* dinding bata tanpa perkuatan dengan bahan tambah ECC. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan ECC bisa meningkatkan kapasitas *out-of-plane* dinding.

Pemodelan pada penelitian ini menggunakan *software* STERA FEM. Dinding yang dimodelkan adalah dinding penuh berbentuk segi empat dengan bahan penyusun batu bata. Lebar dinding yang dimodelkan yaitu 3 meter, 3,5 meter dan 4 meter dengan variasi tinggi dan arah beban.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan pengaruh dari variasi tinggi dan lebar dinding terhadap pola kerusakan dinding.

2. Dinding

Dinding adalah struktur yang penting untuk melindungi bagian dalam suatu bangunan. Menurut wisnumurti, dkk. (2007) dinding memiliki beberapa fungsi yaitu menahan beban, memberikan berat pada keseluruhan bangunan, sebagai peredam bunyi dan radiasi, serta memberikan batasan wilayah (sebagai pemisah ruang).

3. Kekakuan

Kekakuan merupakan ketahanan terhadap deformasi. Menurut leksono, dkk. (2012) kekakuan dan kekuatan dinding bata memiliki pengaruh cukup signifikan pada kinerja bangunan bertingkat rendah.

4. Keruntuhan Dinding

Menurut Prayuda dan Cahyanti (2016) ada 2 jenis keruntuhan pada dinding berdasarkan arah gaya yang bekerja pada dinding yaitu sebagai berikut ini.

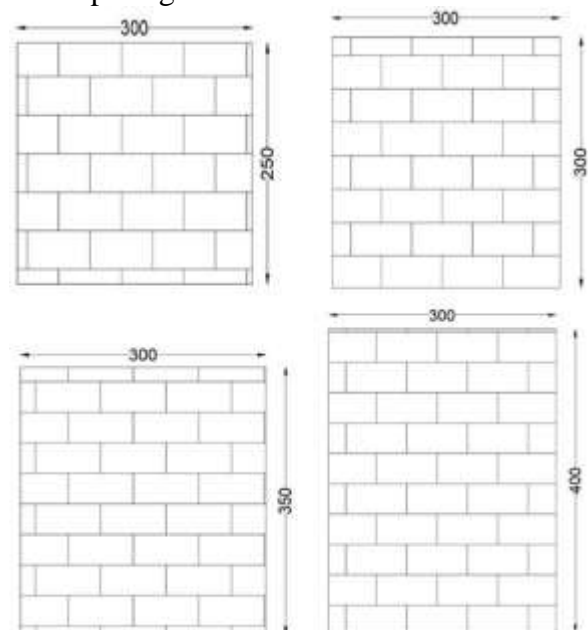
- Out-of-plane failure* yaitu keruntuhan akibat gaya yang bekerja tegak lurus dengan bidang dinding.
- In-plane failure* yaitu keruntuhan yang diakibatkan karena gaya yang sejajar dengan bidang dinding.

5. Material Penyusun Dinding

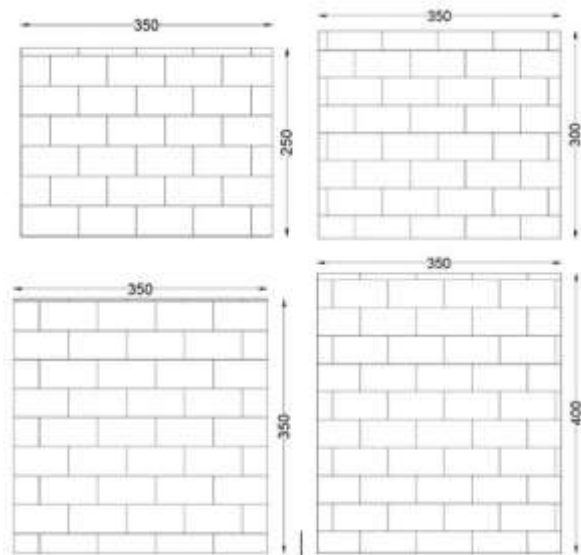
Dalam handayani (2010), batu bata merah adalah unsur bangunan yang digunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah dengan atau tanpa bahan campuran, yang dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur bila direndam air.

6. Benda Uji

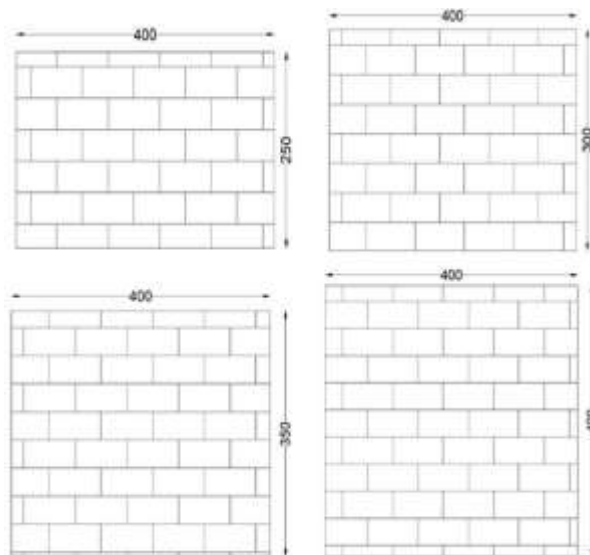
Dinding yang diuji memiliki dimensi yang berbeda. Dimensi tiap dinding dapat dilihat pada gambar



Gambar 1 Dimensi dinding lebar 3 meter



Gambar 2 Dimensi dinding lebar 3,5 meter



Gambar 3 Dimensi dinding lebar 4 meter

7. Data Material

Data material yang digunakan dalam pemodelan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 *Material properties* bata merah (Leksono dkk, 2012; Remayanti dkk, 2011; Pukhkal dan Murgul, 2017)

Parameter	Nilai
Modulus Elastisitas (MPa)	2237,5
Poisson ratio	0,2
Kerapatan (Kg/m ³)	1700

8. Hasil dan Pembahasan

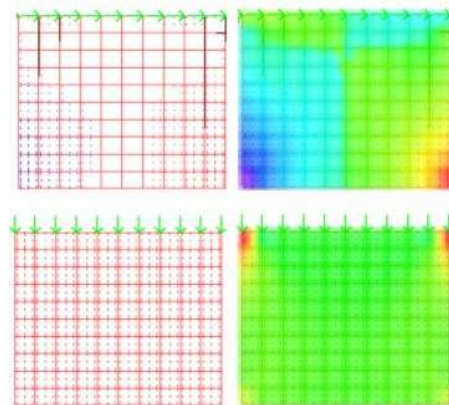
a. Dinding Lebar 3 meter

Pada penelitian ini dilakukan analisis pada dinding dengan lebar 3 meter dengan variasi tinggi 2,5 meter sampai 4 meter. Beban

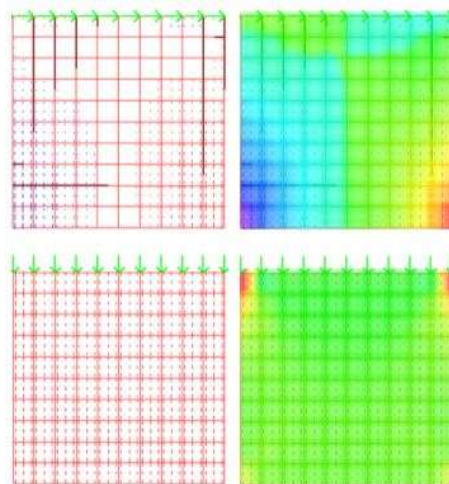
yang digunakan yaitu 2 kN sampai 15 kN. Keretakan pertama dinding dengan tinggi 2,5 meter pada arah beban horizontal terjadi ketika dinding diberi beban 4 kN, sedangkan dinding dengan tinggi 3 sampai 4 meter mengalami keretakan sejak diberi beban awal 2 kN. Pada arah vertikal tidak terjadi keretakan.

Gambar 4 menampilkan hasil pemodelan dinding dengan tinggi 2,5 meter. Gambar tersebut menjelaskan bahwa pola kerusakan dinding akibat beban 15 kN dengan arah X, terjadi tarik pada bagian kiri bawah dan tekan pada sudut kanan bawah. Beban arah Y mengakibatkan tekan pada sudut atas kanan dan kiri. Gambar 5,6,7 menampilkan hasil pemodelan dinding dengan tinggi 3 meter, 3,5 meter dan 4 meter. Pola kerusakan yang terjadi sama dengan pola kerusakan pada dinding tinggi 2,5 meter. Namun, besar defleksi yang terjadi berbeda.

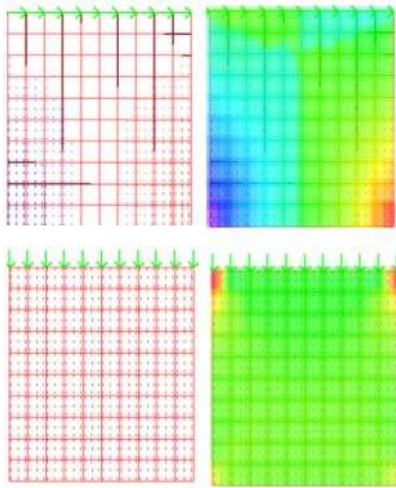
Tabel 2 menampilkan nilai defleksi dinding dan Gambar 8 dan 9 menampilkan grafik hubungan defleksi dan beban.



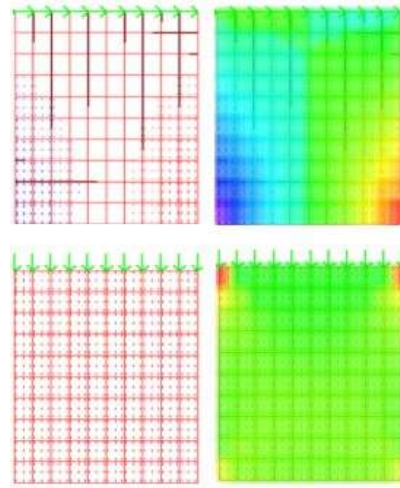
Gambar 4 Pola Kerusakan Dinding tinggi 2,5 meter



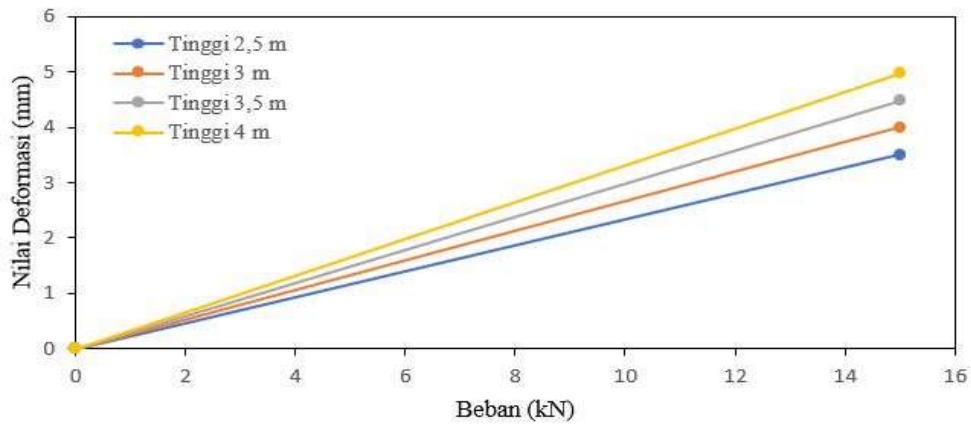
Gambar 5 Pola kerusakan dinding tinggi 3 meter



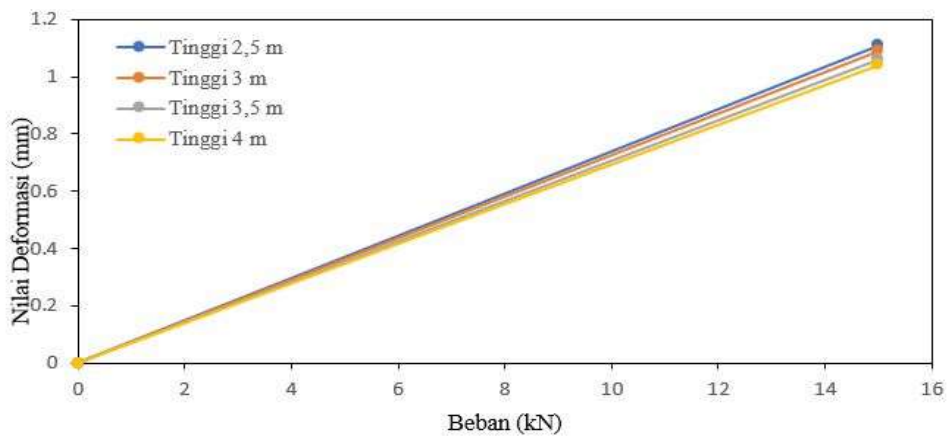
Gambar 6 Pola keruksan dinding tinggi 3,5 meter



Gambar 7 Pola keruksan dinding tinggi 4 meter



Gambar 8 Hubungan antara nilai deformasi dinding dan beban arah X



Gambar 9 Hubungan antara nilai deformasi dinding dan beban arah Y

Tinggi Dinding (m)	Arah Beban (15 kN)	
	X	Y
2,5	3,50	1,11
3	3,99	1,09
3,5	4,48	1,06
4	4,97	1,04

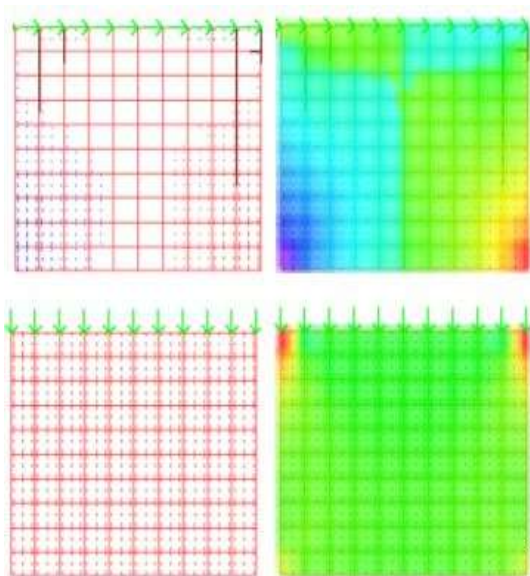
b. Dinding Lebar 3,5 meter

Pada penelitian ini dilakukan analisis pada dinding dengan lebar 3,5 meter dengan variasi tinggi 2,5 meter sampai 4 meter. Beban yang digunakan yaitu 2 kN sampai 15 kN. Dinding dengan tinggi 2,5 sampai 4 meter mengalami keretakan sejak diberi beban awal 2 kN. Pada arah vertikal tidak terjadi keretakan.

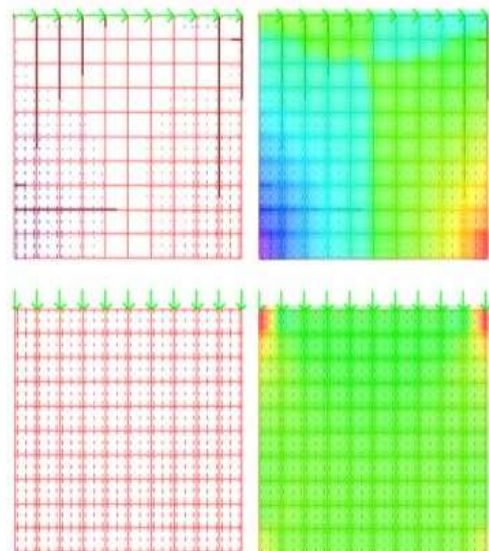
Gambar 10 menampilkan hasil pemodelan dinding dengan tinggi 2,5 meter. Gambar tersebut menjelaskan bahwa pola kerusakan dinding akibat beban 15 kN dengan arah X, terjadi tarik pada bagian kiri bawah dan tekan pada sudut kanan bawah. Beban arah Y mengakibatkan tekan pada sudut atas kanan dan kiri. Gambar 11,12,13 menampilkan hasil pemodelan dinding dengan tinggi 3 meter, 3,5 meter dan 4 meter. Pola kerusakan yang terjadi sama dengan pola kerusakan pada dinding tinggi 2,5 meter. Namun, besar defleksi yang terjadi berbeda.

Tabel 3 menampilkan nilai defleksi dinding dan Gambar 14 dan 15 menampilkan grafik hubungan defleksi dan beban.

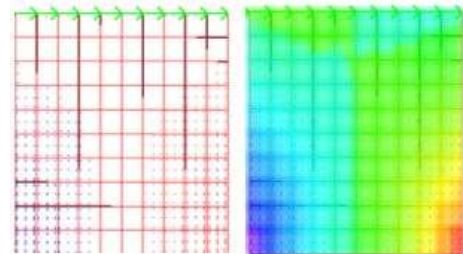
Tabel 3 Nilai Deformasi Dinding		
Tinggi Dinding (m)	Arah Beban (15 kN)	
	X	Y
2,5	2,71	0,97
3	3,07	0,95
3,5	3,43	0,93
4	3,80	0,91



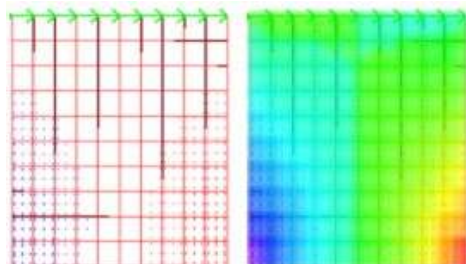
Gambar 10 Pola Kerusakan Dinding tinggi 2,5 meter



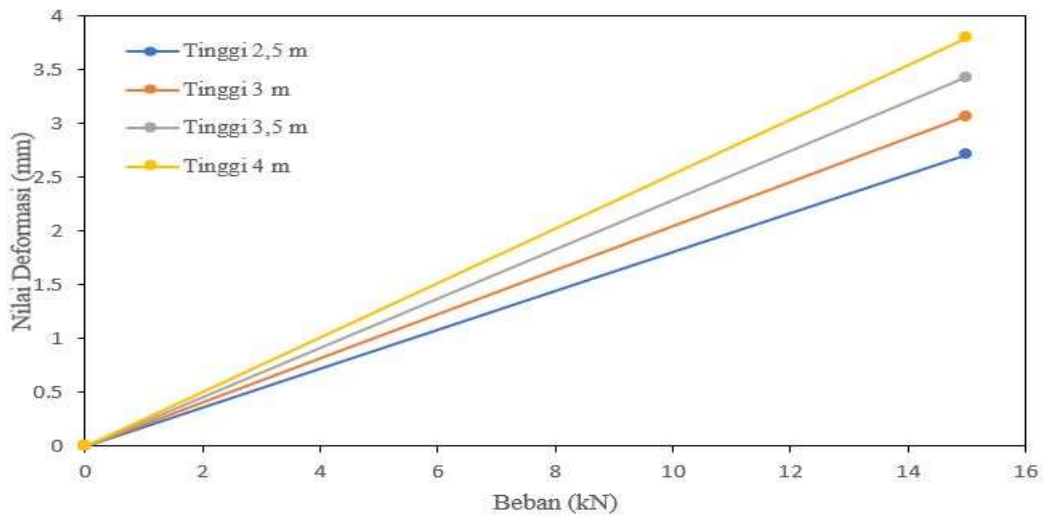
Gambar 11 Pola kerusakan dinding tinggi 3 meter



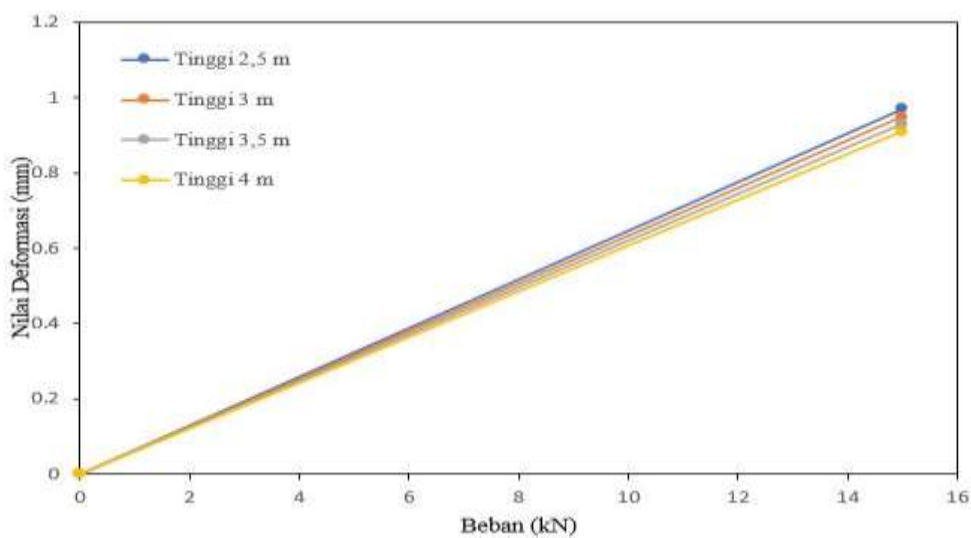
Gambar 12 Pola keruksan dinding tinggi 3,5 meter



Gambar 13 Pola kerusakan dinding tinggi 4 meter



Gambar 14 Hubungan antara nilai deformasi dinding dan beban arah X



Gambar 15 Hubungan antara nilai deformasi dinding dan beban arah Y

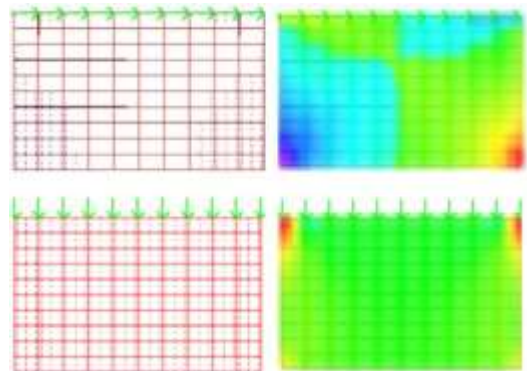
c. Dinding Lebar 4 meter

Pada penelitian ini dilakukan analisis pada dinding dengan lebar 3,5 meter dengan variasi tinggi 2,5 meter sampai 4 meter. Beban yang digunakan yaitu 2 kN sampai 15 kN. Dinding dengan tinggi 2,5 meter pada arah horizontal mengalami keretakan pertama ketika diberi beban 3 kN, sedangkan dinding tinggi 3 sampai 4 meter mengalami keretakan sejak diberi beban awal 2 kN. Pada arah vertikal tidak terjadi keretakan.

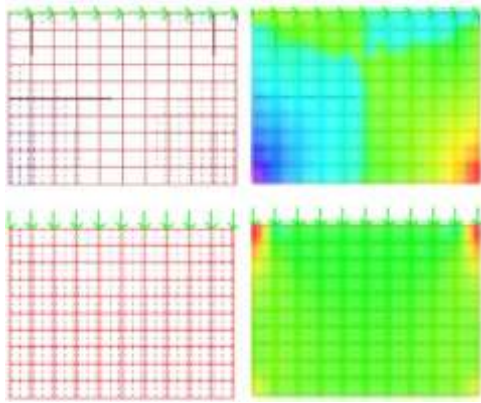
Gambar 16 menampilkan hasil pemodelan dinding dengan tinggi 2,5 meter. Gambar tersebut menjelaskan bahwa pola kerusakan dinding akibat beban 15 kN dengan arah X, terjadi tarik pada bagian kiri bawah dan tekan pada sudut kanan bawah. Beban arah Y mengakibatkan tekan pada sudut atas kanan dan kiri. Gambar 17,18,19 menampilkan hasil pemodelan dinding dengan tinggi 3 meter, 3,5

meter dan 4 meter. Pola kerusakan yang terjadi sama dengan pola kerusakan pada dinding tinggi 2,5 meter. Namun, besar defleksi yang terjadi berbeda.

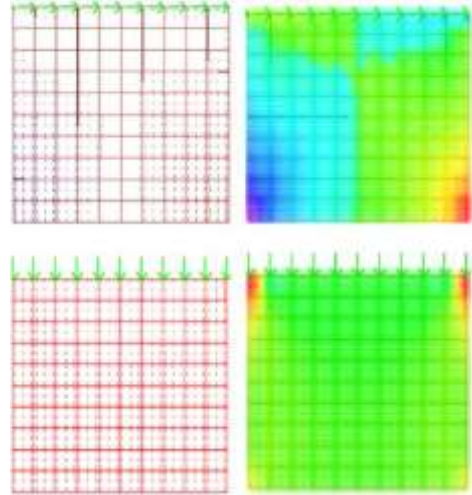
Tabel 4 menampilkan nilai defleksi dinding dan Gambar 20 dan 21 menampilkan grafik hubungan defleksi dan beban.



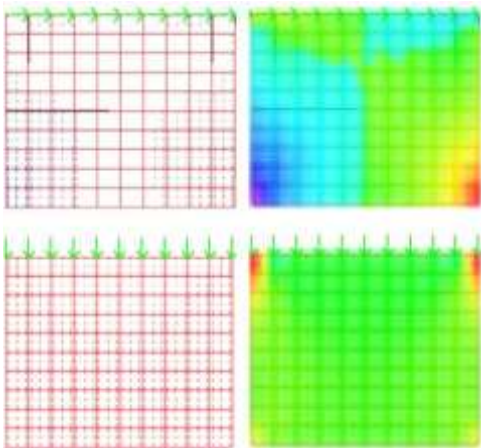
Gambar 16 Pola kerusakan dinding tinggi 2,5 meter



Gambar 17 Pola kerusakan dinding tinggi 3 meter



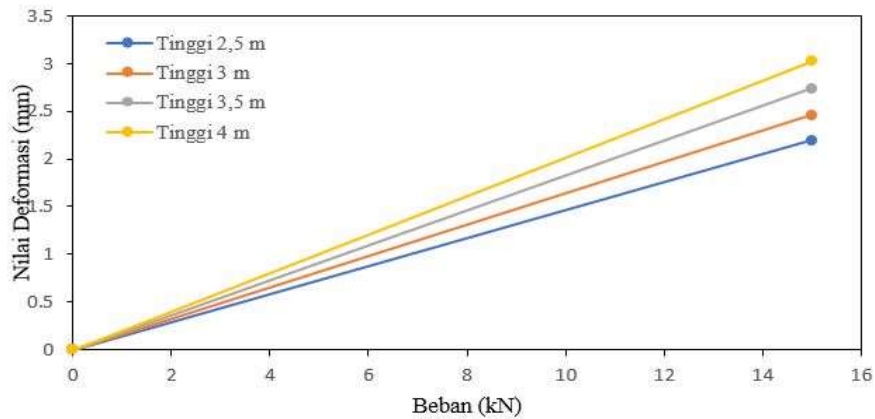
Gambar 19 Pola kerusakan dinding tinggi 4 meter



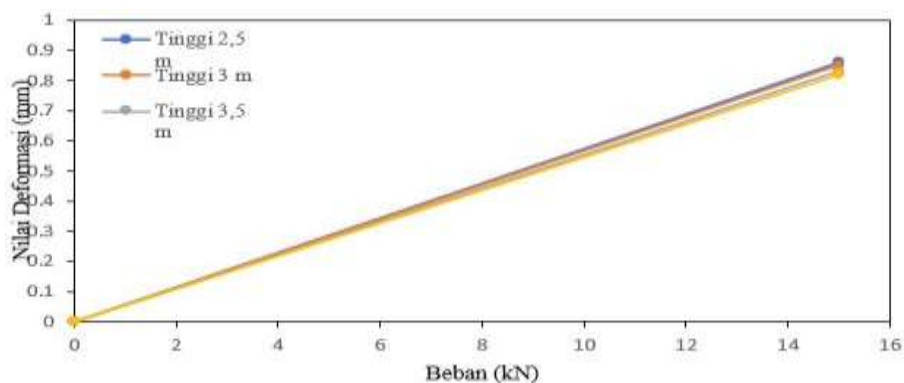
Gambar 18 Pola kerusakan dinding tinggi 3,5 meter

Tabel 4 Nilai Deformasi Dinding

Tinggi Dinding (m)	Arah Beban (15 kN)	
	X	Y
2,5	2,19	0,86
3	2,46	0,85
3,5	2,74	0,83
4	3,02	0,82



Gambar 20 Hubungan antara nilai deformasi dinding dan arah beban X



Gambar 21 Hubungan antara nilai deformasi dinding dan arah beban Y

9. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan *software* STERA FEM dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

- a. Pola kerusakan pada dinding, terjadi tekan pada bagian kanan bawah dan tarik pada bagian kiri bawah untuk beban arah X, kemudian terjadi tekan pada bagian sudut atas kanan dan kiri untuk arah beban Y.
- b. Tiap tipe dinding yang diuji menggunakan variasi tinggi dan lebar menghasilkan pola kerusakan yang sama. Namun, nilai defleksi tiap dinding berbeda. Untuk arah beban X, semakin lebar dan semakin tinggi dinding maka nilai defleksi yang terjadi semakin kecil. Untuk arah beban Y, semakin lebar dinding maka nilai defleksi semakin kecil, sedangkan semakin tinggi dinding maka nilai defleksi semakin besar.

10. Daftar Pustaka

- Alsayed Saleh H., H.M. Elsanadedy, Zaki M. Al-Zaheri, Yousef A. Al-Salloum, H. Abbas. 2016. Blast response of GFRP-strengthened infill masonry walls. *Construction and Building Materials*, 438-451.
- Drougkas Anastasios, Pere Roca, Climent Molins. 2019. Experimental analysis and detailed micro modeling of masonry walls subjected to in-plane shear. *Engineering Failure Analysis*, 82-95.
- Frapanti Sri. 2018. Studi pengaruh kekakuan portal dinding bata pada bangunan bertingkat dari beberapa negara dengan *pushover*. *Jurnal Education Building*, 1-10.
- Gattesco Natalino dan Boem Ingrid. 2017. Out-of-plane behavior of reinforced masonry walls: Experimental and numerical study. *Composite Part B*, 39-52.
- Gourav K. dan Reddy B.V. Venkatarama. 2018. Out-of-plane flexure behavior of fly ash-lime-gypsum brick masonry walls. *Engineering Structures*, 241-250.
- Hakas Prayuda dan Cahyanti Martyana Dwi. 2016. Gaya lateral in plane struktur dinding pasangan bata ½ batu melalui beban statik. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 370-377.
- Handayani Sri. 2010. Kualitas batu bata merah dengan penambahan serbuk gergaji. *Jurnal Teknik Sipil dna Perencanaan*. 41-50.
- Kariou F.A., S.P. Triantafyllou, D.A. Bournas, L.N. Koutas. 2018. Out-of-plane response of masonry walls strengthened using textile-mortar system. *Construction and Building Materials*, 769-781.
- Lin Y., Derek Lawley, Liam Wotherspoon, Jason M. Ingham. 2016. Out-of-plane Testing of Unreinforced Masonry Walls Strengthened Using ECC Shotcrete. *Structures*, 33-42.
- Ma Qingsong, Hiroatsu Fukuda, Myonghyang Lee, Takumi Kobatake, Yuko Kuma, Akihito Ozaki. 2018. Study on the utilization of heat in the mechanically ventilated trombe wall in a house with a central air conditioning and air circulation system. *Applied Energy*, 861-871.
- Martinez Marcos dan Atamturktur Sez. 2018. Experimental and numerical evaluation of reinforced dry-stacked concrete masonry walls. *Journal of Building Engineering*, 1-40.
- Nadege Reboul, Mesticou Zyed, Si Larbi Amir, Ferrier Emmanuel. 2018. Experimental study of the in-plane cyclic behavior of masonry walls strengthened by composite materials. *Constructional and Building Materials*, 70-83.
- Redha Sadhu Leksono, Data Iranata, Heppy Kristijanto. 2012. Studi pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata

- pada bangunan bertingkat. *Jurnal Teknik ITS*, 1-4.
- Remayanti Christin, Sri Murni Dewi, Alwafi Pujiraharjo. 2011. Analisis dinding pasangan batu bata terhadap respon beban berulang dengan metode elemen hingga. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 57-67.
- Viktor Pukhkal dan Vera Murgul. 2017. Calculated heat-and-technical indicators of brick external walls of the historical residential buildings. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1-5.
- Wisnumurti, Agoes Soehardjono, Kiki Andriana Palupi. 2007. Optimalisasi penggunaan komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan dinding pasangan bata merah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1-8.
- Zainuri Ach. Muhib. 2008. Kekuatan Bahan. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Zhang si, Dongmin Yang, Yong Sheng, Stephen W. Garrity, Lihua Xu. 2017. Numerical modelling of FRP-reinforced masonry walls under in-plane seismic loading. *Construction and Building Materials*, 649-663.