

ANALISA SHEAR WALL TERHADAP BEBAN SIKLIK DENGAN PROGRAM BANTU BERBASIS FINITE ELEMENT

Rafli Putra Rahadi^{1*}, Resti Nur Arini¹, Fadli Kurnia¹

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila
Jl. Raya Lenteng Agung, Srengseng Sawah, Jakarta 12640

*email: rafliputrasahadi@gmail.com

Diterima : 10 Agustus 2024
Direvisi : 30 Agustus 2024

Disetujui : 26 September 2024
Diterbitkan : 30 November 2024

Abstract: Buildings must have good rigidity and ductility in order not to collapse when receiving cyclic loads, therefore buildings need additional structural reinforcement to withstand cyclic loads from earthquakes. One of the structural reinforcements is a shear wall. Shear walls function to increase the stiffness of the structure, resist lateral loads and can reduce lateral deflection, because shear walls can provide a stiffening effect on the structure and provide good ductility to the structure. During an earthquake, shear walls are permitted to be damaged to dissipate the earthquake energy received by the structure. When the structure is given a cyclic load, the energy dissipation can be calculated based on the area (hysteresis loop) of the lateral force relationship that occurred. The research will compare two types of shear walls. The shear walls used are free standing shear wall and coupled shear wall. From the two types of shear walls, it will be seen which type has better ductility and energy dissipation with finite element analysis. From the results of this study, the ductility value obtained for free standing shear wall is 3.69 and coupled shear wall is 3.859. Coupled shear wall has 2.24% better ductility than free standing shear wall. The energy dissipation obtained in free standing shear wall is 0.428 and coupled shear wall is 0.4.

Keywords: Energy dissipation, ductility, finite element method, time history, hysteresis loop

Abstrak: Bangunan gedung harus memiliki kekakuan dan daktilitas yang baik agar tidak runtuh saat menerima beban siklik, oleh karena itu bangunan gedung membutuhkan perkuatan struktur tambahan untuk dapat menahan beban siklik dari gempa. Salah satu perkuatan struktur adalah dinding geser (*shear wall*). Dinding geser berfungsi untuk menambah kekakuan struktur, menahan beban lateral dan dapat membatasi defleksi lateral, karena dinding geser dapat memberikan efek kekakuan pada struktur dan memberikan daktilitas yang baik pada struktur. Pada saat terjadi gempa dinding geser diperbolehkan untuk mengalami kerusakan untuk disipasi energi gempa yang diterima struktur. Pada saat struktur diberikan beban siklik maka nilai disipasi energi dapat dihitung berdasarkan luas daerah (*hysteresis loop*) dari hubungan gaya lateral yang terjadi. Pada penelitian ini akan membandingkan dua jenis dinding geser (*shear wall*). Dinding geser yang digunakan yaitu *free standing shear wall* dan *coupled shear wall*. Dari kedua jenis dinding geser tersebut akan dilihat jenis mana yang memiliki daktilitas dan disipasi energi yang lebih baik dengan analisa elemen hingga. Dari hasil penelitian ini, nilai daktilitas yang didapat pada *free standing shear wall* sebesar 3,69 dan *coupled shear wall* sebesar 3,859. *Coupled shear wall* memiliki daktilitas 2,24% lebih baik daripada *free standing shear wall*. Disipasi energi yang didapatkan pada *free standing shear wall* sebesar 0,428 dan *coupled shear wall* sebesar 0,4.

Kata kunci : disipasi energi, daktilitas, metode elemen hingga, time history, *hysteresis loop*

1. PENDAHULUAN

Perkotaan besar di Indonesia yang padat penduduk banyak ditemui bangunan gedung bertingkat. Bangunan

gedung bertingkat dijadikan sebagai alternatif pembangunan karena terbatasnya lahan pada perkotaan [1]. Perencanaan bangunan gedung bertingkat harus

memperhatikan kekuatan struktur. Struktur bangunan gedung bertingkat harus memiliki kekakuan yang baik agar dapat menahan beban dan harus memiliki simpangan yang kecil agar nyaman untuk ditinggali [2].

Indonesia menjadi salah satu negara rawan mengalami gempa. Hal ini terjadi karena Indonesia terletak di empat lempeng tektonik utama, oleh sebab itu bangunan gedung akan mengalami simpangan lateral saat terjadinya gempa. Jika simpangan lateral melebihi batas aman maka bangunan gedung akan mengalami keruntuhan [3]. Perilaku runtuhnya struktur bangun gedung pada saat kondisi inelastis [4].

Gempa memberikan dampak kerusakan pada bangunan gedung. Bangunan gedung harus memperhitungkan gaya gempa karena gempa dapat menyebabkan beban siklik (*cyclic loading*). Bangunan gedung harus memiliki kekakuan dan daktilitas yang baik agar tidak runtuh saat menerima beban siklik [5].

Beban siklik adalah pembebanan yang berulang, sama halnya dengan tekanan yang berulang secara teratur pada suatu bagian yang terkadang menyebabkan terjadinya faktor kelelahan (*fatigue*). Beban siklik juga dapat diartikan sebagai beban gempa yang terjadi pada bangunan gedung bertingkat secara bolak – balik (2 arah) [6].

Daktilitas adalah kemampuan sebuah struktur untuk mengalami lendutan yang sangat besar sebelum terjadinya keruntuhan saat telah mencapai beban maksimal. Daktilitas menjadi salah satu hal yang penting dalam perencanaan struktur bangunan selain dari kekakuan dan kekuatan. Elemen struktur dengan daktilitas besar dapat menyerap energi yang lebih banyak dibandingkan dengan elemen struktur dengan daktilitas kecil atau getas [7].

Dinding Geser (*shear wall*) adalah dinding struktural yang terbuat dari beton bertulang yang direncanakan untuk dapat menahan geser dan gaya lateral dari gempa. Dinding geser harus memiliki kekakuan yang memadai agar dapat mengurangi simpangan antar lantai yang disebabkan oleh beban lateral seperti gempa [8]. Dinding geser berfungsi untuk menambah kekakuan struktur, menahan beban lateral dan dapat membatasi defleksi lateral [9][10]. Karena dinding geser dapat memberikan efek kekakuan pada struktur dan memberikan daktilitas yang baik pada struktur [11].

Pada saat terjadi gempa dinding geser diperbolehkan untuk mengalami kerusakan untuk disipasi energi gempa yang diterima struktur, namun dinding geser diharapkan tidak mengalami keruntuhan [12]. Kapasitas disipasi energi adalah salah satu parameter penting untuk struktur yang dapat menahan periode ulang gempa. Pada saat struktur diberikan beban siklik maka nilai disipasi energi dapat dihitung

berdasarkan luas daerah (*hysteresis loop*) dari hubungan gaya lateral yang terjadi [13].

Pada penelitian “Tegangan Regangan pada Dinding Geser Berbasis Finite Element” didapatkan nilai tegangan maksimum pada *free standing shear wall* sebesar 10277,8 kN/m² dan pada *coupled shear wall* sebesar 16680 kN/m². Nilai regangan pada *free standing shear wall* sebesar $7,2 \times 10^{-5}$ dan pada *coupled shear wall* sebesar $9,8 \times 10^{-5}$. Dari hasil penelitian tersebut *coupled shear wall* memiliki daktilitas yang lebih baik daripada *free standing shear wall* [14].

Penelitian ini akan membandingkan dua jenis dinding geser (*shear wall*). Dinding geser yang digunakan yaitu *free standing shear wall* dan *coupled shear wall*. Dari kedua jenis dinding geser tersebut akan dilihat jenis mana yang memiliki daktilitas dan disipasi energi yang lebih baik dengan analisa elemen hingga.

2. METODE PENELITIAN

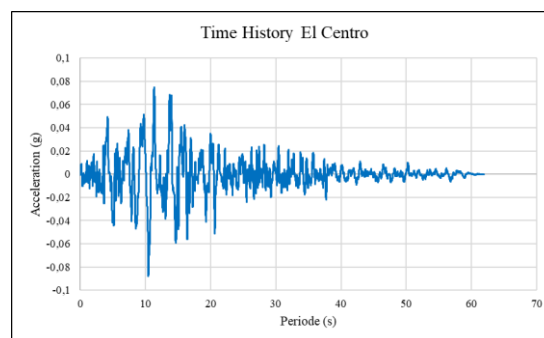
Penelitian ini akan menganalisis dinding geser menggunakan program bantu berbasis *finite element*. Geometri dinding geser yang ditinjau memiliki tebal 0,4 meter, lebar 3,3 meter dan tinggi 10,5 meter. Material yang digunakan yaitu beton $F'c$ 40 MPa. Modulus elastisitas beton menggunakan **Persamaan 1**.

$$E_c = 4700 \sqrt{F'c} \quad (1)$$

Massa jenis beton $2,4 \times 10^{-9}$ Ton/mm³ dan rasio *poisson* ν sebesar 0,2.

Time History

Pembebanan digunakan yaitu hanya beban siklik dari *time history* El – Centro tahun 1979 dengan nilai magnitudo 7,1. Data diambil dari motion ground PEER Database. *Time history* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Time history El - Centro 1979

Daktilitas

Pada penelitian ini akan mencari nilai dari daktilitas simpangan yang dapat dihitung dengan **Persamaan 2**.

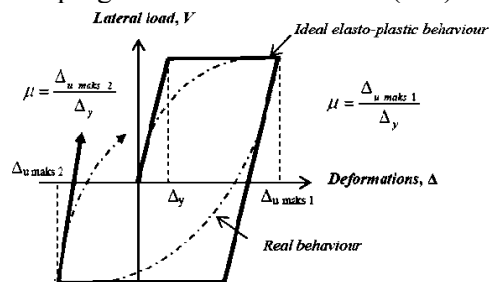
$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (2)$$

Dimana:

μ_{Δ} = Daktilitas Simpangan

Δ_u = Simpangan Kondisi Ultimate (mm)

Δ_y = Simpangan Kondisi leleh Pertama (mm)



Gambar 2. Daktilitas pada *hysteresis loop*

Disipasi Energi

Untuk mengetahui hasil dari disipasi energi dilakukan perhitungan luas dari *hysteresis loop*. Perhitungan pertama dengan mencari nilai regangan maksimal dengan menggunakan luas segitiga (E_{So}) dan menghitung luasan tertutup dari *hysteresis loop* (E_D) [15]. Lalu dapat dihitung disipasi energi dengan **Persamaan 3**.

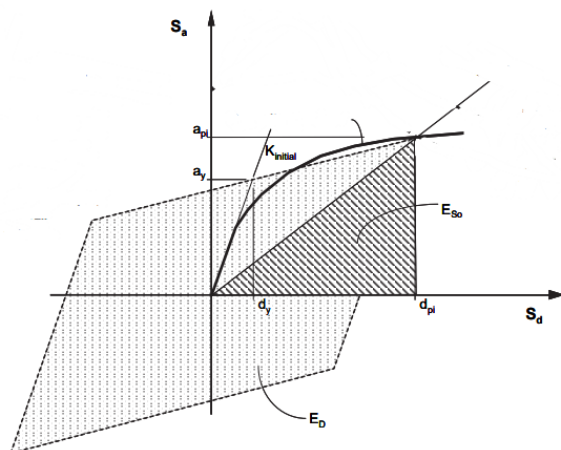
$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi} \times \frac{E_D}{E_{So}} \quad (3)$$

Dimana:

β_0 : disipasi energi

E_D : luasan tertutup dari *hysteresis loop* (mm^2)

E_{So} : nilai regangan maksimal ($a_{pi} d_{pi} / 2$) (mm^2)

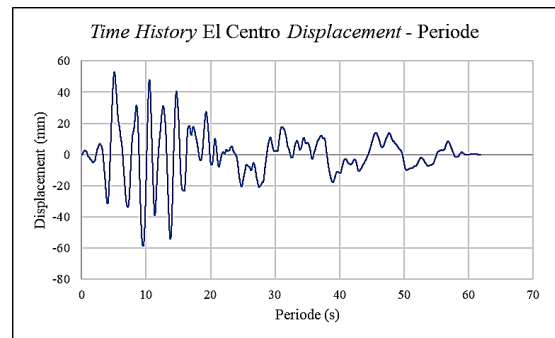


Gambar 3. Luasan *hysteresis loop*

3. HASIL PEMBAHASAN

Time History

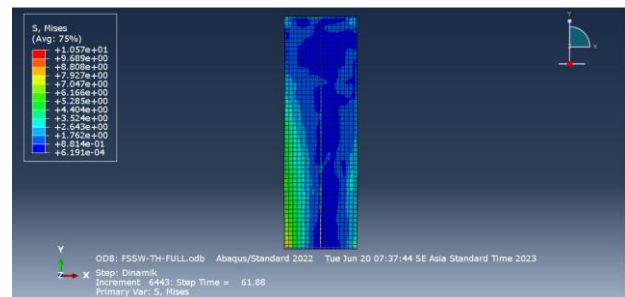
Penelitian ini menggunakan *time history displacement* terhadap periode. Untuk mengubah *time history* dari percepatan terhadap periode menjadi *displacement* terhadap periode digunakan program bantu yaitu SeismoSignal. Grafik *time history* El Centro *displacement* terhadap periode hasil dari SeismoSignal dapat dilihat pada **Gambar 5**.



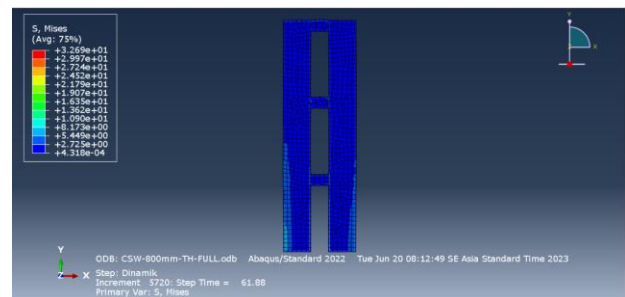
Gambar 4. Grafik Time History El Centro displacement terhadap periode

Hasil Tegangan

Dari hasil perbandingan tegangan dapat dilihat seperti pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



Gambar 5. Hasil analisa *free standing shear wall*

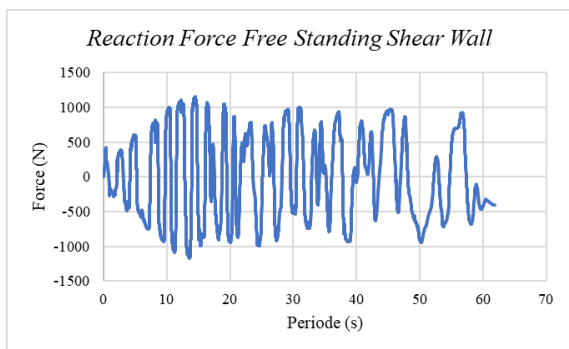


Gambar 6. Hasil analisa *coupled shear wall*

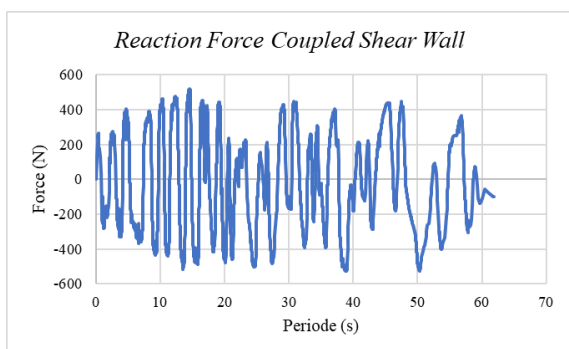
Hasil dari analisa berupa deformasi dan kontur warna pada model elemen *shear wall*. Kontur warna menunjukkan hasil dari regangan dan tegangan yang terjadi pada model elemen *shear wall*. Warna merah pada kontur warna menunjukkan nilai tegangan terbesar dan warna biru menunjukkan nilai tegangan terkecil pada model elemen *shear wall*. Nilai tegangan yang didapat *free standing shear wall* sebesar 10,57 MPa dan *coupled shear wall* sebesar 32,69 MPa.

Analisa Reaction Force

Dari hasil pemodelan maka diperoleh reaction force pada *shear wall* dan *couple shear wall*. Hasil perbandingan dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.

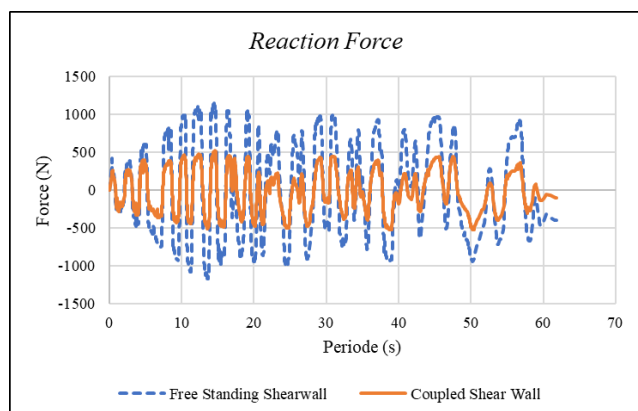


Gambar 7. Grafik hasil *reaction force free standing shear wall*



Gambar 8. Grafik hasil *reaction force coupled shear wall*

Pada Gambar 7 dan Gambar 9 dapat diketahui bahwa gaya terbesar yang terjadi pada *free standing shear wall* sebesar 1174,07 N pada periode ke 13,56 s. Sedangkan untuk gaya terbesar yang terjadi pada *coupled shear wall* sebesar 528,622 N pada periode ke 38,91 s. *Reaction force* yang terjadi pada *free standing shear wall* lebih besar dari *coupled shear wall*. Untuk perbandingan *reaction force* dapat dilihat pada Gambar 9.

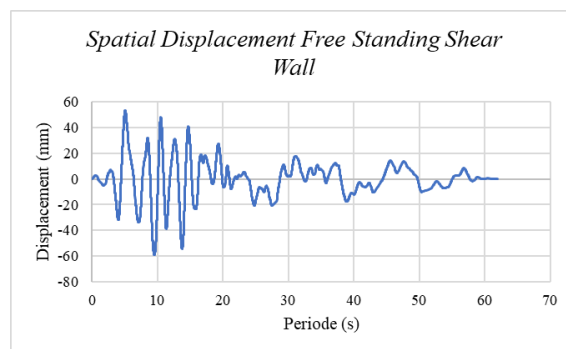


Gambar 9. Grafik perbandingan *reaction force*

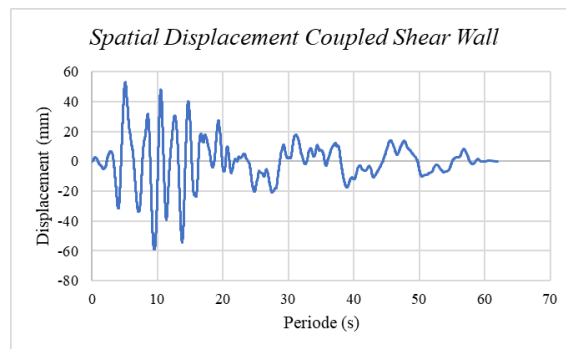
Dari Gambar 9 menunjukkan perbandingan dari *reaction force* pada model *free standing shear wall* dan *coupled shear wall* terlihat perbedaan yang sangat besar. *Free standing shear wall* memiliki gaya yang sangat besar dibandingkan dengan *coupled shear wall*.

Analisa *Spatial Displacement*

Hasil analisa untuk *spatial displacement* dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik hasil *spatial displacement free standing shear wall*



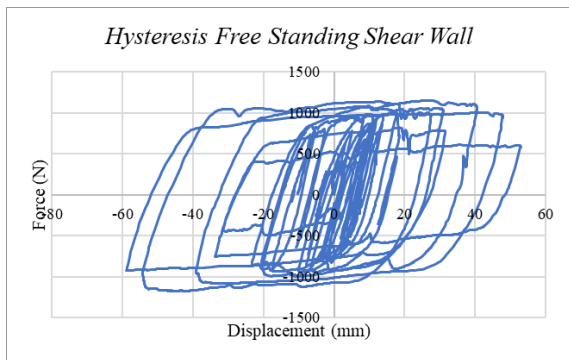
Gambar 11. Grafik hasil *spatial displacement coupled shear wall*

Grafik pada Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa *displacement* terbesar yang terjadi pada *free standing shear wall* sebesar 58,79 mm pada periode ke 9,55 s. Sedangkan *displacement* terbesar yang terjadi pada *coupled shear wall* sebesar -58.793 mm pada periode ke 9,54 s. *Displacement* dari kedua model tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

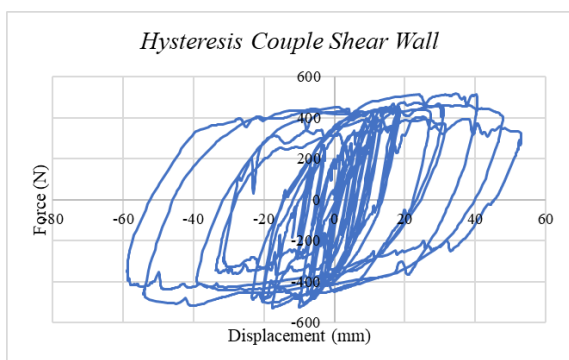
Hysteresis Curve

Hasil dari analisa menggunakan Abaqus didapatkan kurva *hysteresis*. Kurva *hysteresis* menunjukkan antara *force* dengan *displacement*. Untuk kurva *hysteresis* dapat dilihat pada Gambar 12 kurva *hysteresis* pada *free standing shear wall* dan Gambar 13 kurva *hysteresis* pada *coupled shear wall*.

Dari kedua model, kurva *hysteresis free standing shear wall* lebih besar dibandingkan dengan kurva *hysteresis coupled shear wall*. Perbedaan yang terlihat pada *reaction force* pada kedua model. Semakin besar bentuk kurva *hysteresis* maka semakin besar juga disipasi energi yang terjadi pada elemen tersebut.



Gambar 12. Hysteresis curve free standing shear wall



Gambar 13. Hysteresis curve couple shear wall

Daktilitas

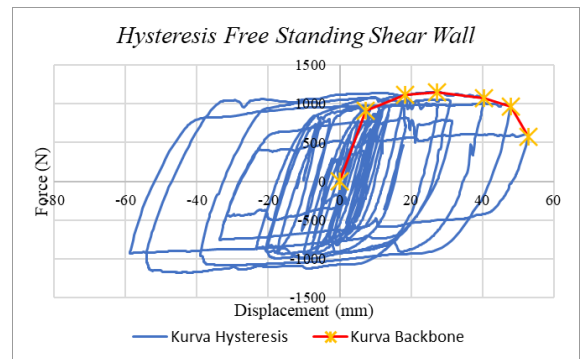
Hasil dari kurva *hysteresis* pada Gambar 12 dan Gambar 13 dapat dilakukan analisa untuk mengetahui karakteristik bangunan dengan menambahkan kurva *backbone*. Analisa dapat dilakukan dengan membandingkan kurva *backbone* hasil dari kurva *hysteresis* dengan kurva ideal berdasarkan FEMA 440. Kurva *backbone* untuk *hysteresis free standing shear wall* dan *coupled shear wall* dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.

Hasil dari kurva *backbone* Gambar 15 dan Gambar 16 kedua model tersebut termasuk bangunan yang bersifat daktil. Untuk menghitung daktilitas simpangan (μ_{Δ}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2, untuk mendapatkan hasil simpangan keadaan *ultimate* dan simpangan keadaan leleh pertama dapat dilihat dari kurva *backbone*.

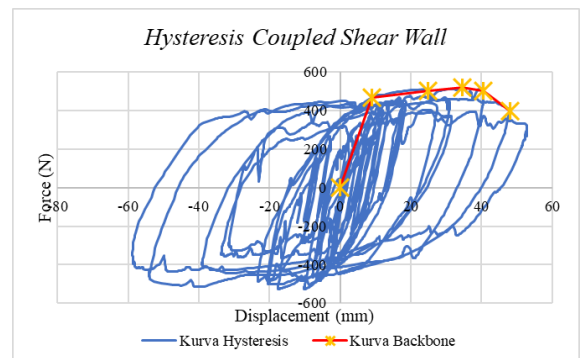
Untuk daktilitas dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17. Pada Gambar 16, model *free standing shear wall* memiliki nilai simpangan pada kondisi *ultimate* (Δ_u) sebesar 27.291 mm dan simpangan kondisi leleh pertama (Δ_y) sebesar 7,395 mm. Sehingga untuk nilai daktilitas simpangan pada model *free standing shear wall* sebesar 3,69.

Pada Gambar 17, model *coupled shear wall* memiliki nilai simpangan pada kondisi *ultimate* (Δ_u) sebesar 34,506 mm dan simpangan kondisi leleh pertama (Δ_y) sebesar 8,941 mm. Sehingga untuk nilai daktilitas

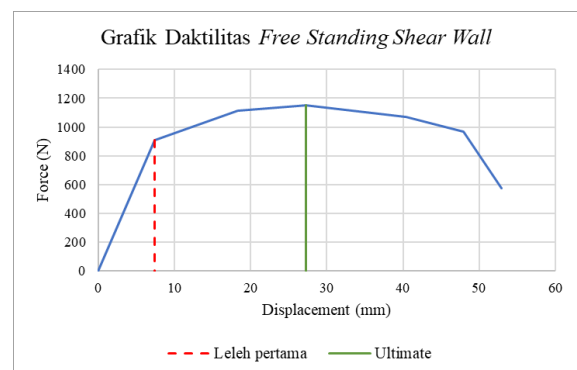
simpangan pada model *coupled shear wall* sebesar 3,859. Dari kedua model tersebut *coupled shear wall* memiliki nilai daktilitas simpangan lebih besar dari *free standing shear wall* dengan selisih nilai 0,169.



Gambar 14. Backbone pada hysteresis curve free standing shear wall



Gambar 15. Backbone pada hysteresis curve coupled shear wall



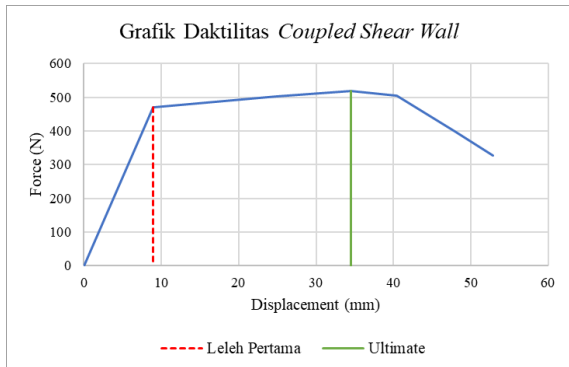
Gambar 16. Grafik daktilitas free standing shear wall

Disipasi Energi

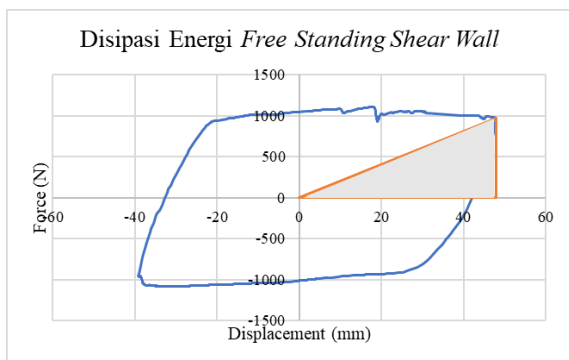
Disipasi energi pada kurva *hysteresis* dapat dihitung dengan menghitung luasan dari kurva tersebut. Perhitungan melihat dari kurva energi yang terserap (E_D) dan regangan maksimal (E_{So}) dari kedua perhitungan luas tersebut maka dapat menghitung β_0 .

Model *free standing shear wall* memiliki energi yang terserap (E_D) sebesar 124994,269 dan nilai

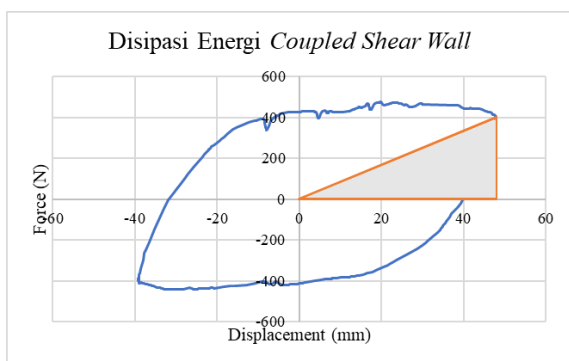
regangan maksimal (E_{SO}) sebesar 23237,41. Sehingga untuk nilai disipasi energi (β_0) pada model *free standing shear wall* sebesar 0,428.



Gambar 17. Grafik daktilitas *coupled shear wall*



Gambar 18. Disipasi energi *free standing shear wall*



Gambar 19. Disipasi energi *coupled shear wall*

Model *coupled shear wall* memiliki energi yang terserap (E_D) sebesar 48100,79 mm² dan nilai regangan maksimal (E_{SO}) sebesar 9576,056 mm². Sehingga untuk nilai disipasi energi (β_0) pada model *coupled shear wall* sebesar 0,4. Dari kedua model tersebut *coupled shear wall* memiliki nilai disipasi energi lebih besar dari *free standing shear wall* dengan selisih nilai 0,028.

Dengan melihat hasil analisa pemodelan *shearwall* dan *couple shearwall*, penggunaan *couple shearwall*

menunjukkan nilai daktilitas lebih baik dan terlihat seperti pada Gambar 19 yang memiliki serapan energi lebih besar.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kedua model dinding geser memiliki karakteristik daktil menurut kurva FEMA 440. Dari hasil perhitungan nilai daktilitas simpangan pada *free standing shear wall* sebesar 3,69 dan untuk *coupled shear wall* sebesar 3,859. *Coupled shear wall* memiliki daktilitas 2,24% lebih baik daripada *free standing shear wall*. Disipasi energi yang didapatkan pada *free standing shear wall* sebesar 0,428 dan *coupled shear wall* sebesar 0,4. Hasil dari analisa *free standing shear wall* memiliki disipasi energi lebih besar 3,38% dari *coupled shear wall*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Faisal, T. A. Putera, dan M. Purba, "Evaluasi Jarak Aman Antara Struktur Srpmm Tinggi Dengan Struktur Srpmm Disebelahnya Terhadap Gempa," *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, vol. 4, no. 1, hlm. 56–61, 2018.
- [2] K. Siajaya, R. S. Windah, dan B. D. Handono, "Respons Struktur Gedung Bertingkat Dengan Variasi Kekakuan Kolom Akibat Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 6, no. 6, hlm. 411–422, 2018.
- [3] T. Amirshyah Putera dan A. Faisal, "Evaluasi Perbandingan Simpangan Struktur Srpmm Akibat Permodelan Struktur Yang Berbeda," *JURNAL EDUCATION BUILDING*, vol. 4, no. 1, hlm. 18–24, 2018.
- [4] Almufid dan S. Hidayah, "Perencanaan Struktur Atas Gedung Hunian 12 Lantai Menggunakan SRMPK," *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, vol. 8, no. 2, hlm. 85–93, 2019.
- [5] Masdiana, H. Parung, HM. W. Tjaronge, dan R. Djamaluddin, "Studi Eksperimen Sambungan Balok Model Takik Terhadap Perilaku Joint Interior Pracetak Akibat Beban Siklik," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2016*, hlm. 400–407, 2016.
- [6] M. Z. Araby, S. Rizal, M. Afifuddin, dan A. Abdullah, "Analisis Perlakuan Joint Balok Kolom Terhadap Beban Siklik Dengan Penambahan Sengkang Pada Joint Sesuai SK SNI T-15-1991-03," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, vol. 4, no. 2, hlm. 49–59, Jun 2021, doi: 10.24815/jarsp.v4i2.18859.
- [7] R. Simbolon, H. Parung, R. Irmawaty, dan D.

- A. Amiruddin, "Daktilitas Sambungan Model Takikan Rangkap Pada Hubungan Balok-Kolom Beton Pracetak, Akibat Beban Lateral Siklik," *Jurnal Spektran*, vol. 7, no. 2, hlm. 162–171, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/index>
- [8] N. A. U. I, I. Imran, dan M. A. Sultan, "Analisa Letak Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa," *Techno: Jurnal Penelitian*, vol. 8, no. 2, hlm. 297–307, Okt 2019, doi: 10.33387/tk.v8i2.1327.
- [9] L. (Louce) Patricia, A. (Ari) Wibowo, dan S. P. (Sugeng) Budio, "Pengaruh Aspek Rasio (H_w/l_w) Terhadap Daktilitas Dan Kekakuan Pada Dinding Geser Bertulangan Horizontal Berjarak Lebar Di Bawah Pembebanan Siklik (Quasi-statis)," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, vol. 1, no. 2, hlm. 112940, 2017, Diakses: 6 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.neliti.com/publications/112940/>
- [10] A. D. S. Purwantoro, M. N. Fajar, H. Arifin, M. Aris, dan A. Ja'far, "Studi Perbandingan Pengaruh Letak Dinding Geser Pada Bangunan Bertingkat Akibat Beban Gempa," *Konstruksia*, vol. 15, no. 1, hlm. 35, Des 2023, doi: 10.24853/jk.15.1.35-45.
- [11] G. Andalas, S. Suyadi, dan H. R. Husni, "Analisis Layout Shearwall Terhadap Perilaku Struktur Gedung," *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 4, no. 3, hlm. 491–502, Jun 2016, Diakses: 6 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/453/513>
- [12] A. Hadi Suprpto, "Modifikasi Perencanaan Struktur Gedungmarvell City High School Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Struktur Buckling Restrained Braced Frames," Surabaya, 2016. Diakses: 14 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.its.ac.id/71467/1/3114105059-undergraduate%20theses.pdf>
- [13] H. Michael Wuaten, "Studi Literatur Persamaan Panjang Sendi Plastis Pada Kolom Beton Struktural," *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 9, no. 3, hlm. 129–137, Des 2021, doi: 10.31293/teknikd.
- [14] R. N. Arini, M. Fajri, N. Iman, D. Ariyani, dan F. Kurnia, "Tegangan Regangan Pada Dinding Geser Berbasis Finite Element," *Konstruksia*, vol. 13, no. 2, hlm. 12–22, Jul 2022, Diakses: 3 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksi/article/view/10572>
- [15] FEMA, "Improvement Of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures FEMA 440," 2005, *California*.