

TEGANGAN REGANGAN PADA DINDING GESER BERBASIS *FINITE ELEMENT*

Resti Nur Arini¹, M. Fajri Nur Iman², Dwi Ariyani³, dan Fadli Kurnia⁴

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung, Srengseng Sawah, Jakarta, 12640

Email korespondensi: resti.nurarini@univpancasila.ac.id

² Prodi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung, Srengseng Sawah, Jakarta, 12640

Email: mfajri133@gmail.com

³ Prodi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung, Srengseng Sawah, Jakarta, 12640

Email: dwi.ariyani@univpancasila.ac.id

⁴Prodi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung, Srengseng Sawah, Jakarta, 12640

Email: fadli.kurnia@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Gempa bumi memiliki efek primer seperti kerusakan pada struktur bangunan, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperkuat struktur bangunan dari gedung bertingkat dengan menambahkan pengaku pada struktur. Untuk mempertahankan mekanisme penahan lateral, sistem dinding geser maupun sambungan balok harus cukup kuat ketika beban terjadi. Dengan adanya beban yang bekerja maka akan terjadi tegangan dan regangan pada sebuah dinding geser. Dalam melakukan analisa tegangan-regangan dinding geser dilakukan dua model dinding geser yaitu *free standing shear wall* dan *couple shear wall* dengan menggunakan pemodelan *finite element*. Dalam pemodelan tersebut akan memasukan beban vertikal dan beban lateral. Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan diperoleh nilai tegangan dan regangan *couple shear wall* lebih besar dibandingkan *free standing shear wall* yaitu untuk tegangan 16680 kN/m² dan untuk regangan $9,8 \times 10^5$. Sehingga dapat disimpulkan dari hubungan tegangan regangan bahwa *couple shear wall* lebih bersifat duktail dibandingkan dengan *free standing shear wall*.

Kata Kunci: tegangan, regangan, dinding geser, *finite element*

ABSTRACT

Earthquakes have primary effects such as damage to building structures, one way that can be done to strengthen the building structure of high-rise buildings is by adding stiffeners to the structure. In order to maintain the lateral resisting mechanism, the shear wall system as well as the beam connection must be strong enough when the load occurs. With the working load, there will be stress and strain on a shear wall. In conducting stress-strain analysis of shear walls, two models of shear walls were carried out, namely *free standing shear wall* and *couple shear wall* using *finite element* modeling. In the modeling will include vertical loads and lateral loads. From the results of the modeling that has been carried out, it is obtained that the stress and strain values for the *couple shear wall* are greater than the *free standing shear wall*, namely for the stress 16680 kN/m² and for the strain 9.8×10^5 . It can be concluded from the stress-strain relationship that the *couple shear wall* is more ductile than the *free standing shear wall*.

Keywords: stress, strain, shear wall, *finite element*

1. PENDAHULUAN

Kejadian gempa bumi memiliki efek primer seperti kerusakan pada struktur bangunan, gedung bertingkat, fasilitas umum, serta infrastruktur lainnya yang diakibatkan oleh

getaran yang ditimbulkan, sehingga akan lebih baik jika konstruksi bangunan di Indonesia di desain tahan gempa, sehingga elemen-elemen bangunan akan menjadi satu kesatuan ketika menerima beban

lateral karena bangunan tidak mudah runtuh [3] [8].

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperkuat struktur bangunan dari gedung bertingkat adalah dengan menambahkan pengaku pada struktur bangunan tinggi, untuk mengetahui penggunaan pengaku pada gedung bertingkat maka salah satu pengaku yang biasa digunakan adalah dengan menggunakan dinding geser. Penggunaan dinding geser sebagai struktur vertikal pada bangunan dapat menahan kombinasi gaya geser, moment dan beban axial akibat beban lateral dan beban gravitasi [11]. Selain itu pemanfaatan dinding geser dalam sebuah bangunan dapat mengurangi deformasi berlebihan secara keseluruhan pada bangunan [1].

Dalam penelitian Xiaofeng sun dkk penggunaan dinding geser konvensional akan meningkatkan simpangan sebanyak 7% ketika gempa susulan terjadi dibandingkan dengan menggunakan *shearwall* prategang [12]. Oleh sebab itu dalam sebuah perancangan dinding geser beton bertulang harus proporsional agar mampu memikul beban aksial dan geser yang bekerja berdasarkan kapasitas balok yang tersedia. Untuk mempertahankan mekanisme penahan lateral, sistem dinding geser maupun sambungan balok harus cukup kuat ketika beban terjadi [7].

Untuk melakukan sebuah analisa dinding geser dalam sebuah pemodelan dapat menggunakan perhitungan *Finite Element* (FE) yang dimodelkan dengan memasukkan respons struktur tahan gempa [2]. Sehingga ketika terjadi gaya lateral yang bekerja pada dinding geser akan menyebabkan timbulnya tegangan-regangan. Tegangan yang terjadi pada dinding geser ini berupa tegangan normal arah x, tegangan normal arah y, dan tegangan geser arah xy.

2. DINDING GESER

Bangunan gedung bertingkat tinggi biasanya menggunakan elemen struktur kaku seperti dinding geser. Dinding geser

merupakan sistem struktur dari gedung yang berfungsi untuk menahan gaya geser dan gaya lateral. Dalam pelaksanaannya dinding geser selalu dikaitkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung [10].

Pada umumnya dinding geser hanya boleh memiliki bukaan maksimal 5% agar tidak mengurangi tingkat kekakuannya. Dengan dibangunnya struktur dinding geser pada sebuah konstruksi gedung, maka dinding geser tersebut akan menyerap sebagian besar beban yang timbul akibat gempa [4]. Sehingga, ketika gaya-gaya yang timbul akibat gempa tersebut diserap oleh dinding geser, maka kerusakan struktur pada bangunan dapat dihindari. Kekakuan dari dinding geser juga dapat membentuk sendi-sendi plastis pada struktur bangunan sebelum struktur bangunan tersebut runtuh.

Kerusakan-kerusakan yang terjadi akibat gempa biasanya berupa *cracking* yang terjadi di dasar *shear wall*. Kerusakan lainnya yang sering terjadi adalah patah atau retak nya tulangan yang menahan tarik (*fracture*). Struktur bangunan yang memiliki dinding geser untuk menahan gaya lateral pada umum nya memiliki *performance* yang baik ketika terjadi gempa. Dinding ini akan berperilaku sebagai balok kantilever yang lentur dengan anggapan jepit di bagian pondasi nya. Fungsi *shear wall* pada umum nya adalah sebagai berikut:

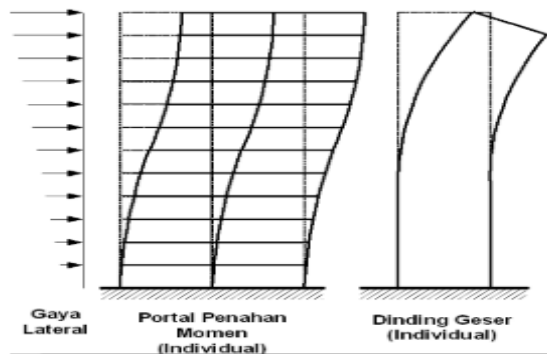
Strength (kekuatan)

Shear wall harus memiliki tingkat kekuatan lateral yang cukup tinggi agar dapat melawan gaya horisontal yang dihasilkan oleh gempa. Ketika struktur *shear wall* cukup kuat, maka gaya yang diterima oleh *shear wall* akan di transfer ke elemen struktur yang berada d bawah nya seperti pondasi dinding [6].

Rigid (Kekakuan)

Shear wall juga memberikan kekakuan lateral yang baik pada struktur atap serta

tiap-tiap lantai pada struktur bangunan dari goyangan yang berlebih [6].



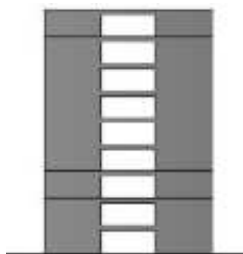
Gambar 1. Dinding Geser [10]

Jika *shear wall* memiliki tegangan maksimum lebih dari $0,2 f_c'$, maka struktur *shear wall* tersebut harus disyaratkan memiliki *boundary elements*. *Boundary elements* ini memiliki fungsi sama seperti kolom yang diletakkan pada bagian ujung *shear wall* dan menyatu dengan dinding.

Jika *shear wall* memiliki tegangan lebih dari $0,2 f_c'$, dan tidak menggunakan *boundary elements*, maka *shear wall* harus memiliki tulangan melintang sesuai dengan persyaratan untuk daerah kritis seperti pada ujung kolom. Namun, hal ini akan membuat bangunan menjadi tidak ekonomis, sehingga jika bangunan ingin lebih ekonomis perlu adanya *boundary elements* pada struktur *shear wall* [5].

Geometri dinding geser

1. *Coupled shear wall*

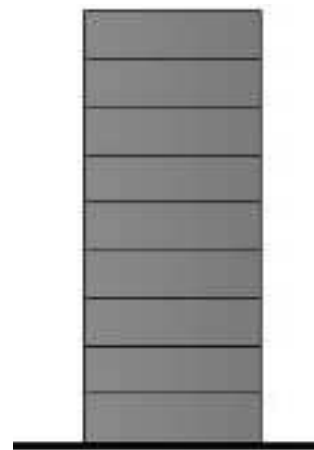


Gambar 2. *Coupled Shear Wall* [13]

Coupled shear wall atau disebut juga dinding geser berangkai merupakan

dinding geser terdiri dari dua atau lebih dinding kantilever. Antara dinding geser satu dengan yang lainnya tersebut dihubungkan oleh balok perangkai yang memiliki kekuatan yang cukup sehingga dapat mentransfer gaya dari satu dinding geser ke dinding geser lainnya [13].

2. *Free standing shear wall*



Gambar 3. *Free Standing Shear Wall* [13]

Free standing shear wall merupakan dinding geser yang berdiri tegak tanpa lubang. Dinding geser ini memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap perilaku dari struktur suatu gedung. Jenis dinding geser ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu dinding geser kantilever daktilitas terbatas dan dinding geser kantilever daktail [13].

Perilaku dinding geser

Kuat geser merupakan kapasitas material untuk menahan gaya-gaya lateral. Semua elemen struktur bangunan dirancang mampu menahan gaya-gaya luar. Elemen struktur akan memberikan perlawanan dari gaya luar yang terjadi berupa tegangan lentur, torsi normal serta geser.

Perpindahan geser pada permukaan yang retak akan lebih besar dari pada permukaan yang tidak retak, sebagaimana dibuktikan dengan permukaan kasar yang saling terkait disepanjang retak pada bidang geser. Semakin besar perpindahan gesernya maka

akan semakin besar lebar retaknya. Semakin besar lebar retaknya maka semakin besar perpindahan gesernya serat akan semakin kecil gaya maksimum yang dapat ditahan beton. Gaya geser yang terjadi sebagian besar akan ditahan oleh tulangan yang biasa disebut dengan mekanisme *dowel action* [9]. *Interlocking* yang terjadi antara agregat dan tulangan akan menahan tegangan yang timbul pada zona retak. Besarnya perpindahan dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang terjadi. Ketika tulangan tidak memiliki kekakuan yang cukup dan lemahnya ikatan yang terjadi antar agregat dan tulangan, maka perpindahan geser akan terus bertambah dan akan menyebabkan shear wall runtuh tanpa adanya kelemahan pada tulangan lentur. Perilaku ini pun di bagi menjadi 2, yaitu [6].

1. *Diagonal tension failure*, yaitu keruntuhan yang bersifat daktail yang dikarenakan keruntuhan terjadi pada baja tulang terlebih dahulu.
2. *Diagonal compression shear failure*, yaitu keruntuhan yang umumnya terjadi karena bersifat rapuh.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan memodelkan dua jenis dinding geser yaitu *free standing shear wall* dan *couple shear wall*. Dari dua model tersebut akan dilihat tegangan dan regangan yang terjadi dengan menggunakan metode berbasis *finite element analysis*, dimana dari dua model tersebut akan dimodelkan dengan menggunakan program bantu berbasis *finite element* dan pemodelan tidak memasukkan tulangan kedalamnya. pemodelan ini merupakan metode numerik untuk melakukan analisa tegangan dan regangan.

Dimensi dinding geser yaitu lebar 4,4 m dan total tinggi 31,2 m mulai dari lantai dasar hingga lantai 8. Adapun geometri yang digunakan adalah:

1. Tebal dinding geser = 0,50 m
2. Lebar dinding geser = 4,40 m
3. Tinggi dinding geser:

Lantai dasar & mezzanine = 3,95 m
 Lantai 2 = 4,10 m
 Lantai 3 – lantai 8 = 3,20 m
 Tinggi total dinding geser = 31,20 m

Selain itu dalam memodelkan dinding geser dapat diketahui juga material properties yang akan digunakan sebagai berikut:

1. Mutu beton, f_c' = 40 MPa
2. Modulus elastisitas beton:

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{40} \\ &= 29.725,41 \text{ MPa} \\ &= 29.725.410 \text{ KN/m}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

3. Massa jenis beton = 2,4 KN/m³
4. Rasio *poisson*, ν = 0,2
5. Modulus geser, G :

$$\begin{aligned} G &= \frac{E_c}{2(1+\nu)} \\ &= \frac{29.725,41 \text{ MPa}}{2(1+0,2)} \\ &= 12.385,58 \text{ MPa} \\ &= 12.385.587,5 \text{ KN/m}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Untuk memodelkan dinding geser, maka dilakukan perhitungan pembebanan untuk arah vertikal maupun horizontal, dimana untuk arah vertikal digunakan sebagai beban mati dan beban hidup, sedangkan untuk arah horizontal sebagai beban lateral digunakan beban gempa. Adapun perhitungan pembebanan yang akan dimasukkan kedalam model dinding geser dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Perhitungan beban mati dan beban hidup

flr	Beban mati (Kg)	Beban hidup (Kg)	Total (Kg)
8	129300.96	9614.02	138914.98
7	129300.96	9614.02	138914.98
6	134316.96	9614.02	143930.98
5	134316.96	38456.10	172773.06
4	134316.96	38456.10	172773.06
3	159358.56	43468.58	202827.14

flr	Beban mati (Kg)	Beban hidup (Kg)	Total (Kg)
2	159358.56	43468.58	202827.14
Mezz	159358.56	43468.58	202827.14
Dsr	0	0	0
TOTAL			1375788.49

Dari tabel 1 didapat nilai total beban mati dan hidup struktur dari lantai dasar sampai dengan lantai 8 adalah sebesar 1.375.788,49 Kg atau sebesar 1.375,8 ton. Untuk pembebanan diasumsikan sama untuk pemodelan *free standing shear wall* dan *couple shear wall*.

Untuk beban arah horizontal akan menggunakan beban gempa yang akan dihitung berdasarkan perhitungan *base shear* dari tiap-tiap lantai pada gedung dengan menggunakan SNI 1726:2012. Adapun perhitungan geser perantai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Geser Perantai

flr	Base shear (V)	Wi (Ton)	hi (m)	Wi x hi	Cv x	Fx
8	138.95	138.91	31.20	4334.15	0.16	23.81
7	138.95	138.91	28.00	3889.62	0.15	21.16
6	138.95	143.93	24.80	3569.44	0.13	19.18
5	138.95	172.77	21.60	3731.90	0.14	19.74
4	138.95	172.77	18.40	3179.02	0.12	16.45
3	138.95	202.83	15.20	3082.97	0.12	15.44
2	138.95	202.83	12.00	2433.93	0.09	11.59
Mezz	138.95	202.83	7.90	1602.33	0.06	7.72

flr	Base shear (V)	Wi (Ton)	hi (m)	Wi x hi	Cv x	Fx
Dsr	138.95	202.83	3.95	801.175	0.03	3.86
Σ				26624.58		138.95

Pada hasil perhitungan geser perantai maka beban-beban tersebut akan diinput sebagai beban lateral pada dinding geser.

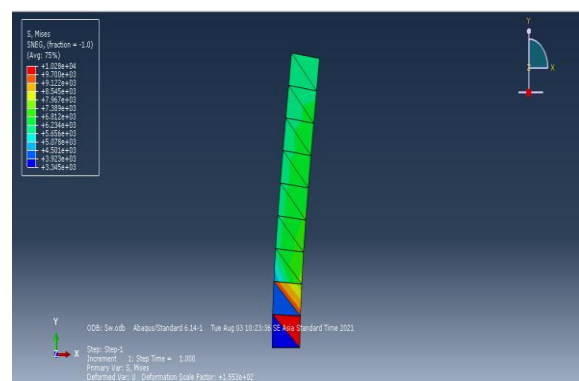
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan dari dua model dinding geser maka untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan deformasi. Satuan yang digunakan adalah KN untuk beban dan meter untuk satuan panjang, sehingga nilai satuan tegangan yang di dapat adalah KN/m², karena tegangan didapat dari tekanan (P) per satuan luas (m²).

Hasil analisa tegangan

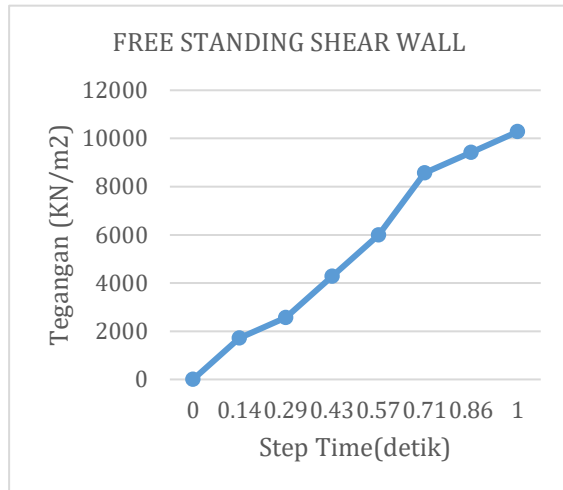
1. Free standing shear wall

Dengan melakukan pemodelan *free standing shear wall*, maka diperoleh hasil seperti pada Gambar 4.

Gambar 4. Kontur Tegangan *Free standing shear wall*

Pada Gambar 4 menjelaskan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada dinding geser ditandai dengan area

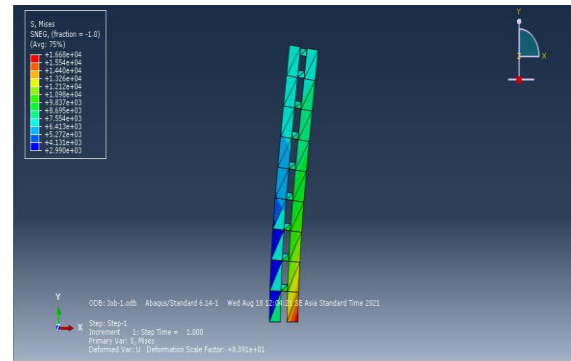
yang berwarna merah dengan nilai sebesar 10277.8 KN/m². Maka dari Gambar 4 dapat dilihat perubahan tegangan untuk setiap detiknya.



Gambar 5. Grafik Tegangan *Free Standing Shear Wall*

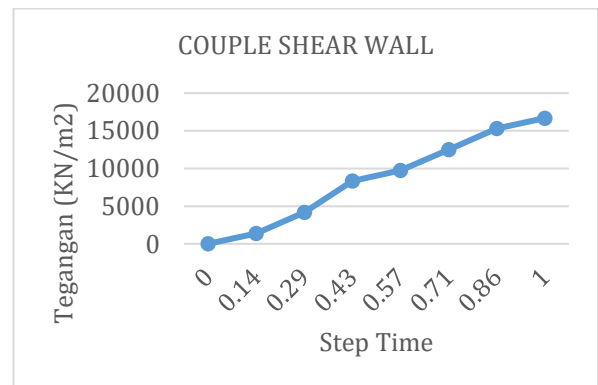
Dari Gambar 5 terlihat bahwa grafik tegangan pada *free standing shear wall* meningkat berdasarkan *step time* pembebanannya. *Step time* pembebanan dimulai dari 0 detik sampai dengan 1 detik. Pada *step time* 0 detik tegangan yang terjadi pada dinding geser adalah 0 KN/m². Pada *step time* 0,57 detik tegangan yang terjadi adalah sebesar 5995 KN/m². Dan pada *step time* 1 detik tegangan maksimum yang terjadi pada *free standing shear wall* adalah sebesar 10277.8 KN/m².

2. *Couple shear wall*
Dengan melakukan simulasi *couple shear wall*, maka diperoleh hasil seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Kontur Tegangan *Couple Shear wall*.

Pada Gambar 6 menjelaskan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada dinding geser ditandai dengan area yang berwarna merah dengan nilai sebesar 16680 KN/m². Maka dari Gambar 6 dapat dilihat perubahan tegangan untuk setiap detiknya.

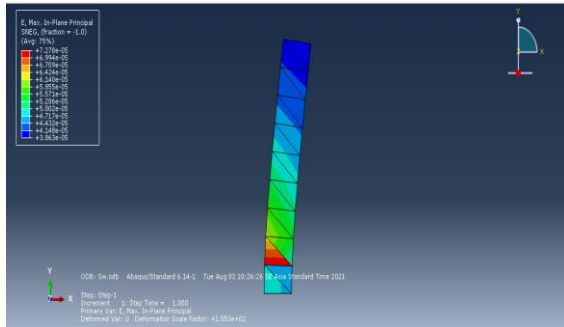


Gambar 7. Grafik Tegangan *Couple Shear Wall*

Dari gambar 7 terlihat bahwa grafik tegangan pada *couple shear wall* meningkat berdasarkan *step time* pembebanannya. *Step time* pembebanan dimulai dari 0 detik sampai dengan 1 detik. Pada *step time* 0 detik tegangan yang terjadi pada dinding geser adalah 0 KN/m². Pada *step time* 0,57 detik tegangan yang terjadi adalah sebesar 9732 KN/m². Dan pada *step time* 1 detik tegangan maksimum yang terjadi pada *couple shear wall* adalah sebesar 16680 KN/m².

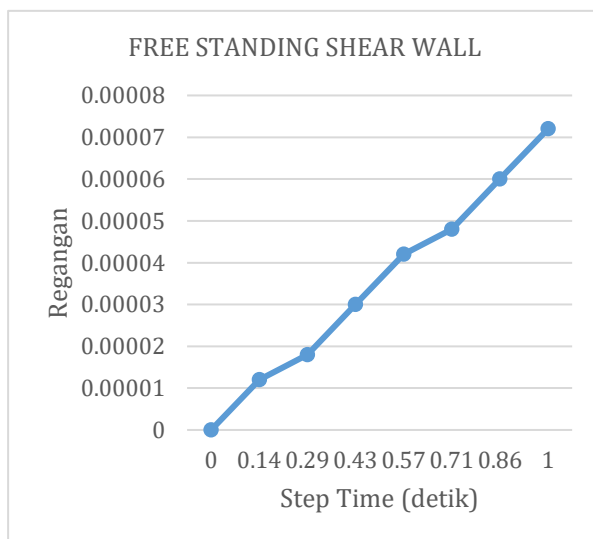
Hasil analisa regangan

1. Free standing shear wall



Gambar 8. Kontur Regangan Free Standing Shear Wall

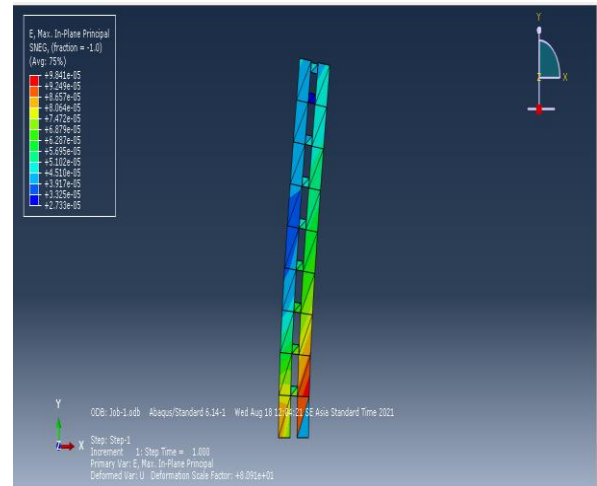
Pada Gambar 8 menjelaskan bahwa Regangan maksimum yang terjadi pada dinding geser ditandai dengan area yang berwarna merah dengan nilai regangan sebesar $7,2 \times 10^{-5}$. Hal ini dikarenakan dinding geser menerima beban arah x, sehingga dinding geser akan melengkung ke arah x (kanan). Karena tumpuan pada dinding geser merupakan tumpuan jepit, maka bagian kiri bawah dari dinding geser akan meregang secara maksimum. Maka pada Gambar 9 dapat dilihat perubahan regangan pada *free standing shear wall* untuk setiap detiknya.



Gambar 9. Grafik Regangan Free Standing Shear Wall

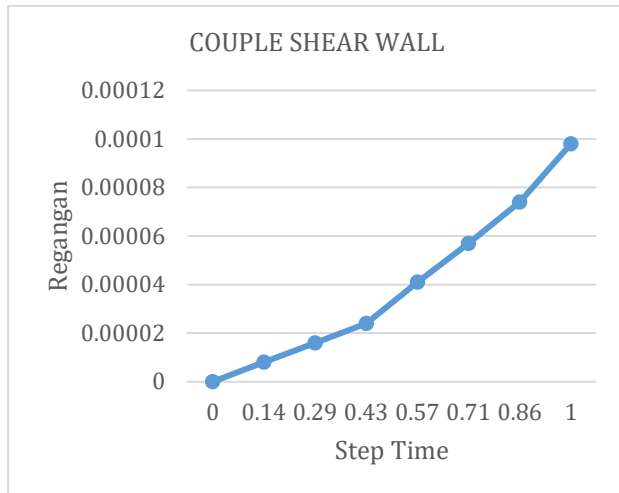
Dari Gambar 9 terlihat bahwa grafik regangan pada *free standing shear wall* meningkat secara linear berdasarkan *step time* pembebanannya. *Step time* pembebanan dimulai dari 0 detik sampai dengan 1 detik. Pada *step time* 0 detik regangan yang terjadi pada dinding geser adalah 0. Pada *step time* 0,57 detik regangan yang terjadi adalah sebesar $4,2 \times 10^{-5}$. Dan pada *step time* 1 detik regangan maksimum yang terjadi pada *free standing shear wall* adalah sebesar $7,2 \times 10^{-5}$.

2. Couple shear wall



Gambar 10. Kontur Regangan Couple Shear Wall

Pada Gambar 10 menjelaskan bahwa Regangan maksimum yang terjadi pada dinding geser ditandai dengan area yang berwarna merah dengan nilai regangan sebesar $9,8 \times 10^{-5}$. Maka pada Gambar 10 dapat dilihat grafik perubahan regangan pada *couple shear wall* untuk setiap detiknya.

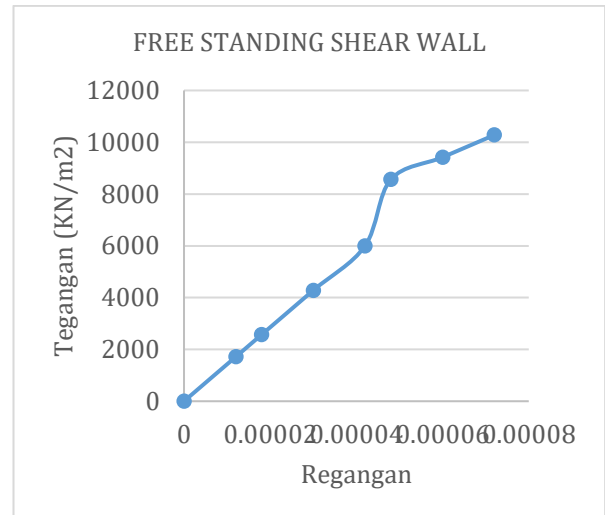


Gambar 11. Grafik Regangan Couple Shear Wall

Dari Gambar 11 terlihat bahwa grafik regangan pada *couple shear wall* meningkat secara linear berdasarkan *step time* pembebanannya. *Step time* pembebanan dimulai dari 0 detik sampai dengan 1 detik. Pada *step time* 0 detik regangan yang terjadi pada dinding geser adalah 0. Pada *step time* 0,57 detik regangan yang terjadi adalah sebesar $4,1 \times 10^{-5}$. Dan pada *step time* 1 detik regangan maksimum yang terjadi pada *free standing shear wall* adalah sebesar $9,8 \times 10^{-5}$.

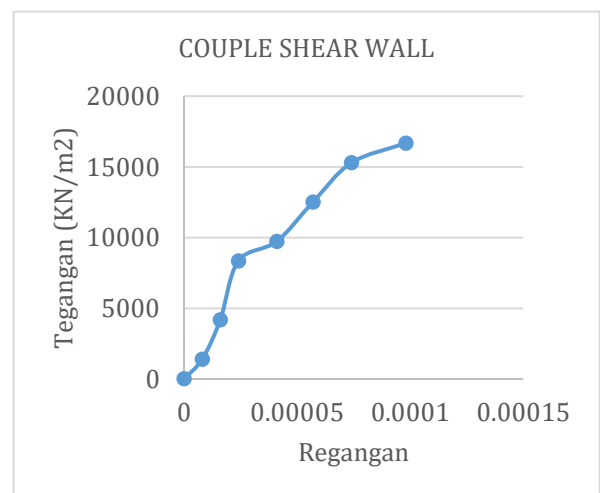
Hasil analisa tegangan regangan

Dalam analisa tegangan regangan akan menampilkan hasil hubungan tegangan regangan *free standing shear wall* dan *couple shear wall*, dimana dari hasil tersebut akan terlihat perbandingan pengaku yang lebih daktil atau lebih kaku. Pada Gambar 12 dan 13 menunjukkan hubungan masing-masing tegangan regangan *free standing shearwall* dan *couple shearwall*.



Gambar 12. Grafik Tegangan Regangan Free Standing Shear Wall

Dari Gambar 12 terlihat bahwa grafik tegangan regangan pada *free standing shear wall* bergerak meningkat secara linear. Pada tegangan maksimum sebesar 10277.8 KN/m² regangan yang terjadi adalah sebesar $7,2 \times 10^{-5}$.



Gambar 13. Grafik tegangan regangan couple shear wall

Dari Gambar 13 terlihat bahwa grafik tegangan regangan pada *couple shear wall* bergerak meningkat. Pada tegangan maksimum sebesar 16680 KN/m² regangan yang terjadi adalah sebesar $9,8 \times 10^{-5}$.

Sehingga dari Gambar 12 dan Gambar 13 dapat digabungkan dan dijelaskan pada

Gambar 14 perbandingan dari hubungan tegangan regangan untuk *free standing shear wall* dan *couple shear wall* sebagai berikut:



Gambar 14. Perbandingan Hubungan Tegangan Regangan antara *Free Standing Shear Wall* dan *Couple Shear Wall*

Dari Gambar 14 terlihat perbandingan hubungan tegangan regangan antara *free standing shear wall* dengan *couple shear wall*. Dari grafik terlihat bahwa nilai hubungan tegangan regangan pada *couple shear wall* lebih besar dibandingkan dengan *free standing shear wall*. Hal ini menunjukkan bahwa *couple shear wall* memiliki nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan *free standing shear wall*. Tinggi nya nilai daktilitas disebabkan adanya celah di antara 2 *shear wall* yang dihubungkan dengan *coupling beam* yang mengurangi dimensi dari *couple shear wall* tersebut.

5. KESIMPULAN

Nilai tegangan maksimum yang terjadi pada *free standing shear wall* adalah sebesar 10277,8 KN/m², sedangkan pada *couple shear wall* adalah sebesar 16680 KN/m². Dari 2 jenis dinding geser tersebut terdapat

selisih nilai tegangan sebesar 6402,2 KN/m², sehingga *couple shear wall* lebih bersifat daktil dibandingkan dengan *free standing shear wall*.

Nilai regangan maksimum yang terjadi pada *free standing shear wall* adalah sebesar $7,2 \times 10^{-5}$, sedangkan *couple shear wall* memiliki regangan yang lebih besar yaitu sebesar $9,8 \times 10^{-5}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Chandiwal. (2012). "Different Location on Multi-storied Residential Building Different Location on Multi-storied Residential Building," *Internatinal Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, pp. 347-353.
- [2] E. Asgarieh, B. Moaveni, A. R. Barbosa and E. Chatzi.(2017). "Nonlinear model calibration of a shear wall building using time and frequency data features," *Mechanical System and Signal Processing*, pp. 236-251, July 2017.
- [3] H. M. Machmud and I. T. L. (2010). "Sebaran Gempa Bumi Merusak Di Bengkulu dan Lampung Barat Periode Tahun 1900-2010,"
- [4] I. G. Gegiranang and I. K. Sudarsana.(2019). "Analisis Pengaruh Bentuk Dinding Geser Beton Bertulang Terhadap Kapasitas dan Luas Tulangan," *J. Spektran vol.7, no.2*, pp. 187-194.
- [5] Maiti.(2019). "Pembebanan Struktur Pada Dinding Geser," *e-journal UAJY*.
- [6] M. W. Rizki.(2016). "Efek Penambahan Shearwall berbentuk L Pada Bangunan Rusunawa UNAND"
- [7] M.-Y. Cheng, R. Fikri and C.-c. Chen.(2014). "Experimental study of reinforced concrete and hybrid coupled shear wall systems," *Engineering Structures*, November.
- [8] N. Rizkiani. (2019). "Analisis Tegangan Regangan Pada Kolom Menggunakan Software Abaqus Cae V6.14 Pada Struktur Banguna Hotel

- Ibis," p. lib.unnes.ac.id/36236
- [9] P. D.A, H. A. Lie and S. Sukamta.(2017). "Studi ekperimental Perilaku geser Murni dengan Sengkan Sambungan Mekanis dan Las," *J Karya Tek.Sipil*, vol 1, no.1 , pp. 1-8.
- [10] S. Raharja, Suryanita and Z. Djauhari.(2017)."Analisa Tegangan Bidang (Plane Stress) Dinding Geser (Shearwall) Gedung Bertingkat," *SIKLUS J Tek.Sipil*, pp. 58-76.
- [11] V. R. Harne. (2014). "Comparative Study of Strength of RC Shear Wall at Different Location on Multi-storied Residential Building," *International Journal of Civil Engineering Research*, pp. 391-400
- [12] X. Sun, M. He, Z. Li and F. Lam.(2019). "Seismic performance assessment of conventional CLT shear wall structures and post-tensioned CLT shear wall structures," *Engineering Structures*.
- [13] Z. Afiludin.(2015). "Analisa dinding geser dengan bukaan pada pembangunan hotel Harves Batu".

