

## EFEKTIVITAS SHEAR WALL TERHADAP STRUKTUR GEDUNG GUEST HOUSE EXINDO 57 AKIBAT BEBAN GEMPA

Nur Rochman Ruffaat<sup>1,\*</sup>, Taufiq Rochman<sup>2</sup>, Agus Sugiarto<sup>3</sup>

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>nurrochman.ruffaat16@gmail.com, <sup>2</sup>taufiq.rochman@polinema.ac.id, <sup>3</sup>agussugiarto1030@gmail.com,

### ABSTRAK

Bangunan gedung tinggi sangat peka terhadap beban lateral, perlu memilih sistem struktur yang mampu menahan beban gravitasi dan gempa. Sistem dinding geser rangka merupakan salah satu sistem struktur yang baik dalam menahan beban tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model *shear wall* manakah yang efektif dalam segi kekuatan struktur dan biaya. Pada perencanaan *shear wall*: lw1 menghasilkan tulangan longitudinal: 2D10-150 dan tulangan transversal: 2D16-150, tidak membutuhkan elemen batas khusus sedangkan lw2 menghasilkan tulangan longitudinal: 2D10-150 dan tulangan transversal: 2D13-150, tidak membutuhkan elemen batas khusus. Peneliti menggunakan metode analisis pushover untuk efektivitas segi kekuatan struktur dan rencana anggaran biaya untuk segi biaya struktur. Dalam segi kekuatan struktur, perbandingan nilai displacement terkecil dari 8 model konfigurasi yaitu model 5 sebesar 86,25 mm arah x dan 78,79 mm arah y. Hasil level kinerja model 5 yaitu IO (Immediate Occupancy) dengan kerusakan serta resiko korban jiwa sangat minim terjadi dan juga kondisi struktur sama seperti sebelum terjadi gempa. Dalam segi biaya bangunan, model 1 merupakan termurah dari model lainnya dengan nilai Rp. 33.728.883.820. Peneliti menyimpulkan model 5 merupakan model *shear wall* paling efektif dalam segi kekuatan struktur dan biaya struktur dari model lainnya.

**Kata Kunci:** efektivitas, *shear wall*, analisis pushover, level kinerja, biaya.

### ABSTRACT

*Tall buildings are very sensitive to lateral loads, it is necessary to choose a structural system that is able to withstand gravity and earthquake loads. The frame shear wall system is one of the best structural systems to withstand the load. This study aims to determine which shear wall model is effective in terms of structural strength and cost. In the shear wall design: lw1 produces longitudinal reinforcement: 2D10-150 and transverse reinforcement: 2D16-150, does not require special boundary elements while lw2 produces longitudinal reinforcement: 2D10-150 and transverse reinforcement: 2D13-150, does not require special boundary elements. Researchers use the pushover analysis method for the effectiveness of the strength of the structure and the budget plan for the cost of the structure. In terms of structural strength, the comparison of the smallest displacement values of the 8 configuration models, namely model 5, is 86.25 mm in the x direction and 78.79 mm in the y direction. The result of model 5 performance level is IO (Immediate Occupancy) with very minimal damage and risk of loss of life and the structural conditions are the same as before the earthquake. In terms of building costs, model 1 is the cheapest of the other models with a value of Rp. 33,728,883,820. The researcher concludes that model 5 is the most effective shear wall model in terms of structural strength and structural costs from other models*

**Keywords:** effectiveness, *shear wall*, pushover analysis, performance level, cost.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Bangunan gedung dengan kategori *high rise building* atau bangunan gedung tinggi menunjukkan kepekaan yang lebih

besar terhadap beban lateral akibat gempa dan angin daripada bangunan gedung sedang dan rendah. Karena hal tersebut apabila semakin tinggi suatu gedung maka semakin besar pula resiko keruntuhan gedung. Pentingnya merencanakan

gedung agar dapat menahan beban vertikal (gravitasi) dan beban horizontal (lateral) dengan baik merupakan suatu hal yang wajib bagi perencana konstruksi [1].

Sistem rangka kaku terdiri dari kolom dan balok. Sistem rangka kaku mampu menahan beban vertikal (gravitasi) dengan baik namun tidak memiliki ketahanan yang cukup dalam menahan beban lateral pada bangunan tinggi, sehingga perlu menambahkan sistem struktur rangka batang geser vertikal (*bracing*) atau dinding geser (*shear wall*) pada rangka untuk memikul beban lateral [1]. Dalam segi kekuatan dan kekakuan menahan beban lateral, sistem struktur dinding geser lebih besar daripada sistem struktur bracing [2].

Karena hal tersebut, penulis melakukan studi efektifitas untuk mengetahui model konfigurasi *shear wall* mana yang efektif dalam menahan gaya-gaya lateral akibat gempa pada struktur bangunan Guest House Exindo 57. Maka dalam skripsi ini, penulis membuat judul: “EFEKTIVITAS *SHEAR WALL* TERHADAP STRUKTUR GEDUNG GUEST HOUSE EXINDO 57 AKIBAT BEBAN GEMPA”

**Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas, penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan berbasis kinerja 8 model konfigurasi *shear wall*?
2. Bagaimana hasil rencana anggaran biaya 8 model konfigurasi *shear wall*?
3. Model konfigurasi *shear wall* manakah yang paling efektif dari segi kekuatan struktur dan biaya struktur?

**Tujuan**

Dari rumusan masalah diatas, maka dapat diambil tujuan pada skripsi ini, diantaranya sebagai berikut:

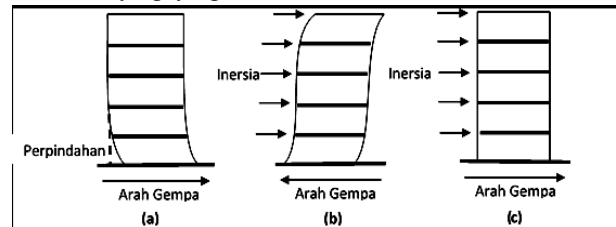
1. Untuk mengetahui hasil perencanaan berbasis kinerja 8 konfigurasi model *shear wall*
2. Untuk mengetahui hasil rencana anggaran biaya 8 konfigurasi model *shear wall*
3. Untuk mengetahui model konfigurasi manakah yang paling efektif dari segi kekuatan struktur dan biaya struktur

**Tinjauan Pustaka**

Menurut [3] efektivitas adalah suatu kegiatan yang dikerjakan agar tujuan dan target serta hasil yang diinginkan tercapai. Menurut [4] efektivitas harus dipertimbangkan dalam suatu perencanaan gedung, baik dalam segi kekuatan dan kekakuan struktur serta penggunaan material agar dapat menghasilkan gedung yang kuat, dan aman tapi tetap ekonomis dalam biaya.

Menurut [5] fungsi dinding geser yaitu untuk memberikan kekuatan lateral yang diperlukan dalam menahan beban

angin horizontal dan beban gempa, untuk memberikan ketahanan terhadap gaya geser melalui koneksi (*connection*), untuk memberikan kekakuan lateral dalam mencegah atap atau lantai di atas dari goyangan horizontal yang berlebihan, untuk mencegah elemen lantai dan atap bergerak dari penyangganya, untuk meminimalisir kerusakan struktural karena adanya gaya geser.



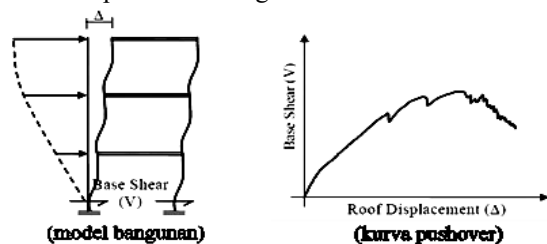
**Gambar 1.** Perilaku Struktur Saat Terjadi Gempa

Sumber: Shashikant K Duggal, 2007

Bila terjadi gempa, dasar struktur bergerak mengikuti arah gempa (a) Akan tetapi inersia massa bangunan menahan gerakan ini dan menyebabkan bangunan mengalami distorsi (penyimpangan gerakan) (b) Bila terjadi secara terus menerus pada alas dapat menyebabkan struktur mengalami gerakan osilasi (gerakan berulang). Ketika getaran gempa menurun, maka struktur berangsur-angsur akan mengalami gerakan yang sama dengan tanah (c) Struktur dianalisis sebagai sistem elastis saat desain gempa dilakukan, sehingga struktur mengalami pengurangan kekakuan yang menyebabkan meningkatnya perpindahan struktur [6].

**Analisis Pushover**

Menurut [7] pada dasarnya analisis pushover merupakan analisis statis non linier yang menghasilkan kurva perpindahan atap (*roof displacement*) vs gaya geser dasar (*base shear*). Beban lateral ditingkatkan hingga mencapai target perpindahan yang mewakili perpindahan atap. Target perpindahan digunakan untuk menentukan kriteria kinerja bangunan. Dalam analisis pushover terdapat beberapa metode menentukan target perpindahan yaitu *Capacity Spectrum Method* atau Metode Spektrum Kapasitas (ATC-40), *Displacement Method* atau Metode Koefisien Perpindahan (FEMA-356) dan *Displacement Modification* atau Modifikasi Perpindahan (FEMA-440). Adapun gambar hasil analisis pushover sebagai berikut:



**Gambar 2.** Analisis Pushover

Sumber: K Lovaraju, 2013

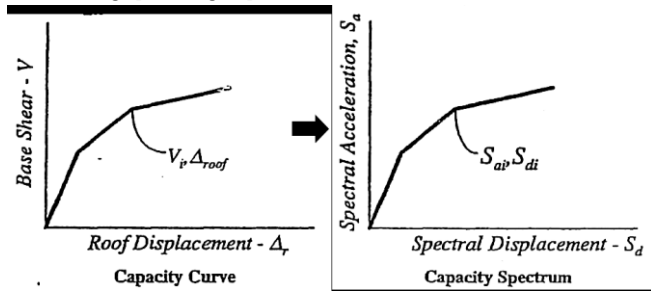
Pada [8] pasal 8.2 kurva kapasitas (*Capacity Curve*) merupakan kapasitas struktur yang dihasilkan dari analisis pushover. Kurva kapasitas tersebut diubah menjadi spektrum kapasitas (*Capacity Spectrum*) dengan format *Acceleration Displacement Respon Spectra* (ADRS) melalui persamaan berikut:

$$S_a = (V/w)/\alpha_1$$

$$S_d = \Delta_{roof} / (PF_1 \phi_{roof,1})$$

$$PF_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]}{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]}$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{g} \right] \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]}$$



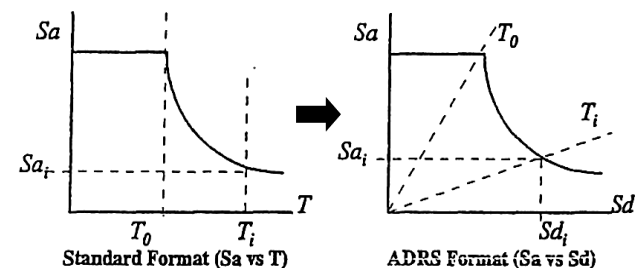
**Gambar 3.** Kurva Kapasitas menjadi Spektral Kapasitas  
 Sumber: C Comartin dkk, 1996

Pada [8] pasal 8.2 kurva permintaan (*Demand Curve*) merupakan kurva hasil perhitungan spektrum respons gempa, yang diubah menjadi spektrum permintaan. Spektrum permintaan (*demand spectrum*) didapat dengan perumusan berikut:

$$S_d = \frac{T^2}{4\pi^2} S_a$$

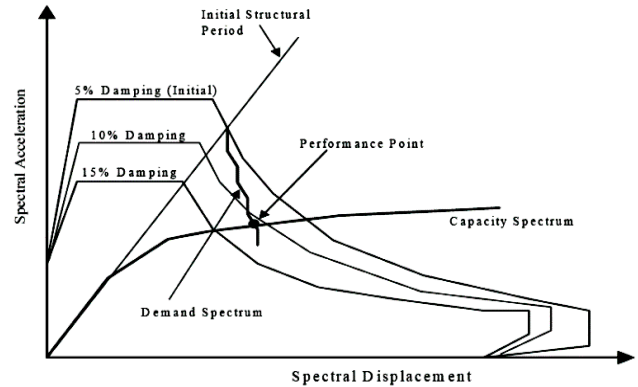
Keterangan:

- Sa = spektral acceleration
- Sd = spektral displacement
- PF1 = partisipasi modal untuk modal pertama
- $\alpha_1$  = koefisien modal massa untuk modal pertama
- $\phi_{i1}$  = amplitud pertama untuk lantai i
- V = gaya geser dasar
- W = beban mati bangunan + beban hidup
- $\Delta_{roof}$  = perpindahan atap
- wi/g = masa pada lantai i
- T = periode (dt)



**Gambar 4.** Kurva Permintaan menjadi Spektral Permintaan  
 Sumber: C Comartin dkk, 1996

Gabungan antara spektrum kapasitas dengan spektrum permintaan dalam format *Acceleration Displacement Response Spectrum* (ADRS) dapat menghasilkan titik kinerja (*performance point*). Titik kinerja mewakili deformasi maksimum dan tingkat kerusakan bangunan yang menopang gaya statis rencana [9].



**Gambar 5.** Kurva Pushover  
 Sumber: K Lovaraju, 2013

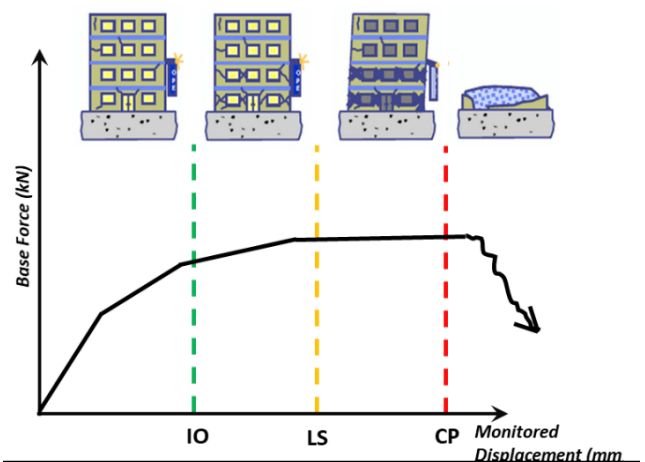
**Perencanaan Berbasis Kinerja**

Perencanaan berbasis kinerja merupakan pendekatan teknik dalam merancang elemen bangunan berdasarkan pada level kinerja yang disepakati, analisis struktur, dan penilaian kuantitatif alternatif terhadap tujuan dan sasaran desain menggunakan alat teknik, metodologi dan level kinerja yang ditetapkan [10]. Pada [11] tabel C1-3 menunjukkan hubungan level kinerja struktur dengan kerusakan yang terjadi. Setiap kriteria level kinerja dibatasi oleh target perpindahan (*drift*) dengan ketentuan sebagai berikut:

**Tabel 1.** Level Kinerja FEMA 356

No	Elemen	Tipe	Level Kinerja		
			CP	LS	IO
1	Rangka Beton	Drift	4%	2%	1%
2	Dinding Beton	Drift	2%	1%	0,5%

Sumber: FEMA 356, 2000



**Gambar 6.** Level Kinerja FEMA 356  
 Sumber: FEMA 356, 2000

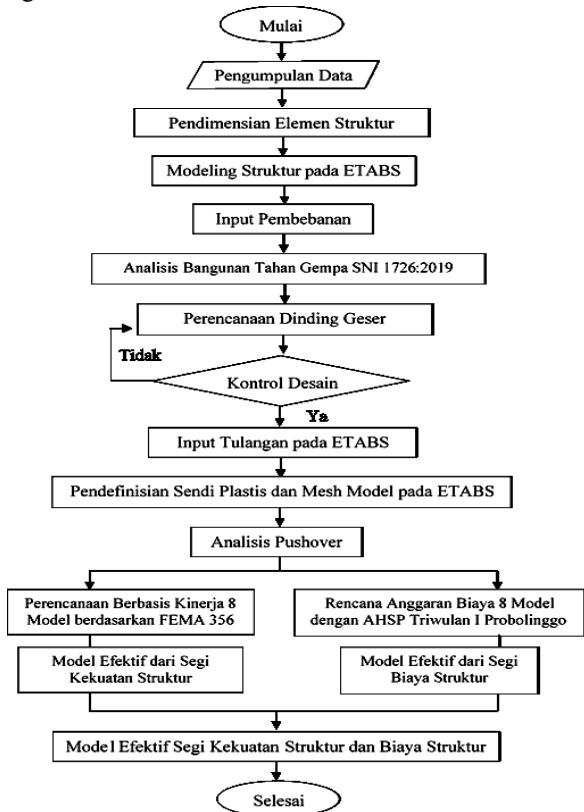
**Rencana Anggaran Biaya**

Menurut [12] rencana anggaran biaya adalah perhitungan besaran anggaran yang dibutuhkan untuk material, peralatan dan upah, serta anggaran lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek tersebut.

**2. METODE**

**Bagan Alir Penelitian (Flowchart)**

Adapun bagan alir tahapan penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 7.** Bagan Alir Penelitian  
Sumber: Pribadi

**Pendimensian Elemen Struktur**

Adapun dimensi elemen struktur yang digunakan pada penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

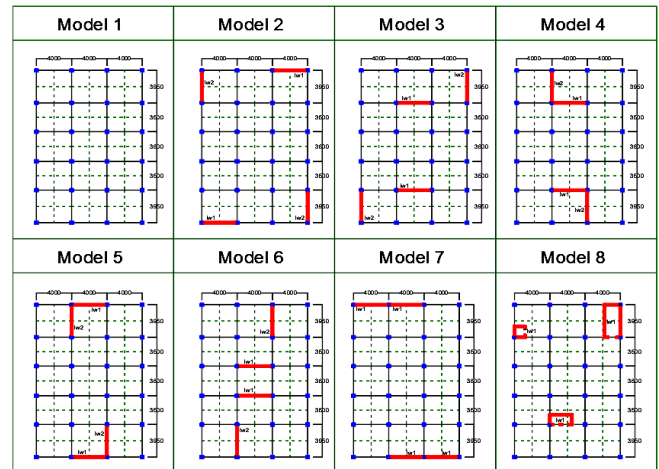
**Tabel 2.** Dimensi Elemen Struktur

Elemen	Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan	
			Pokok	Senggang
Kolom	K1	800 x 800	24D22	4D10-150
	S1	400 x 800	20D22	2D10-150
Balok	S2	350 x 650	16D19	D10-150
	B1	400 x 800	20D22	2D10-150
	B2	350 x 650	16D19	D10-150
	Pelat	P1	200	D12-150
	P2	130	D12-200	
Shear Wall	lw1	174	2D10-150	2D16-150
	lw2	174	2D10-150	2D13-150

Sumber: Bestek Guest House Exindo 57

**Konfigurasi Dinding Geser**

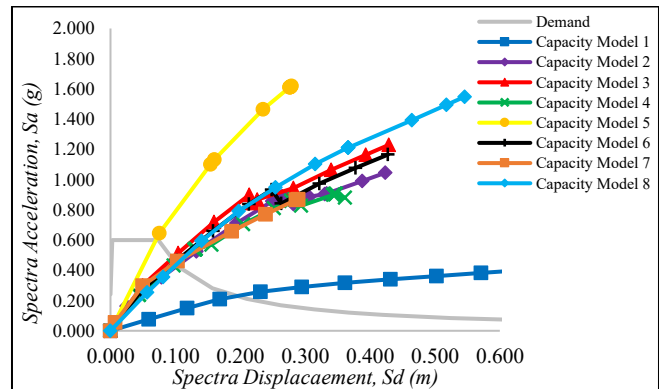
Dalam penelitian ini terdapat 8 model konfigurasi dinding geser sebagai berikut:



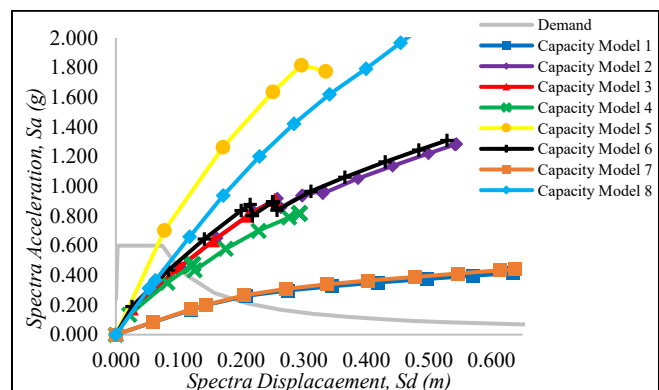
**Gambar 8.** Model Konfigurasi Dinding Geser  
Sumber: Pribadi

**Analisis Pushover**

Parameter redaman (*Damping Parameter*) yang dipakai dalam penelitian ini untuk meredam gempa respons spektra (*demand*) terhadap struktur diasumsikan sebesar 5% (*natural damping*). Adapun hasil analisis pushover sebagai berikut:



**Gambar 9.** Kurva Pushover 8 Model Arah X (ATC-40)  
Sumber: Pribadi



**Gambar 10.** Kurva Pushover 8 Model Arah X (ATC-40)  
Sumber: Pribadi

Dari kurva diatas dapat disimpulkan bahwa spektral kapasitas (*Capacity*) keseluruhan model telah bersinggungan dengan spektral permintaan (*Demand*) dan membentuk titik performa, sehingga hasil analisis pushover dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Level Kinerja

Analisis pushover menghasilkan keluaran berupa kurva kapasitas *V vs displacement* dan *shear* pada titik performa yang nantinya akan digunakan untuk menentukan level kinerja berdasarkan target perpindahan (*drift*) pada tabel C1-3 FEMA 356. Adapun rangkuman hasil level kinerja 8 model sebagai berikut:

**Tabel 3.** Rangkuman Hasil Level Kinerja 8 Model

Konfigurasi	Arah	Level Kinerja	Konfigurasi	Arah	Level Kinerja
Model 1	x	IO	Model 5	x	IO
	y	IO		y	IO
Model 2	x	LS	Model 6	x	IO
	y	LS		y	IO
Model 3	x	IO	Model 7	x	IO
	y	LS		y	LS
Model 4	x	IO	Model 8	x	IO
	y	LS		y	IO

Sumber: Pribadi

#### Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) didapat dengan mengalikan volume (*quantity*) tiap pekerjaan dengan rekapitulasi analisa harga satuan pekerjaan struktur. Adapun tabel rangkuman rencana anggaran biaya 8 model sebagai berikut:

**Tabel 4.** Tabel Rangkuman RAB Struktur 8 model

No	Konfigurasi	Harga (Rp)
I	Model 1	Rp 33.728.883.820
II	Model 2	Rp 35.238.903.465
III	Model 3,4,5,6 dan 7	Rp 35.406.954.665
IV	Model 8	Rp 37.719.236.370

Sumber: Pribadi

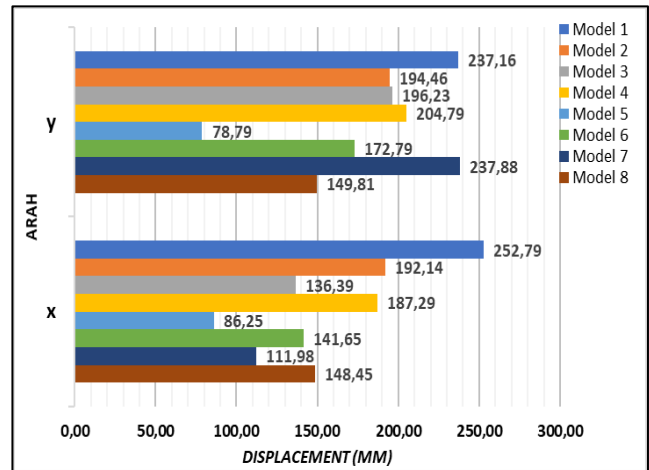
**Tabel 5.** Perbandingan RAB Struktur 8 Model

Perbandingan	Presentase
Model 1 dengan Model 2	4,29%
Model 1 dengan Model 3,4,5,6 dan 7	4,74%
Model 1 dengan Model 8	10,58%
Model 2 dengan Model 3,4,5,6 dan 7	0,47%
Model 2 dengan Model 8	6,58%
Model 3,4,5,6 dan 7 dengan Model 8	6,13%

Sumber: Pribadi

#### Model Efektif Segi Kekuatan Struktur

Nilai *displacement* pada titik performa dirangkum kedalam grafik dan dibandingkan untuk mencari model yang efektif dari segi kekuatan struktur. Adapun grafik *displacement* 8 konfigurasi model struktur sebagai berikut:



**Gambar 11.** Perbandingan *Displacement* 8 Model

Sumber: Pribadi

Dari grafik diatas dapat disimpulkan nilai *displacement* terkecil terdapat pada model 5. Jadi model 5 merupakan model konfigurasi efektif dari segi kekuatan struktur.

#### Model Efektif Segi Biaya Struktur

Dari tabel 5 dapat disimpulkan nilai rencana anggaran biaya terkecil terdapat pada model 1. Jadi model 1 merupakan model konfigurasi efektif dari segi biaya struktur.

#### Model yang Paling Efektif

Untuk mempertimbangkan model manakah yang paling efektif, perlu mempertimbangkan dari segi biaya perawatan dan biaya perbaikan bila terjadi kerusakan. Model 5 merupakan model yang efektif dari segi kekuatan struktur sehingga bila terjadi gempa, kerusakan sangat minim dan hal ini meminimalisir penambahan biaya untuk perbaikan pada kerusakan tersebut. Perbandingan biaya antara model 1 dengan model 5 sebesar 4,74%, meskipun dari segi biaya sedikit lebih mahal tapi kinerja struktur yang didapat lebih baik daripada model 1. Dapat disimpulkan model 5 merupakan model yang paling efektif dari segi kekuatan struktur dan biaya struktur.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas 8 model struktur (model 1 tanpa *shear wall* dan model 2,3,4,5,6,7,8 dengan *shear wall*) dari segi kekuatan struktur serta dari segi biaya dapat disimpulkan bahwa:

1. Model 5 merupakan yang paling efektif dari segi kekuatan. Hal ini didasarkan dari hasil analisis pushover yang menunjukkan level kinerja masuk dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*). Jadi walau terkena gempa Nganjuk, kerusakan minim terjadi dan kondisi bangunan sama seperti sebelum terjadi gempa. Jika dibandingkan dengan model lain, nilai *displacement* model 5 memiliki nilai terkecil sebesar 86,25 mm arah x dan 78,79 mm arah

- y. Dapat disimpulkan bahwa model 5 termasuk yang paling efektif dari segi kekuatan struktur.
2. Model 1 merupakan yang paling efektif dari segi biaya struktur. Hal ini didasarkan dari hasil Rencana Anggaran Biaya struktur yang diperhitungkan sebesar Rp. 33.728.883.820, 00. Hasil tersebut merupakan nilai terkecil dari keseluruhan model. Tapi untuk menentukan apakah model tersebut efektif dari segi biaya, perlu juga memperhatikan segi biaya perawatan dan perbaikan struktur bila terjadi kerusakan akibat gempa. Jika dibandingkan dengan model 5 yang memiliki biaya sebesar Rp. 35.406.954.665,00 dan memiliki selisih presentase sebesar 4,74% dengan model 1, maka model 5 dapat juga dikategorikan model yang paling efektif dari segi biaya. Hal ini dikarenakan model 5 yang memiliki tingkat kerusakan sangat minim terjadi daripada model 1. Sehingga model 5 dapat meminimalisir biaya akibat perbaikan karena kerusakan akibat gempa diwaktu mendatang. Dan juga pemilik bangunan hanya perlu mengeluarkan biaya untuk perawat struktur. Dapat disimpulkan bahwa model 5 juga termasuk dalam model yang paling efektif dari segi biaya struktur.
  3. Model 5 merupakan model konfigurasi *shear wall* yang paling efektif dari segi kekuatan struktur dan biaya struktur. Kesimpulan harus ditulis berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan temuan yang telah ditulis pada sebelumnya dan sesuai dengan tujuan penelitian, ditulis singkat dan jelas dengan urutan sesuai dengan tujuan penelitian.

- [9] K. Lovaraju, "EFFECTIVE LOCATION OF SHEAR WALL ON PERFORMANCE OF BUILDING FRAME SUBJECTED TO LATERAL LOAD," GITAM UNIVERSITY, 2013.
- [10] I. C. Council, *2015 ICC Performance Code® for Buildings and Facilities*. International Code Council, INC., 2014.
- [11] *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*, 2000.
- [12] B. PU. (2018, 20 Juli 2022). *Rencana Anggaran Biaya (RAB) - bpsdm*. Available: [https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/12/2613b\\_0\\_BAHAN\\_PELATIHAN\\_MENYUSUN\\_RAB\\_KENDARI.pdf](https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/12/2613b_0_BAHAN_PELATIHAN_MENYUSUN_RAB_KENDARI.pdf)

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Günel and H. Ilgin, *Tall buildings: structural systems and aerodynamic form*. Routledge, 2014.
- [2] S. G. Hutahaean and A. Aswandy, "Kajian Pemakaian *Shear Wall* dan Bracing pada Gedung Bertingkat," vol. 2, no. 4, p. 100, 2016.
- [3] P. S. I. S. Indonesia. (2021). *Efektivitas vs Efisiensi, Manakah yang Lebih Penting?* Available: <https://sisi.id/stories/life-at-sisi/efektivitas-vs-efisiensi-manakah-yang-lebih-penting/>
- [4] J. I. Kadir, Muhammad, S. Tadjono, and H. Indarto, "Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Centre II Universitas Diponegoro," vol. 6, no. 1, pp. 428-437, 2017.
- [5] U. Obinna. (2020, 8 Mei 2022). *Design of Shear Walls*. Available: <https://structville.com/2020/11/design-of-shear-walls.html>
- [6] S. K. Duggal, *Earthquake resistant design of structures*. Oxford university press New Delhi, 2007.
- [7] R. Hakim, M. Alama, S. J. A. J. f. S. Ashour, and Engineering, "Seismic assessment of RC building according to ATC 40, FEMA 356 and FEMA 440," vol. 39, no. 11, pp. 7691-7699, 2014.
- [8] C. Comartin, R. Niewiarowski, and C. Rojahn, "ATC-40 Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings," vol. 1, 1996.