

ANALISA LINEAR BANGUNAN GEDUNG TERHADAP BEBAN ANGIN DENGAN PENGAKU OUTRIGGER

Fadli Kurnia¹, Resti Nur Arini¹, Dwi Ariyani¹

¹ Program Studi Teknik Sipl, Fakultas Teknik, Universitas Universitas Pancasila
Jalan Srengseng sawah-Jagakarsa
Email: fadli.kurnia@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Pada bangunan tingkat tinggi sangat rentan sekali terhadap beban angin. Biasanya bangunan yang sudah mencapai ketinggian tertentu perlu dilakukan pemasangan pengaku sebagai panahan beban lateral agar menjadi sistem pengaku yang lebih efektif dan efisien. Gaya lateral yang setiap hari terjadi dan selalu menghantam sisi-sisi bangunan gedung adalah angin, karena semakin tinggi bangunan akan menjadi penghalang pergerakan angin sehingga akan menimbulkan deformasi untuk bangunan secara horizontal maupun vertikal. Pada penelitian ini pengaku yang dipilih adalah bangunan yang menggunakan outrigger karena sistem *outrigger* merupakan sistem struktur penahan beban horizontal. Penelitian ini akan dimodelkan 5 bangunan dengan lokasi pemasangan *outrigger* yang berbeda dan akan dimodelkan menggunakan SAP 2000 dalam bentuk 2D dengan jumlah lantai adalah 70 dan penggunaan outrigger dapat mereduksi deformasi sebesar 4%. Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan bahwa deformasi yang paling kecil terletak pada 1/2 tinggi bangunan. sehingga penggunaan outrigger pada posisi pemasangan tersebut lebih efektif dibandingkan pada posisi pemasangan di lokasi lain.

Kata Kunci: Deformasi, Sistem *Outrigger*, Beban angin

ABSTRACT

High-rise buildings are very vulnerable to wind loads. Usually, a building that has reached a certain height needs to be installed as a lateral load archery so that it becomes a more effective and efficient stiffening system. The lateral force that occurs every day and always hits the sides of the building is the wind because the higher the building will be a barrier to the movement of the wind so that it will cause deformation for the building horizontally and vertically. In this study, the pangaku chosen is a building that uses an outrigger because the outrigger system is a horizontal load-bearing structural system. This research will model 5 buildings with different outrigger installation locations and will be modeled using SAP 2000 in 2D with 70 floors. From the modeling results that have been done, the smallest deformation is located at 1/2 the height of the building and use of outrigger can reduce deformation by 4%. so that the use of the outrigger in the installation position is more effective than in the installation position at other locations.

Keywords: Deformation, *Outrigger System*, Wind Load

1. PENDAHULUAN

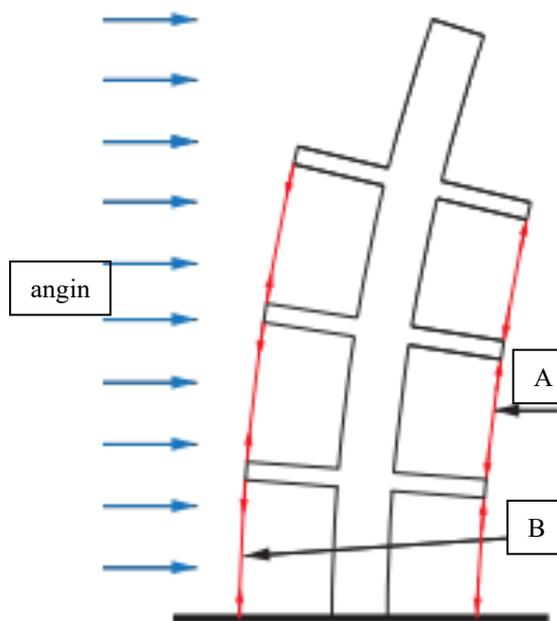
Pada bangunan tingkat tinggi sangat rentan sekali terhadap beban angin. Karena untuk merencanakan sebuah bangunan bukan hanya beban gempa saja yang perlu diperhatikan, melainkan beban angin sebagai gaya lateral terjadi, jika bangunan semakin tinggi maka gaya angin akan semakin besar untuk beban yang akan diterima oleh bangunan [1]. Biasanya bangunan yang sudah mencapai ketinggian tertentu perlu dilakukan pemasangan pengaku sebagai panahan beban lateral, maka perlu sistem pengaku yang lebih efektif dan efisien. Dalam bangunan yang sangat tinggi akan menimbulkan deformasi yang cukup besar akibat gaya lateral yang terjadi karena deformasi lateral bangunan harus dibatasi, agar penggunaan sebuah

bangunan menjadi nyaman untuk penggunanya [2]. Gaya lateral yang setiap hari terjadi dan selalu menghantam sisi -sisi bangunan gedung adalah angin, karena semakin tinggi bangunan akan menjadi penghalang pergerakan angin sehingga akan menimbulkan deformasi untuk bangunan secara horizontal maupun vertical [3]. untuk mengurangi deformasi berlebih akibat beban angin dilakukan pemasangan pengaku, pemilihan pengaku untuk setiap bangunan gedung berbeda-beda tergantung tinggi lantainya.

Pada penelitian ini pengaku yang dipilih adalah bangunan yang menggunakan *outrigger*. Pemasangan *outrigger* bisa dilakukan mulai dari pemasangan pada lantai 50 ke atas [4]. Penggunaan *outrigger* bisa mengurangi deformasi berlebih akibat beban angin. Sistem *outrigger* merupakan sistem

struktur penahan beban horizontal dimana pada sistem tersebut menggunakan *beltruss* sebagai pengikat untuk seluruh kolom eksternal dan dihubungkan oleh sebuah rangka ke inti pusat struktur agar kolom eksterior dapat menahan rotasi yang terjadi. Secara fungsional dalam penggunaan sebuah gedung sangat efisien karena masih terdapat bagian ruang bebas [5].

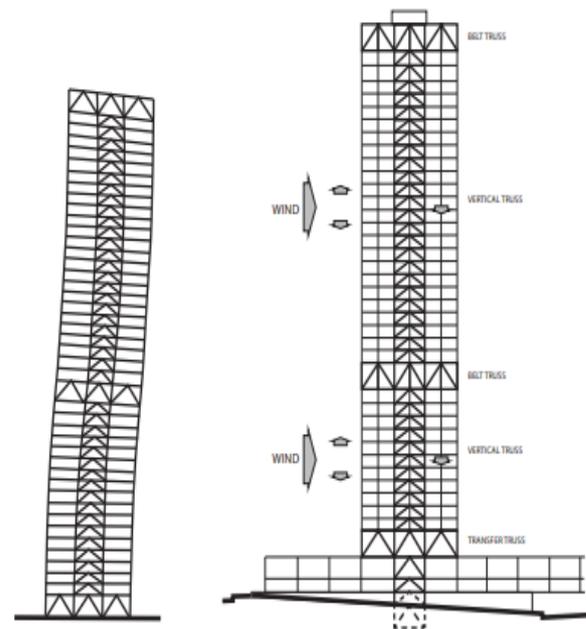
Untuk mengimbangi adanya gaya yang bekerja yang mempengaruhi ketinggian lantai dari penggunaan bangunan maka pengaku kerap digunakan. Selain itu torsi pada bangunan tinggi sangat perlu diperhatikan karena gerakan yang berputar memiliki potensi yang paling sering dirasakan oleh penghuni gedung, sehingga untuk bangunan tinggi kontrol torsi menjadi sangat penting[6]. Untuk penggunaan sebuah Gedung yang memiliki ketinggian lebih dari 50 lantai, penggunaan *outrigger* dapat meningkatkan kekakuan dan dapat mengurangi momen balik dan momen yang akan ditransfer ke kolom terluar akan tereduksi [5]. Pada pemasangan *outrigger* yang paling efektif terletak pada setengah tinggi bangunan dan pemasangan *outrigger* pada sebuah bangunan juga sangat berpengaruh, terhadap kinerja dan efektivitas bangunan [7][8]



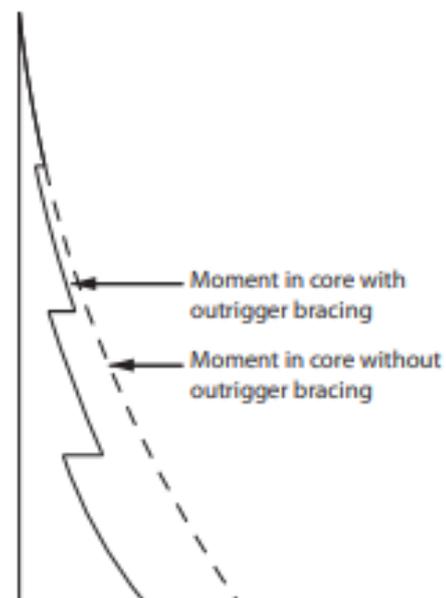
Gambar 1 interaksi outrigger ketika menerima beban angin[6]

Pada gambar 1 merupakan ilustrasi sisi bangunan yang terkena beban angin dimana pada A merupakan bagian sisi dalam kolom yang akan mengalami tekan akibat angin sedangkan yang B merupakan sisi luar kolom yang mengalami tarik akibat angin, sehingga ketika gaya tersebut bekerja maka akan

menimbulkan deformasi pada bangunan. Sehingga pemasangan sistem outrigger diharapkan mampu menahan dan mereduksi beban angin yang terjadi[6].

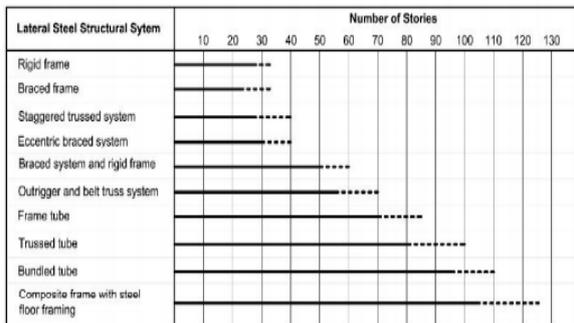


Gambar 2. Penggunaan outrigger pada bangunan[6]

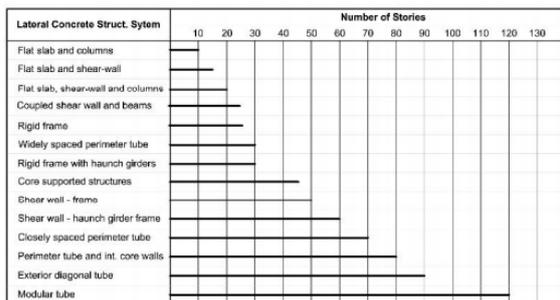


Gambar 3. Perbedaan momen yang terjadi[6]

Dari sistem penggunaan outrigger akan mengalami perbedaan khususnya dibagian inti bangunan, bangunan yang menggunakan sistem outrigger akan menghasilkan momen yang lebih kecil jika dibandingkan bangunan yang tidak menggunakan outrigger[6].



Gambar 4. Hubungan sistem penahan lateral dan jumlah lantai [4]



Gambar 5. Hubungan sistem penahan lateral dan jumlah lantai [4]

Pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa pemilihan pengaku berdasarkan tinggi lantai, sehingga dapat mengurangi deformasi berlebih akibat beban bekerja khususnya beban gempa dan angin. Sehingga untuk bangunan yang semakin tinggi perlu diberikan pengekang untuk mengurangi simpangan berlebih dan simpangan dapat terkontrol [9].

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini diasumsikan bangunan terletak di daerah Jakarta. Untuk analisa yang akan dilakukan merupakan analisa linear dan membahas tentang deformasi bangunan tinggi akibat beban angin dengan menggunakan program bantu SAP 2000, kemudian bangunan tersebut hanya diberikan beban lateral berupa beban angin. Bangunan yang akan digunakan sebanyak 71 lantai, tinggi antar lantai 4,74 m dan lebar bentang 51 m dengan 5 model gedung pemasangan *outrigger* yang berbeda-beda. Model pemasangan *outrigger* mengikuti penelitian arini dkk, (2020) yaitu dengan memodelkan bangunan 2D dimana posisi *outrigger* yang akan ditinjau terletak pada posisi paling atas (model 2), posisi ¼ dari atas bangunan (model 3), ½ tinggi bangunan (model 4), ¼ dari bawah bangunan (model 5), dan tanpa menggunakan *outrigger* (model 1). Masing-masing bangunan tersebut akan dibandingkan deformasi yang akan terjadi ketika menerima beban lateral berupa angin. Berikut

diagram alir yang akan dilakukan untuk menganalisa:



Gambar 6. Diagram alir

Perhitungan pembebanan dapat dilakukan untuk memprediksi gaya akibat beban angin yang bekerja pada bangunan, dimana bangunan yang digunakan hanya berupa pendekatan statis yang bersifat dinamis dari karakteristik beban angin. Sehingga nilai dari tekanan angin merupakan fungsi persamaan dari kecepatan tahunan dalam satuan mph (mile per hour), 30 kaki (ft) diatas permukaan tanah dengan masa waktu selama 50 tahun. Dengan menggunakan rumus pendekatan untuk tekanan angin yang dihasilkan oleh angin pada bangunan tinggi maka dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 1[9].

$$p = 0.002558 C_D V^2 \tag{1}$$

dimana:

- p = tekanan pada muka bangunan (psf)
- C_D = koefisien bentuk
- V = kecepatan maksimum (mph)

Dalam perhitungan nilai koefisien C_d bergantung terhadap bentuk bangunan, sedangkan untuk bangunan yang berbentuk segiempat maka

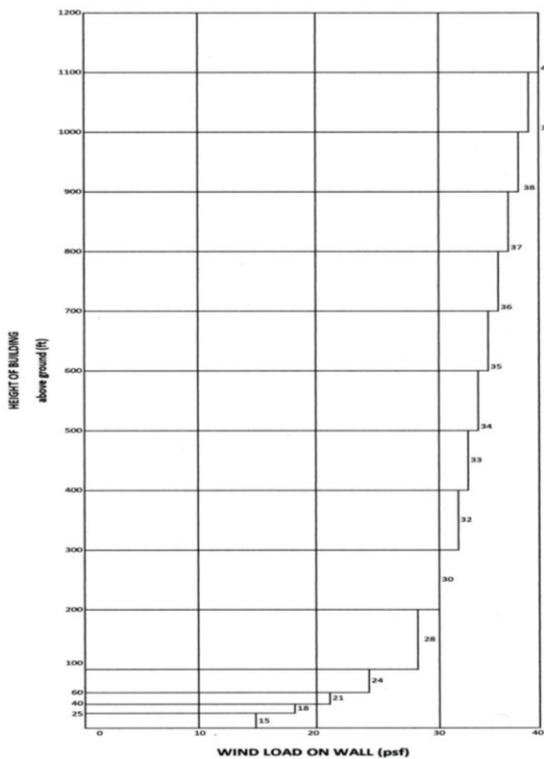
nilai Cd yang digunakan adalah 1,3 dimana merupakan penjumlahan dari efek tekan angin 0,8 dan efek hisapan dari angin 0,5. Dalam hal ini untuk rumus yang akan digunakan pada bangunan yang berada diatas 30ft (9,144m)di atas permukaan tanah dengan kecepatan angin sebesar 75 mph (33,5m/s) akan menghasilkan persamaan 2[10].

$$p = 0.002558 (1,3) (75)^2 \approx 18 \text{ psf} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perhitungan beban angin dengan banyaknya lantai pada sebuah gedung adalah 71 lantai dan tinggi antar lantai adalah 4.74 m, maka akibat pengaruh angin terhadap ketinggian bangunan akan terjadi distribusi beban angin terhadap seluruh muka bangunan.

Pada distribusi beban angin yang akan dilakukan untuk sebuah bangunan menggunakan grafik distribusi beban angin seperti pada gambar 7.



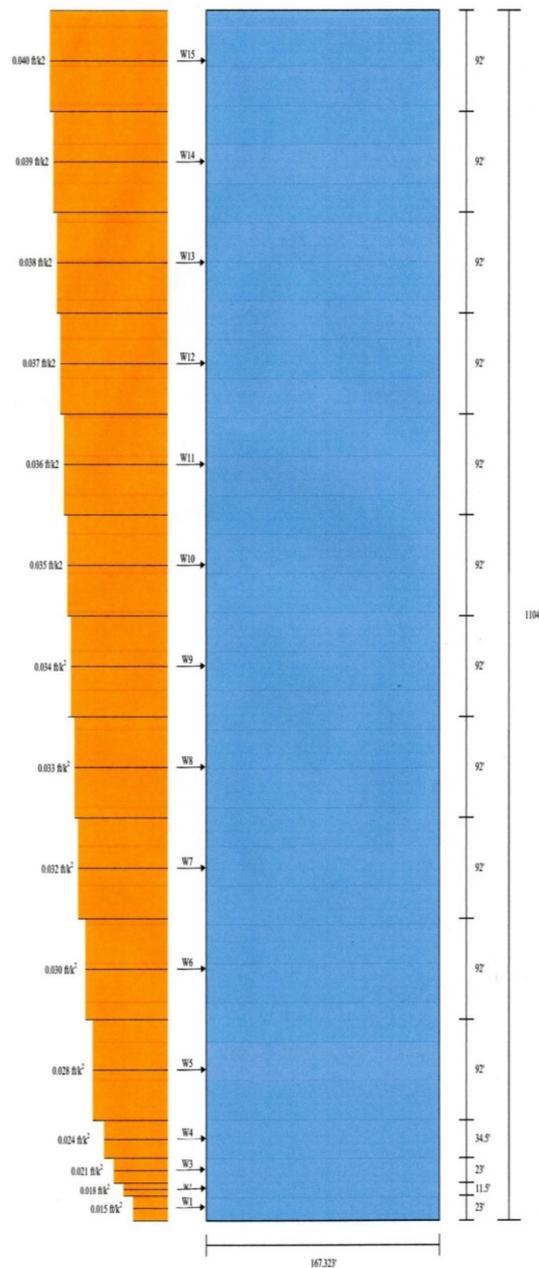
Gambar 7. Grafik Beban Angin Berdasarkan Ketinggian Bangunan[10]

Berdasarkan gambar 7 distribusi beban angin bangunan yang memiliki ketinggian 336,5m (1104ft), maka beban angin yang bekerja pada bangunan adalah:

- 15 psf untuk 0 – 25 ft di atas tanah
- 18 psf untuk 26 – 40 ft di atas tanah
- 21 psf untuk 41 – 60 ft di atas tanah
- 24 psf untuk 61 – 100 ft di atas tanah

- 28 psf untuk 101 – 200 ft di atas tanah
- 30 psf untuk 201 – 300 ft di atas tanah
- 32 psf untuk 301 – 400 ft di atas tanah
- 33 psf untuk 401 – 500 ft di atas tanah
- 34 psf untuk 501 – 600 ft di atas tanah
- 36 psf untuk 601 – 700 ft di atas tanah
- 37 psf untuk 701 – 800 ft di atas tanah
- 38 psf untuk 801 – 900 ft di atas tanah
- 39 psf untuk 901 – 1.000 ft di atas tanah
- 40 psf untuk 1000 – 1100 ft di atas tanah

Sehingga akibat pengaruh angin terhadap ketinggian bangunan akan memberikan distribusi beban angin yang ditunjukkan pada gambar 8



Gambar 8. Distribusi beban angin
Maka perhitungan beban angin yang terdistribusi pada tiap lantai setinggi 336,5m (1104

ft) dengan bentang lebar sepanjang 51m (167.323ft) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Distribusi beban angin sesuai ketinggian

	Besaran Beban (psf)	Tinggi (ft)	Lebar Bangunan (ft)	Beban Angin (k)
<i>W1</i>	0.015	23	167.323	57.726
<i>W2</i>	0.018	11.5	167.323	34.636
<i>W3</i>	0.021	23	167.323	80.817
<i>W4</i>	0.024	34.5	167.323	138.543
<i>W5</i>	0.028	92	167.323	431.024
<i>W6</i>	0.030	92	167.323	461.811
<i>W7</i>	0.032	92	167.323	492.599
<i>W8</i>	0.033	92	167.323	507.993
<i>W9</i>	0.034	92	167.323	523.386
<i>W10</i>	0.035	92	167.323	538.780
<i>W11</i>	0.036	92	167.323	554.174
<i>W12</i>	0.037	92	167.323	569.567
<i>W13</i>	0.038	92	167.323	584.961
<i>W14</i>	0.039	92	167.323	600.355
<i>W15</i>	0.040	92	167.323	615.749
		1104	<i>W_{total}</i>	6192.122

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa besaran angin merupakan beban angin yang akan didistribukan pada sisi muka gedung sebagai beban lateral dimana setiap ketinggian memiliki besaran angin berbeda-beda, maka beban angin yang bekerja pada bangunan *W_{total}* (beban angin keseluruhan yang bekerja) yang telah diperoleh yaitu 6192.122 k dikonversi kembali ke satuan SI yaitu ke satuan kN, dimana 1 kips = 4.448 kN. Jadi, beban angin *W_{total}* akan menjadi :

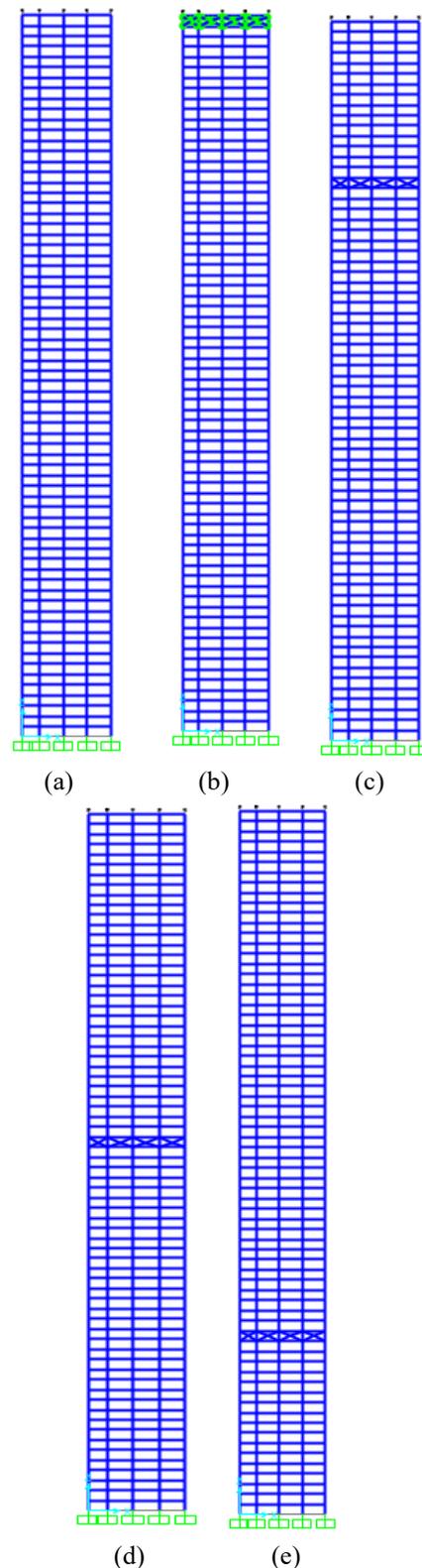
$$W_{total} = (6192.122) (4.448) \text{ kN}$$

$$W_{total} = 27542.558 \text{ kN}$$

$$W_{total} = 27.543 \times 10^6 \text{ N}$$

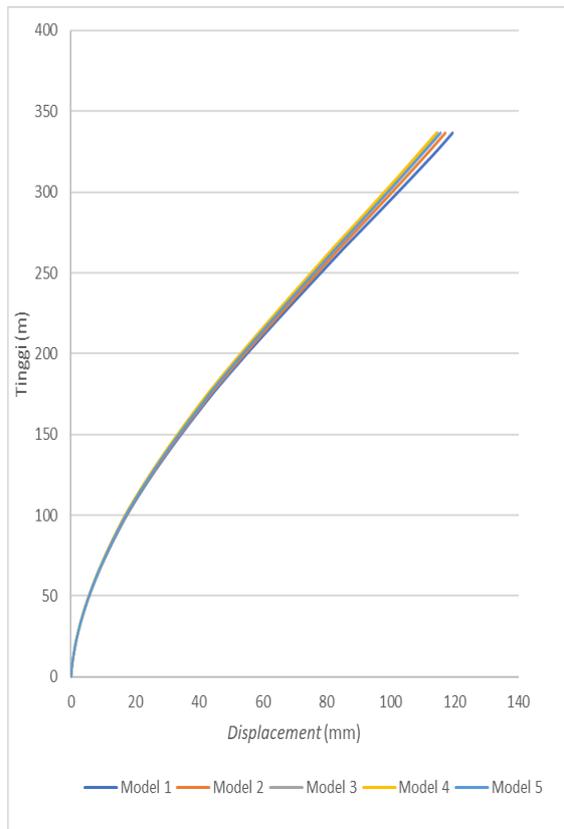
Untuk tinggi bangunan yang akan ditinjau adalah 71 lantai total distribusi beban angin yang akan diterima sebagai gaya lateral sebesar $27.543 \times 10^6 \text{ N}$.

Dari hasil perhitungan distribusi beban angin, kemudian bangunan akan dimodelkan seperti pada gambar 7, dimana posisi pemasangan outrigger berbeda-beda dan akan dilakukan analisa linear. Pemodelan gedung dengan sistem pengaku outrigger menggunakan SAP 2000.



Gambar 9. Model bangunan menggunakan outrigger (a) model 1, (b) model 2, (c) model 3, (d) model 4 dan (e) model 5.

Dari pemodelan gambar 9 yang telah dilakukan, diperoleh deformasi bangunan secara linear dalam bentuk grafik yang ditampilkan dalam gambar 10:



Gambar 10. Grafik deformasi model bangunan

Hasil analisa pemodelan menunjukkan masing-masing nilai deformasi yang disajikan pada tabel 2:

Tabel 2. Deformasi bangunan pada lantai paling atas

Lantai	x (m)	Δ_1 (mm)	Δ_2 (mm)	Δ_3 (mm)	Δ_4 (mm)	Δ_5 (mm)
70	336,5	119,33	117,19	115,53	114,35	116,52

Dari hasil tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan outrigger pada setengah tinggi bangunan (model 4) lebih efektif dibandingkan penggunaan outrigger ditempat lain. karena dari hasil pemodelan menghasilkan deformasi lebih kecil, yaitu sebesar 114,355 mm. dari hasil simulasi tersebut menunjukkan lokasi yang sama seperti pada penelitian Arini dkk[7] dan Kian dan Siahaan[11] yang menyatakan bahwa penggunaan perletakan outrigger yang paling efektif pada bagian tengah struktur dari tinggi bangunan sehingga pada posisi tersebut dapat mengurangi deformasi yang berlebih.

Kemudian untuk mengetahui pengurangan deformasi akibat pemasangan outrigger maka hasil deformasi dapat dilihat dari pengurangan yang

terjadi pada bangunan yang menggunakan outrigger dan tidak menggunakan outrigger dan dapat disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Persentase pengurangan deformasi

Model	Δ (mm)	Δ max (mm)	%
1	119,3343	119,334336	0%
2	117,1976	119,334336	2%
3	115,53	119,334336	3%
4	114,3554	119,334336	4%
5	116,52	119,334336	2%

Pada tabel 3 merupakan hasil perhitungan persentase deformasi yang terjadi sehingga dari tabel tersebut dapat dilakukan analisa terhadap persentase deformasi maksimum yang terjadi, dimana penggunaan yang akan menjadi patokan terhadap nilai deformasi yang terjadi pada bangunan yang menggunakan outrigger, yaitu pada model 1 tanpa outrigger. Dari hasil persentase pengurangan terkecil ditunjukkan oleh model. Untuk pemodelan yang dilakukan 2D pada bangunan dengan model 4 dimana posisi pemasangan terletak di setengah tinggi bangunan dapat mereduksi deformasi sebesar 4% dibandingkan model 1 tanpa menggunakan outrigger. Hal ini juga dinyatakan seperti penelitian Kian dan Siahaan yang melakukan pemodelan 3D bahwa pemasangan di setengah tinggi bangunan dapat mereduksi simpangan yang cukup besar, sehingga penggunaan outrigger pada setengah tinggi bangunan sebagai sistem pengaku dapat efektif dalam mengurangi reduksi deformasi pada sebuah bangunan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan yang dilakukan maka deformasi terkecil terletak pada penggunaan outrigger di 1/2 tinggi bangunan (model 4) karena menghasilkan hasil yang paling kecil sebesar 114,3554 mm serta mampu mereduksi deformasi sebesar 4%. Maka dalam hal ini penggunaan outrigger bisa lebih efektif jika pemasangan berada di 1/2 tinggi bangunan untuk bangunan yang memiliki lebih dari 50 lantai dan simetris.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soelarso, Baehaki and A. Mursyidan, "ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DI LIMA WILAYAH DI INDONESIA TERHADAP BEBAN GEMPA DAN BEBAN ANGIN BERDASARKAN SNI 1726-2012 DAN

- SNI 1727-2013," *Jurnal Fondasi*, vol. 6, pp. 89-100, 2017.
- [2] W. Dewobroto, *Menyongsong Era Bangunan Tinggi dan Bentang Panjang, Bagian I : Tinggi, Super-tinggi dan Mega-tinggi*, Yogyakarta: Universitas Pelita Harapan, 2012, pp. 1-90.
- [3] sofyana, "PENGARUH KECEPATAN ANGIN DI SEKITAR BANGUNAN TINGGI TERHADAP KECEPATAN ANGIN DAN KENYAMANAN TERMAL DI DALAM RUANG," Vols. *Jurnal Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Unsyiah - Darussalam*.
- [4] B. S. Taranath, *Wind and Earthquake Resistant Buildings Structural Analysis and Design*, New York: CRC Press, 2005.
- [5] S. S. Kogilgeri and B. Shanthapriya, "A STUDY ON BEHAVIOUR OF OUTRIGGER SYSTEM ON HIGH RISE A STUDY ON BEHAVIOUR OF OUTRIGGER SYSTEM ON HIGH RISE," *IJRET*, vol. 4, no. 7, pp. 434-438, 2015.
- [6] H. Choi, L. Joseph and N. Mathias. *OUTRIGGER DESIGN FOR HIGH-RISE BUILDING An output of the TBUH Outrigger Working Group*, Chicago: Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Illinois Institute of Technology, 2012.
- [7] R. N. Arini, F. Kurnia and D. Ariyani, "ANALYSIS OF MAXIMUM DEFORMATION OF HIGH RISE BUILDINGS WITH OUTRIGGER SYSTEM AGAINST WIND LOAD," *Jurnal infrastruktur*, vol. 6, pp. 141-149, 2020.
- [8] E. S. Hardiman, Mukahar and A. S. Budi, "KINERJA SISTEM STRUKTUR OUTRIGGER DAN BELT WALL PADA GEDUNG TINGGI AKIBAT PEMBEBANAN GEMPA," *e-jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, pp. 823-830, 2017.
- [9] I. Indra Lesmana and A. Asrofi, *EFEK PENGGUNAAN OUTRIGGER DAN BELT TRUSS PADA RESPON STRUKTUR BAJA BERTINGKAT BANYAK*, Jogjakarta: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, 2006.
- [10] W. Schueller, *High-Rise Building Structures*, Canada: John Wiley and Sons, Inc, 2001.
- [11] P.S Kian and F.T Siahaan. *The Use Outrigger and Belt Truss System for Highrise Concrete Building Surabaya*, Universitas Petra, 2001.